Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant

Chez le même éditeur

Dyspraxie et troubles non verbaux. Faire avec la complexité : études de cas, par Gaie B, Le Lostec C, Mazeau M, Pouhet A, Toninato AM. 2014, 232 pages.

Neuropsychologie corporelle, visuelle et gestuelle. Du trouble à la rééducation, par Sève-Ferrieu N. 2014, 4e édition, 320 pages.

Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant, par Casalis S, Leloup G, Bois Parriaud F. 2013, 192 pages.

L'enfant dyspraxique et les apprentissages, par Mazeau M, Le Lostec C. 2013, 216 pages.

Le syndrome dys-exécutif chez l'enfant et l'adolescent, par Mazeau M, Moret A. 2013, 264 pages.

Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant, par Mazeau M. 2011, 2e édition, 304 pages.

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant

Du développement typique aux dys-

Michèle Mazeau
Médecin de rééducation (médecine physique et réadaptation), spécialiste en neuropsychologie infantile (dys- et troubles spécifiques des apprentissages)

Alain Pouhet
Médecin de rééducation (médecine physique et réadaptation), spécialiste en neuropsychologie infantile (dys-et troubles spécifiques des apprentissages)

2e édition

ELSEVIER
MASSON



Ce logo a pour objet d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, tout particulièrement dans le domaine universitaire, le développement massif du « photocopillage ». Cette pratique qui s'est généralisée, notamment dans les établissements d'enseignement, provoque une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.
Nous rappelons donc que la reproduction et la vente sans autorisation, ainsi que le recel, sont passibles de poursuites. Les demandes d'autorisation de photocopier doivent être adressées à l'éditeur ou au Centre français d'exploitation du droit de copie : 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris. Tél. 01 44 07 47 70.

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (art. L. 122-4, L. 122-5 et L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle).

© 2005, 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés
ISBN : 978-2-294-73407-6
e-book ISBN : 978-2-294-73472-4

Elsevier Masson SAS, 62, rue Camille-Desmoulins, 92442 Issy-les-Moulineaux cedex
www.elsevier-masson.fr

Table des compléments en ligne

Des vidéos sont associées à cet ouvrage. Elles sont indiquées dans le texte par le picto .

Pour voir ces vidéos, connectez-vous sur http://www.em-consulte/e-complement/473407 et suivez les instructions.

	Vidéo 01. Approche neuropsychologique des dys- partie 1 (p. 8)
	Vidéo 02. Approche neuropsychologique des dys- partie 2 (p. 8)
	Vidéo 03. Approche neuropsychologique des dys- partie 3 (p. 8)
	Vidéo 04. Approche neuropsychologique des dys- partie 4 (p. 8)
	Vidéo 05. Remise en cause de la notion de multidys- (p. 44)
	Vidéo 06. Dysphasie : éliminer la déficience intellectuelle (p. 75)
	Vidéo 07. Dysphasie : cas cliniques (p. 84)

	Vidéo 08. Dyspraxie aspects constructifs (p. 141)
	Vidéo 09. Dysgraphie dyspraxiques (p. 150)
	Vidéo 10. Dyspraxie et nombres (p. 151)
	Vidéo 11. Dyspraxie et langage écrit (p. 153)
	Vidéo 12. Systèmes mnésiques et apprentissages (p. 186)
	Vidéo 13. Mémoire de travail (p. 190)
	Vidéo 14. Fonctions exécutives : cas cliniques (p. 249)
	Vidéo 15. Dyslexie dysorthographie phonologique : un cas clinique (p. 317)
	Vidéo 16. Dyslexie dysorthographie : témoignage d'une jeune adulte (p. 339)
	Vidéo 17. Interprétation des progrès des enfants dys- (p. 406)

Abréviations

ADHD	*attention-deficit hyperactiviy disorder*
AMS	aire motrice supplémentaire
AVS	auxiliaire de vie scolaire
BALE	bilan analytique du langage écrit
BELEC	batterie d'évaluation du langage écrit
BEM	batterie d'efficience mnésique
BREV	batterie rapide d'évaluation des fonctions cognitives
BRIEF	*Behavior Rating Inventory Executive Functionning*
BVRT	*Benton Visual Retention Test*
CAMSP	centre d'action médicosociale précoce
CATA	*Continuous Auditory Test of Attention*
CCS	complexité du calcul syntaxique
CDAPH	Commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées
CE	cours élémentaire
CFG	certificat de fin d'études générales
CHEXI	*CHildhood EXecutive Function Inventory*
CMP	centre médicopsychologique
CMPP	centre médico-psycho-pédagogique
CMS	*Children Memory Scale*
CO-OP	*Cognitive Orientation to daily Occupational Performance*
CP	cours préparatoire
CPT	*Continuous Perfomance Test*
CRTL	centre de référence pour les troubles du langage et des apprentissages
DAMP	*Deficits in Attention, Motor control and Perception*
DCD	*developmental coordination disorder*
DELTA	dispositif d'expertise et de liaison pour les troubles des apprentissages
DEPP	direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance
DN	*défault network*
DRA	dénomination rapide alternée
DS	déviation standard
DTVP	*Developmental Test of Visual Perception*
EDEI-R	échelles différentielles d'efficience intellectuelle-révisée
ELFE	évaluation de la lecture en fluence
ERG	électrorétinogramme
ESAT	établissement ou service d'aide par le travail
ET	écart type
EVA	empan visuo-attentionnel
FEF	*frontal eye field* ou champ oculaire frontal
FO	fond d'œil
GSM	grande section maternelle
HPI	haut potentiel intellectuel
ICV	indice de compréhension verbale
IME	institut médico-éducatif
IMP	institut médico-pédagogique
IMPro	institut médico-professionnel
IMT	indice de mémoire de travail
INED	Institut national d'études démographiques
IRM-f	imagerie par résonance magnétique fonctionnelle
IRP	indice de raisonnement perceptif
IS	intégration sensorielle
IVT	indice de vitesse de traitement
K-ABC	*Kaufman Assessment Battery for Children*
LME	longueur moyenne des énoncés
LPC	langage parlé complété
LSF	langue des signes française
LTP	*long term potentialisation*
M-ABC	*Movement Assesment Battery for Children*
MCH	mémoire des chiffres
MCT	mémoire à court terme
MDPH	maison départementale des personnes handicapées
MEG	magnétoencéphalographie
MLT	mémoire à long terme
MT	mémoire de travail
NEMI	nouvelle échelle métrique de l'intelligence
ODEDYS	outil de dépistage de la dyslexie
OVP	*optimal viewing position*
PACT	*Perception for Action Control Theory* ou théorie de la perception pour le contrôle de l'action
PAI	projet d'accueil individualisé
PAP	projet d'accueil personnalisé
PAP	projet d'accompagnement personnalisé
PEA	potentiels évoqués auditifs
PEC	prise en charge
PEHP	programme d'entraînement aux habiletés parentales
PLT	potentialisation à long terme
PPRE	programme personnalisé de réussite éducative

PPS	projet personnalisé de scolarisation
QI	quotient intellectuel
Rased	réseau d'aides spécialisées aux élèves en difficulté
RBMT-E	*Rivermead Behavioural Memory Test - Extended Version*
REP	réseau d'éducation prioritaire
SA	semaines d'aménorrhée
SAS	système attentionnel superviseur
SEGPA	section d'enseignement général et professionnel adapté
SESSAD ou SESSD	service d'éducation spéciale et de soins à domicile
SLI	*Specific Language Impairment*
SNARC	*Spatial Numerical Association of Response Codes*
STR	*serial reaction time* ou temps de réaction sériel
TAC	trouble d'acquisition de la coordination
TC	trouble des conduites
TDA	trouble déficitaire de l'attention
TDA/H	trouble déficitaire de l'attention, avec ou sans hyperactivité
TEA-Ch	test d'évaluation de l'attention chez l'enfant
TED	trouble envahissant du développement
TMP	théorie motrice de la parole
TMPP	théorie motrice de la perception de la parole
TMS	*transcranial magnetic stimulation*
TMT	*Trail Making Test*
ToM	*theory of mind* (théorie de l'esprit)
TOP	trouble oppositionnel avec provocation
TR	temps de réaction
TSA	trouble du spectre de l'autisme
TSL	trouble spécifique du langage
TSDL	trouble spécifique du développement du langage
TSLO	trouble spécifique du langage oral
TVPS-R	*Test of Visual-Perceptual Skills-Revised*
ULIS	unité d'intégration scolaire au collège
WCST	*Wisconsin Sort Card Test*
WISC	*Wechsler Intelligence Scale for Children*
WPPSI	*Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence*
ZEP	zone d'éducation prioritaire
ZPD	zone proximale de développement

Remerciements

À tous les enfants dys- et leurs familles, tout particulièrement celles qui nous ont donné une autorisation d'utilisation d'image ou de sons « pour que ça serve à tous ».

Introduction

« Le bébé n'est pas un adulte en petit, en moins bien, en plus fragile…
Il est à comprendre dans sa spécificité qui se transforme avec le développement.
Notre effort de décentration doit être permanent ;
l'enfance n'est pas un état, mais un processus. »

André Bullinger. *Le développement sensorimoteur de l'enfant et ses avatars*. 2004

Lorsqu'un enfant échoue à l'école, qu'il n'accède pas aux performances attendues en temps voulu, plusieurs attitudes se font jour qui reflètent les croyances, les savoirs ou l'expérience des divers professionnels qu'il aura été amené à rencontrer.

On peut, schématiquement et sans préjuger de la cause, distinguer trois situations qui d'ailleurs ne sont pas obligatoirement exclusives l'une l'autre.

- *La performance de l'enfant, insuffisante, est assimilée à celle d'un plus jeune,* référant alors (au moins implicitement) à la notion d'immaturité, de lenteur d'acquisition, de « retard ». Il est alors logique de proposer :
  - de reprendre les notions visées à un stade plus précoce de la progression, en fonction de ce qui semble accessible, à ce moment-là, à l'enfant ;
  - d'intensifier l'entraînement. On utilise alors, souvent avec de minimes adaptations, les mêmes méthodes qu'habituellement, mais en prolongeant la période d'apprentissage, en multipliant exercices, expérimentations, applications, et/ou on propose un « petit groupe », pour permettre à la fois de mieux s'adapter au rythme de l'enfant et de mieux contrôler les points d'achoppements et progrès.

Ces stratégies « classiques » s'appuient sur l'expérience courante à laquelle sont très attachés les parents (et nombre d'enseignants). Elles ont l'avantage de référer à la norme, de banaliser les difficultés de l'enfant, perçu comme *actuellement* et *momentanément* en difficulté. Avec du temps, des efforts, de la bonne volonté et l'entraînement adéquat, on peut espérer que tout va s'arranger…

- *L'enfant n'est pas « disponible »* pour les apprentissages en raison de problèmes psychoaffectifs et/ou socioculturels, d'un désintérêt, d'une inhibition intellectuelle, d'un « blocage » en lien avec des conflits inconscients non résolus, ou encore de troubles de personnalité. On préconisera alors logiquement un suivi, une aide, un soutien psychologique ou psychothérapeutique, en direction de l'enfant et/ou de l'entourage (mère…).

C'est pourquoi beaucoup d'enfants en difficulté (ou en échec) scolaire sont adressés aux CMPP[1], structures qui, dans leur immense majorité, proposent une prise en charge psychologique sous diverses formes (psychomotricité, psychothérapies, entretiens avec un psychologue ou un pédopsychiatre…). Par ailleurs, par leur nombre et leur proximité, elles sont (à peu près) en mesure de recevoir l'ensemble des enfants signalés par l'école.

- *L'enfant présente une pathologie neurodéveloppementale* qui touche spécifiquement tel ou tel aspect de la cognition, tel ou tel aspect des apprentissages.

[1] Les centres médico-psycho-pédagogiques (CMPP) sont des centres de consultation et de soins ambulatoires, non sectorisés, recevant des enfants et adolescents ainsi que leur famille, sans filtre par un diagnostic préalable. Bien qu'une évolution soit lentement en train de se dessiner dans *certains* CMPP, ces structures sont toujours, dans leur immense majorité, essentiellement d'obédience psychanalytique. Consultations et prises en charge y sont gratuites (prises en charge par la Sécurité sociale).

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

C'est l'objet de ce livre.

Encore faut-il pouvoir *repérer les enfants* qui ressortent de ces diagnostics de « troubles cognitifs spécifiques » ou de « troubles spécifiques des apprentissages »[2].

Les familles savent bien qu'encore aujourd'hui, le diagnostic peut dépendre de la spécialité du (ou des) professionnel(s) consulté(s). Il en sera de même du traitement qui sera proposé, fluctuant en fonction des convictions et de la formation du rééducateur sollicité.

Ainsi, il est fréquent que les parents errent, de spécialiste en spécialiste, achetant livres et méthodes, consultant Internet, glanant ici ou là des avis divergents ou des recommandations aléatoires. Les consultations se succèdent, nombreuses et souvent contradictoires, les familles cherchant sans cesse de nouvelles pistes. Certains parents, ayant expérimenté ces circuits longs, pénibles et incertains qu'ils nomment la « traversée du désert » ou la « galère », s'organisent alors en association (souvent avec l'aide et la participation de professionnels), partagent leurs expériences, cherchant à épargner aux nouveaux arrivants leurs douloureuses errances.

Nous rencontrons beaucoup de ces parents définitivement sceptiques, beaucoup de ces enfants auxquels tout a été successivement proposé, sans logique ni effet, parce qu'aucun diagnostic n'a jamais été posé.

Dans d'autres milieux, les familles ne possèdent pas les clés de cette subtile cartographie souterraine qui mène du pédiatre à la consultation privée d'un « grand professeur », de telle orthophoniste réputée à tel spécialiste reconnu. Les enfants seront alors conduits en consultation très tardivement, après un scénario trop souvent stéréotypé : les difficultés de l'enfant sont interprétées – *a priori* – comme reflétant les particularités socioculturelles de la famille et/ou comme secondaires au bilinguisme mal maîtrisé et mal assumé ; puis, si elles persistent et s'aggravent au fil du temps, on fera appel au CMPP où seront institués rééducation psychomotrice et suivi psychologique.

Les parents participent alors souvent d'une façon décousue à des prises en charge dont ils ne perçoivent ni les motifs, ni les objectifs, mais qui les mettent douloureusement en cause. Après un an ou deux de redoublements, de prise en charge, d'aide individualisée (mais non spécifique), si la situation ne s'améliore pas, l'enfant ne pouvant plus ni redoubler ni passer dans la classe supérieure sera orienté en SEGPA ou un circuit spécialisé plus ou moins bien adapté.

Nous rencontrons beaucoup de ces enfants, dont les difficultés ne sont investiguées qu'en fin de primaire parce qu'ils ne peuvent entrer en 6e et qu'il faut penser à une orientation. En pleine adolescence, installés dans l'échec, se faisant d'eux-mêmes une image d'autant plus négative qu'on « a tout essayé », découragés et sans projet, ils tentent de sauver la face en jouant les caïds de la cour de récréation ou s'enfoncent dans une dépression larvée.

Or, si partout il y a des CMPP, des pédopsychiatres, des CMP, des médecins et des psychologues scolaires (bien qu'en nombre notoirement insuffisant), il y a malheureusement beaucoup moins de professionnels bien au fait de la neuropsychologie infantile.

La création, dans chaque région, de *centres de référence* pour le diagnostic des troubles spécifiques des apprentissages a été une tentative rationnelle de résoudre ce problème lancinant : comment éviter de médicaliser, à tort, tous les enfants dont la scolarité est médiocre (« les cinq derniers de chaque classe » !) sans passer à côté de ceux qui réclament diagnostic précoce et soins adaptés, ceux qui souffrent d'un dys- ?

La réponse est toute entière dans la *démarche neuropsychologique*.

Les centres de référence ne peuvent être un lieu de consultation *de première intention* : surchargés, débordés par un flot de demandes dont ils ne peuvent apprécier ni la validité ni l'urgence, ils constituent désormais de fait un véritable « goulot d'étranglement », générant des délais d'attente de 6–8–10 mois pour une première consultation.

Cette situation est bien sûr inacceptable, aussi bien pour les parents que pour les professionnels : comment penser que ces mois ne soient pas décisifs pour l'évolution d'un jeune enfant de 3 ans qui présente des troubles du langage ou pour un jeune dyslexique qui verra encore s'écouler toute une année scolaire avant que son problème ne commence à être reconnu ?

[2] Tous les exemples cliniques présentés dans cet ouvrage sont extraits de l'expérience personnelle des auteurs. Lorsque, exceptionnellement, ce n'est pas le cas, les sources sont citées. Par ailleurs, tous les prénoms ont été modifiés.

C'est *en amont* que doivent s'organiser les premiers repérages, les premiers dépistages (parents, enseignants, pédiatres, orthophonistes), que doit se poser l'essentiel des diagnostics (psychologues, neuropsychologues, médecins scolaires) et que doivent s'élaborer les prises en charge adaptées (en libéral ou au sein de SESSAD dédiés, en nombre terriblement insuffisant).

Les centres référents retrouveraient ainsi leur véritable vocation : une équipe de spécialistes qui reçoivent, *en seconde intention*, *certains enfants* pour lesquels le diagnostic est mal assuré, complexe, présentant une pathologie plus rare ou qui n'évoluent pas comme prévu, c'est-à-dire des enfants pour lesquels un avis expert est nécessaire.

Cette stratégie, efficace et de bon sens, suppose d'abord que les connaissances concernant ces troubles et leur symptomatologie soient plus largement diffusées, tant auprès des médecins (médecins scolaires, neuropédiatres, médecins de rééducation…) que des psychologues et neuropsychologues, voire des rééducateurs.

Cela permettrait que, sur le terrain, les divers professionnels soient suffisamment formés, qu'ils partagent un corpus commun de connaissances suffisant pour pouvoir échanger et collaborer autour de l'enfant, qu'ils disposent des moyens pour le diagnostic, la prise en charge – dans les cas les plus fréquents et les plus habituels –, le repérage des enfants présentant des troubles rares ou particulièrement complexes qui, eux, seront adressés au centre de référence.

Mettre à la disposition de chacun l'essentiel des savoirs de ce domaine, tels qu'ils sont actuellement disponibles et utilisables, donner quelques pistes aux différents intervenants (soignants, rééducateurs, pédagogues) sur le terrain pour les aider à analyser et comprendre certains des obstacles auxquels sont confrontés les enfants en situation d'apprentissage, c'est l'ambition de ce livre.

Ce livre comporte, comme la première édition, deux parties, très inégales.

En effet, nous n'abordons qu'en toute fin d'ouvrage les *troubles des apprentissages,* soit deux chapitres consacrés au développement gravement entravé chez certains enfants du langage écrit et des habiletés numériques (chapitres 6 et 7), alors que la plus grande partie de l'ouvrage (chapitres 1 à 5) est consacrée aux différentes fonctions cognitives, leur description, leur développement et leurs troubles (*les troubles cognitifs spécifiques* [fig. 1]).

Il s'agit de troubles *neurologiques*, qui pour l'essentiel se dévoilent de façon inattendue au décours du développement de l'enfant (d'où leur

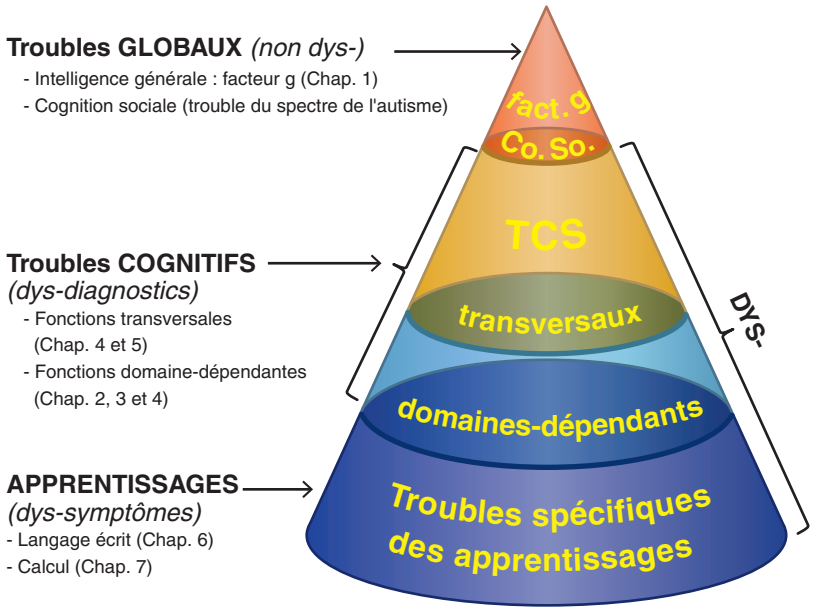


Fig. 1. Les dys- : relations entre troubles cognitifs spécifiques et troubles spécifiques des apprentissages.

Co. So. : cognition sociale; TCS : troubles cognitifs spécifiques.

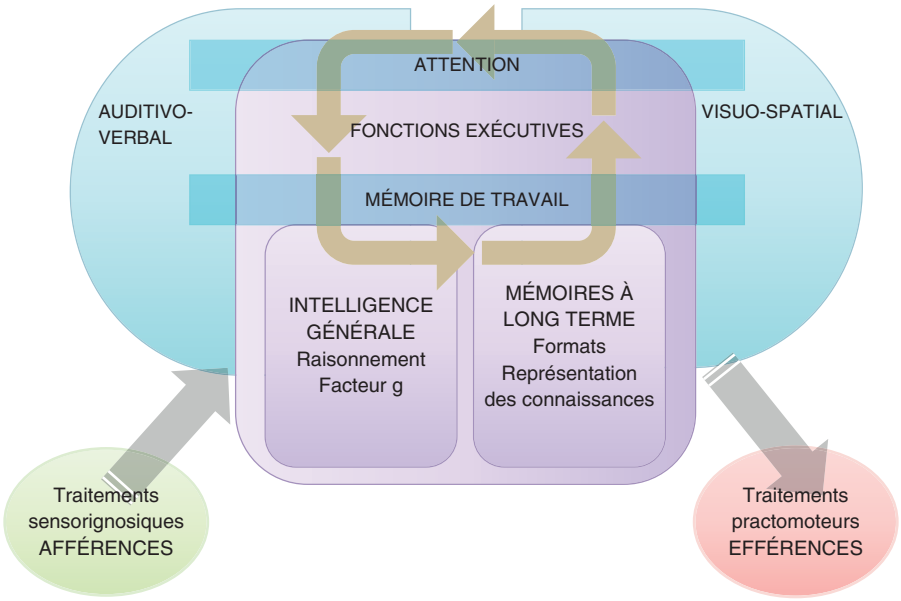


Fig. 2. Modularité et interdépendance.

appellation de dys-développementaux) et, pour certains, font suite à des lésions cérébrales précoces (dys-lésionnels) : la symptomatologie est quasi identique quelle que soit l'origine du trouble (lésionnelle, génétique ou inconnue), avec cependant une intensité fréquemment plus marquée au décours de dys-lésionnels.

Le symptôme initial, la plainte, concerne le plus souvent des troubles scolaires, fréquents, sévères, désormais très médiatisés. Pourquoi donc cette inégale répartition des troubles cognitifs et des troubles des apprentissages dans notre livre ?

Répondre à cette question est l'objet du premier chapitre, qui explicite les liens étroits et obligés unissant « les apprentissages » et « les troubles cognitifs ».

- Pour le professionnel, il est en effet, impossible d'aborder et de comprendre les troubles d'apprentissages sans *auparavant* s'approprier comment l'apprenant typique[3] entre dans les apprentissages, c'est-à-dire comment le développement des différentes fonctions cognitives constitue le *socle* des apprentissages. Faute de quoi « les ratés » ou les pannes de la *fonction d'apprendre* chez l'enfant risquent d'entraîner le praticien dans un labyrinthe inextricable, faute de pouvoir saisir les arcanes du pathologique.
- Pour l'enfant, entrer dans les apprentissages, ne pourra se faire que grâce à un *système*[4] *cognitif* compétent, sous la dépendance *et* de « l'équipement » de l'enfant à la naissance *et* des interactions efficientes qu'il noue en permanence avec son environnement.

C'est donc bien l'*ensemble* des différentes fonctions cognitives, leur « tout cohérent » (mais aussi le développement de chacune d'entre elles *et* la subtilité de leurs interactions) qui doit être connu de tous les professionnels amenés à rencontrer des enfants dys-. La modularité des fonctions cognitives, y compris chez l'enfant, ne doit pas masquer leur extrême interdépendance (fig. 2).

Ainsi, les principales fonctions cognitives (domaine-dépendantes et transversales) responsables de troubles spécifiques des apprentissages sont l'objet des chapitres 2 à 5 (langage oral, gestes et fonctions spatiales, mémoires, fonctions exécutives intégrant l'attention et la mémoire de

[3] Utilisé ici dans une acceptation large, « pris pour exemple » ; typique est préféré au vocable « normal » ou « tout-venant », référant eux à « conforme à la règle ».

[4] *Système* est ici pris dans l'acception de la conjonction d'éléments distincts – ayant chacun leur propre fonctionnement, reposant chacun sur des processus spécifiés –, mais interdépendants.

travail), alors que les troubles spécifiques des apprentissages (dyslexies/dysorthographies et dyscalculies) sont traités aux chapitres 6 et 7.

À la fin de chaque chapitre un *vadémécum* souligne, synthétise et illustre les données les plus fondamentales de chaque domaine. En outre, nous proposons un choix d'ouvrages plus savants, pour ceux qui désirent d'aller plus loin dans la réflexion.

Enfin, tout au long de l'ouvrage, de *courts films* explicitent et enrichissent le propos ou éclairent la sémiologie.

Fonctions cognitives et apprentissages

CHAPITRE 1

PLAN DU CHAPITRE

Neuropsychologie infantile

Neuropsychologie

Dynamique développementale
- Chronologie du développement
- Organisation du développement
- Apprentissages implicites *versus* explicites

Apprentissages académiques

Diagnostic de dys- : critères d'exclusion

Écarter une « difficulté »
- Difficulté et faible talent
- Difficulté et environnement socio-éducatif

Écarter une déficience intellectuelle
- Facteur g
- Épreuves du WISC et leur « saturation » en facteur g
- Facteur g et catégorisation
- Diagnostic de déficience intellectuelle
- Le cas particulier des enfants à « haut potentiel »

Écarter un trouble du spectre de l'autisme
- Troubles du spectre de l'autisme (TSA)
- Des troubles « non envahissants » de la cognition sociale ?

Synthèse

Diagnostic de dys- : critères d'inclusion

Caractère durable du trouble

Caractère intense du trouble

Signes positifs
- À la recherche des dissociations
- Signes caractéristiques

Bilan en vue du diagnostic de dys-

Critères du DSM

Diversité des dys-

Dys-symptômes *versus* dys-diagnostics
- Dys-symptômes
- Dys-diagnostics

Troubles spécifiques *versus* isolés, comorbidités et « multidys- »

Conclusion

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

« Cette nature est bien bizarre, elle commence son ouvrage comme si elle s'était proposé un chef-d'œuvre ; puis crac, par un caprice, un tour d'esprit brusque, elle donne l'entorse à quelque partie. »

Denis Diderot. Lettre à Falconet *in Œuvres complètes de Diderot*. 1875–77

Ce livre est entièrement consacré au développement cognitif typique et pathologique de l'enfant : c'est donc un ouvrage de neuropsychologie infantile, qui cherche à faire les liens entre les connaissances scientifiques concernant le développement cognitif et la clinique développementale (vidéos 01–04).

Comprendre les fonctions cognitives et leurs interactions est central dans l'abord neuropsychologique des troubles spécifiques d'apprentissages : neuropsychologie, cognition et apprentissages sont indissolublement liés, aussi bien dans leur développement typique qu'en pathologie.

- Neuropsychologie : *neuro*, vient du grec *neuron* (nerfs, puis cellules nerveuses : les *neurones*) ; par extension, ce terme renvoie au cerveau en tant qu'organe. Le second élément indique que la psychologie s'intéresse aux rapports entre le comportement humain et le substrat cérébral qui le sous-entend. « La neuropsychologie est la discipline qui traite des fonctions mentales supérieures dans leurs rapports avec les structures cérébrales ». Hecaen et Lantéri-Laura, *Les fonctions du cerveau*.
- Cognition : c'est un mot emprunté au latin *cognitio* qui signifie « *action d'apprendre à connaître, connaissances* ». L'organe de la cognition est le cerveau. L'adjectif cognitif est employé dans une large acception concernant les *processus d'acquisition* de la connaissance.
- Sciences cognitives : issues de la rencontre de domaines variés (psychologie, linguistique, neurologie, informatique, imagerie cérébrale[5], etc.), elles autorisent une approche scientifique (biologique) du fonctionnement cérébral.
- Apprentissage : étymologiquement, le verbe apprendre vient du latin *apprendere* qui signifie « *prendre, saisir* » d'où les sens de « *saisir par l'esprit, acquérir une connaissance* », mais aussi « *apprendre aux autres, enseigner* ». Cet aspect bidirectionnel de la notion d'apprentissage engage deux acteurs et mobilise une double compétence, celle de l'apprenant et celle de l'enseignant.

Les progrès des neurosciences, depuis les années 1980 environ, sont immenses mais la complexité du comportement humain et de son développement chez l'enfant l'est plus encore. La neuropsychologie, partie médicale des neurosciences, en lien avec toutes les sciences de l'Homme, contribue à en éclairer une des facettes : celle qui concerne le développement pathologique, atypique ou déficitaire, de certains enfants dans certains secteurs de la cognition.

Neuropsychologie infantile

Neuropsychologie

Nous marchons, parlons, écrivons, conduisons nos voitures, nous habillons, emmagasinons nos souvenirs, évaluons l'intérêt d'une remise de 10 % sur notre dernier achat, coupons notre viande, traversons la rue ou regardons distraitement la télévision, tout cela sans vraiment y faire attention, sans effort, automatiquement.

Pourtant, il s'agit de tâches complexes, et nous les faisons bien, habilement, efficacement, de manière adaptée et pertinente. Notre cerveau prend tout cela en charge – et bien plus ! –, de manière autonome, sans qu'il y ait nécessité d'un contrôle conscient de chaque étape

[5] L'IRM-f, imagerie fonctionnelle (excellente résolution spatiale des activations observées lors d'une tâche donnée) est souvent complétée par des techniques de type « potentiels évoqués », qui eux, permettent une excellente résolution temporelle au décours de la tâche. De nouvelles techniques d'imagerie (imagerie de diffusion) sont très prometteuses.

de ces activités routinières. En revanche, qu'une situation imprévue surgisse – les feux stops de la voiture précédente s'allument, il y a une arête dans le poisson, les informations télévisées annoncent un événement grave, le vendeur propose une remise différente pour deux achats groupés, un enfant surgit en courant après son ballon ou les arguments de notre interlocuteur nous obligent à choisir précisément nos mots – et nous reprenons immédiatement, consciemment, le contrôle des opérations.

Comment fonctionnent, s'organisent, se régulent toutes ces activités ? Quels mécanismes cachés rendent compte de ces exploits ? Quelles structures en sont le support ? Quels liens entre le cerveau, son organisation intime, et les grandes fonctions intellectuelles, dites fonctions *cognitives ?* Ces questions, au centre des préoccupations des neurosciences, sont abordées sous l'angle médical par la neuropsychologie qui, par le détour du pathologique, participe à la compréhension du fonctionnement cérébral normal.

On connaissait, depuis la seconde partie du XIX^{e} siècle, la possibilité de troubles intellectuels focalisés, électifs (touchant le langage, ou la mémoire, ou les fonctions exécutives, etc.) et on savait les rapporter à des aires cérébrales repérées comme particulièrement impliquées dans telle ou telle fonction (fig. 1.1.).

La révolution *cognitive* du milieu du XX^{e} siècle, considérant le cerveau comme un organe de traitement de l'information, a permis de dépasser ces aspects localisationnistes et d'y intégrer les aspects dynamiques : on accède alors à la notion de *processus*, supportés par des assemblées et des réseaux de neurones dédiés à tel ou tel sous-système, réseaux mouvants et massivement interconnectés.

Au fil des années et des avancées des neurosciences cognitives, dans chaque secteur et sous-secteur de la cognition, on décrit de plus en plus précisément les différentes étapes et les différents traitements au sein de chaque fonction (Cohen, 2008), ainsi que leurs rapports réciproques. Naissent alors des modèles du fonctionnement cognitif – du langage, de la mémoire, du traitement de l'information visuelle, etc. – qui permettront des avancées décisives dans le diagnostic et la prise en charge des patients.

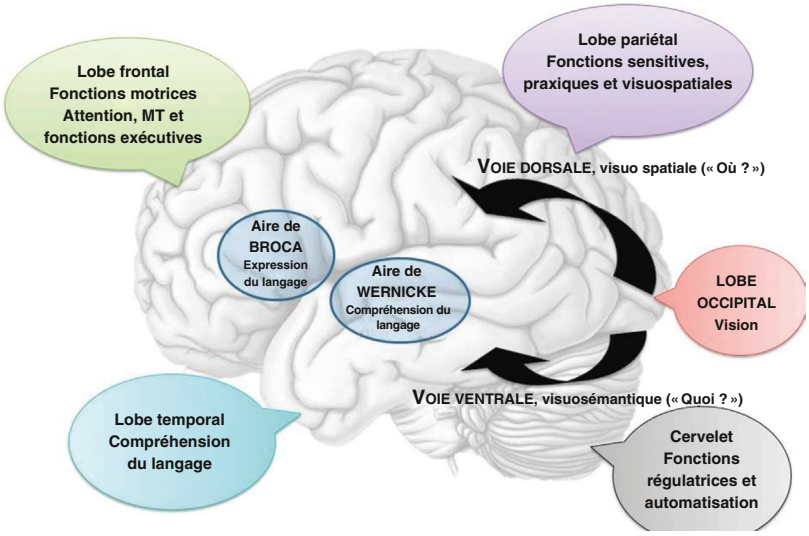


Fig. 1.1. Localisation des principales aires cérébrales. Hémisphère cérébral gauche, vue latérale.
MT : mémoire de travail.

Chez l'enfant, la neuropsychologie intègre le développement des différentes fonctions cognitives, immense chantier de construction en constant remaniement, un « en cours de… » permanent qui brouille les pistes et les repères. C'est cette complexité extrême, propre à l'enfant, qui rend compte de l'important retard de la neuropsychologie infantile (plus d'un siècle) par rapport à celle de l'adulte.

La recherche fondamentale dans le domaine des neurosciences et de la psychologie cognitive appliquée au bébé (Lecuyer, 2006) a permis d'entrer dans une nouvelle ère de la neuropsychologie, balisant peu à peu pour les cliniciens cette dynamique propre au développement de l'enfant. Ces découvertes étayent la clinique, orientent la démarche diagnostique, enrichissent notre compréhension de la pathologie, modifient les pratiques, et ce, sans jamais perdre de vue ni l'enfant, si déroutant, ni l'histoire et l'environnement dans lesquels s'inscrit son trouble.

La découverte des *compétences précoces du nouveau-né* dans les années 1980–1990 a permis de voir sous un nouveau jour les modalités de ce développement : le cerveau de l'enfant n'est pas, comme on l'a longtemps cru, cette ardoise vierge sur laquelle s'inscrivent les premières expériences sensorimotrices, socle de la construction progressive de toutes les fonctions mentales. On découvre que le bébé « naît humain », selon la belle expression de J. Melher (2006), que l'Évolution a doté les bébés d'un grand éventail de capacités, de « boîtes à outils » spécialisées supports de telle ou telle fonction cognitive, certes immatures mais qui permettent d'*emblée* des interactions adaptées et fructueuses avec l'environnement, qui initient cette construction progressive de la cognition.

> « Tout n'est pas inné. Grand nombre d'aptitudes humaines résultent d'apprentissages et sont évidemment des aptitudes acquises. Simplement, ces apprentissages ne seraient pas possibles sans un outillage mental de base, qui lui, est universel, inné et propre à l'espèce humaine. »
>
> Steven Pinker. *L'instinct du langage*. 1999

Sur cette trame innée (sorte de « boîte à outils » précoce), reflet de l'évolution biologique, constituant le socle *universel*, le patrimoine commun à tous les humains, s'inscrit peu à peu une évolution *individuelle*, fonction des interactions avec l'environnement, de l'histoire propre de chacun, de ses expériences personnelles, des échanges et des communications qu'il instaure avec le monde environnant.

D'un équipement universel au sujet, unique

> « La matière est à l'esprit ce que les touches du piano sont à la symphonie. À partir de ce clavier matériel, l'aventure personnelle de l'individu, ses environnements affectifs, éducatifs, sociaux, vont composer une infinité de symphonies différentes. »
>
> Boris Cyrulnik, *Mémoire de singe et paroles d'homme*. 1983

Le débat inné/acquis, qui au siècle dernier a alimenté des « idéologies » apparemment irréconciliables (entre les partisans d'un développement à partir de compétences précoces ou innéistes, et les adeptes du rôle unique des interactions, du psychoaffectif, de l'environnement social, dans l'évolution de l'enfant), est désormais clos puisque ce sont bien les compétences précoces (innées) qui permettent des interactions adaptées avec l'environnement (acquis), construisant les apprentissages. Les deux sont donc indissolublement liés et interdépendants.

Dynamique développementale

La neuropsychologie infantile intègre donc bien évidemment la dynamique développementale dont il faut préciser plusieurs aspects.

Chronologie du développement

Les calendriers traditionnels précisent les *fourchettes* chronologiques typiques au cours desquelles on doit normalement voir apparaître tel ou tel comportement (moteur, langagier, social…) : ils sont largement utilisés dans les bilans des divers professionnels de l'enfance. Beaucoup ont extrapolé ces notions, supposant que l'*ensemble* de la chronologie habituelle du développement de l'enfant reflétait des « stades » du développement dont chacun serait le prédécesseur *obligé* du suivant. Ainsi, sur le plan de la motricité, les enfants tiennent leur tête, puis se retournent, puis rampent, puis…

Cette représentation du développement de l'enfant recouvre souvent celle d'une évolution du plus simple au plus complexe, du concret vers l'abstrait. Les tâches simples sont alors assimilées à celles qui, chez l'enfant tout-venant, sont précocement acquises, par opposition aux tâches acquises plus tardivement, considérées alors comme complexes.

Or, certains événements, bien qu'ils se succèdent toujours dans un ordre immuable, sont cependant sans lien (par exemple, les incisives inférieures poussent avant que l'enfant ne marche) ; d'autres qui *semblent* liés (les enfants identifient les bruits et les musiques avant d'identifier les mots de la langue ; ou bien identifient les visages avant d'identifier les images, et les images avant d'identifier les mots écrits) dépendent en fait de la maturation (hétérochrone) de zones et réseaux cérébraux *différents*.

Ainsi, les enfants porteurs d'anomalies ou d'atypies neurodéveloppementales se développent d'une façon originale, certaines performances se faisant jour alors que d'autres, habituellement plus précocement acquises, ne peuvent se manifester. Cette évolution paradoxale résulte non du gradient simple-complexe ou concret-abstrait, mais du dysfonctionnement spécifique de tel ou tel ou système cognitif.

Organisation du développement

Différentes théories ont cherché à modéliser la dynamique développementale. La psychologie du développement a connu au siècle dernier des précurseurs incontournables ; pour n'en citer que quelques-uns parmi les plus influents : Jean Piaget (1896–1980), Henri Wallon (1879–1962), Lev Vygotsky (1896–1934). Chacun a apporté une vision originale et a posé les bases de différents modèles du développement dont certains aspects s'interpénètrent et se complètent.

La psychologie de l'enfant : les fondateurs

- J. Piaget, dont l'influence a été et reste considérable, développe l'approche constructiviste. L'enfant, par ses interactions avec l'environnement, est le constructeur actif et permanent de son intelligence, de ses connaissances. Jean Piaget a étudié, développé, raffiné et diffusé la notion de *stades* (*cf.* fig. 1.2), dont la succession chronologique obligée, dans les conditions habituelles, surviendrait à des âges relativement fixes, chaque stade s'appuyant nécessairement sur le précédent. Par exemple, dans la conception piagétienne des opérations mentales, il est impossible de passer du stade « préopératoire » au stade « hypothético-déductif » sans passer par le stade « opératoire ». Le concept d'opérations logiques (catégorisation, classification, sériation, inclusion) est au centre de tous les stades piagétiens. Cette conception d'*opérations logiques* a durablement influencé le concept de « raisonnement logico-mathématique ».
- H. Wallon introduit aussi des stades successifs de développement mais il met en exergue l'influence du milieu social. Dans une conception globale, s'exerce l'affectivité, au sens de l'ensemble des réactions psychiques de l'individu face au monde extérieur.
- L. Vygotsky donne à cet aspect social une place différente, intégrant l'influence des échanges interpersonnels et du langage, soulignant l'importance des interactions

au décours de l'apprentissage. Il développe la notion de « zone proximale de développement » (ZPD), qui permet de préciser, pour une tâche ou une fonction cognitive donnée, le niveau *actuel* atteint par l'enfant et les objectifs immédiats que doit se donner l'adulte (le pédagogue). On distingue ce que l'enfant fait et réussit seul (acquis), ce qu'il peut réussir avec étayage de l'adulte (ou d'un pair plus expérimenté, ou d'un expert), ce qui constitue pour cette activité sa ZPD, et ce qu'il ne peut pas réussir, même avec étayage (aide, soutien) et qui est actuellement hors du champ de ses possibilités d'apprentissage. Cette notion donne un rôle très important au repérage de ce qui est – ou non – accessible, à un moment donné de l'évolution de cet enfant-là, et à l'étayage, que ce soit par un adulte ou par ses pairs, au travers du *conflit sociocognitif*. L'enfant est mis face à une contradiction, une impossibilité, une question qui l'oblige à remettre en question et à réorganiser ses savoirs antérieurs, naïfs ou incomplets.

Les modèles constructivistes ont cependant montré leurs limites du fait de la découverte que le cerveau du bébé n'est pas cette ardoise vierge que l'on imaginait. Ils sont aussi mis en échec par ces enfants qui manifestement « sautent » des stades et se développent « autrement ». Rompant donc avec cette conception linéaire et figée d'un développement en marches d'escalier, d'autres (Siegler, 2000) proposent un développement par vagues (fig. 1.2). Ils considèrent que toute activité cognitive mobilise *simultanément* plusieurs stratégies, plusieurs modes de pensée *concurrents* et non synchrones.

Cette approche (courant dit « évolutionniste ») permet d'intégrer de nombreux phénomènes observés dans des domaines aussi divers que la résolution de problèmes, le raisonnement ou la mémoire. Elle permet également de rendre compte des points communs du fonctionnement cognitif à tous les âges de la vie.

Un développement « par vagues »

« Étant donné ce que nous avons appris au cours de la dernière décennie, concernant la pensée des enfants (la variabilité omniprésente, les changements continus dans les conditions où chaque mode de pensée est choisi, la fréquence avec laquelle de nouvelles approches sont produites), cette vénérable métaphore (du développement en marches d'escalier) semble inadéquate.

La métaphore des vagues qui se chevauchent fournit une manière alternative d'envisager le développement cognitif qui semble plus en accord avec ce que nous en avons appris. Cette métaphore consiste à envi-

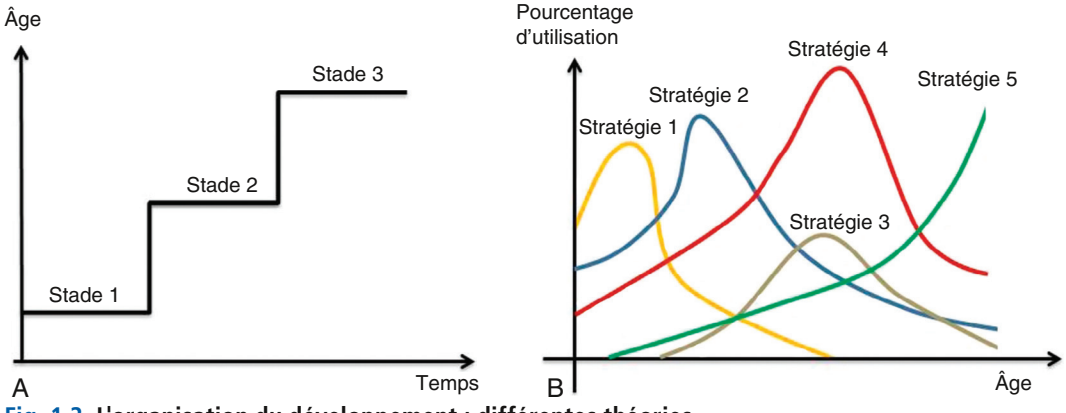


Fig. 1.2. L'organisation du développement : différentes théories.
A. Par stades : constructivisme. B. Par vagues : évolutionnisme.

sager chaque mode de pensée comme une vague qui se rapproche de la côte, avec plusieurs vagues (modes de pensée) se chevauchant un certain moment, avec la hauteur de chaque vague (la fréquence d'utilisation des modes de pensée) en perpétuel changement, avec des vagues différentes dominant à certains moments et d'autres ne dominant jamais mais influençant d'autres vagues et contribuant à la marée.
Cette façon de décrire le changement (...) nous permet aussi de nous focaliser sur la présence du mode de pensée le plus avancé, sans perdre d'informations sur l'occurrence des autres approches.
La métaphore des vagues qui se chevauchent a aussi d'autres vertus. Les vagues changent perpétuellement, bougent *et se reconfigurent*. Chacune diffère de ce qu'elle était plus tôt. Sans cesse variable, changeant sans cesse, une vague, comme la pensée des enfants, ne reste jamais calme ».

Siegler. *Intelligences et développement de l'enfant : variations, évolution, modalités*. 2000. p. 285

Pour le neuropsychologue, cette conception du développement par vagues permet d'intégrer le fait qu'une tâche donnée peut donner lieu à des stratégies différentes, plus ou moins pertinentes et efficaces, concurrentes et/ou simultanées, voire changeantes au décours même de la réalisation de la tâche.

Exemples de stratégies multiples, qui s'alimentent et se renforcent mutuellement

- En lecture (chapitre 6), le sujet devenu suffisamment expert, utilise, simultanément et/ou en alternance, la médiation phonologie et/ou l'adressage ; au sein même de la procédure d'adressage, ses stratégies d'identification des mots écrits diffèrent selon la nature des mots rencontrés, leur fréquence (du point de vue du sujet), leur contexte (plus ou moins familier), ses connaissances linguistiques, etc. C'est l'ensemble et la souplesse des stratégies multiples qu'il peut mettre en œuvre simultanément qui assurent l'efficacité de la lecture.
- Lors d'épreuves de mémoire, le fait que le matériel à mémoriser soit verbal ne garantit pas du tout que l'enfant effectue une tâche de mémoire *verbale* : il peut utiliser *aussi* des stratégies visuelles (convoquer des images mentales), soit en permanence, soit pour certains items, associant ou alternant les stratégies en fonction des caractéristiques des éléments à analyser et mémoriser, de ses capacités, des savoirs qu'il a déjà antérieurement inscrits en mémoire, etc.

Cette conception en vagues conforte les observations cliniques et ce que nous ont appris les enfants souffrant d'un dys- : à savoir que, si une stratégie (un mode de pensée, un « outil » cognitif) est défaillante ou indisponible, d'autres pourvoient au développement de la pensée, de l'intelligence et du raisonnement, car (pour reprendre la métaphore de Siegler) d'autres vagues pourront pousser le raisonnement vers la côte.

Apprentissages implicites *versus* explicites

Par ailleurs, sur un plan plus spécifiquement neuropsychologique, on distingue deux grandes modalités de développement, *complémentaires* et plus ou moins imbriquées, l'une « implicite » et l'autre « explicite ».

Une modalité implicite : des aptitudes sélectionnées par l'évolution

Certaines capacités sous-tendues initialement par des compétences spécifiques innées (ou très précoces, néo- ou périnatales), que nous avons appelées « boîtes à outils », sont le germe à partir duquel le développement va s'engager dans le domaine considéré.
Ces capacités initiales permettent au bébé d'analyser de façon *automatique* son environnement et d'y *interagir* efficacement.

Toute anomalie (dans les capacités initiales du bébé et/ou toute défaillance de l'étayage environnemental), de quelque nature qu'elle soit, est susceptible d'induire un développement atypique ou pathologique.

Exemple

Les bébés naissent avec différents « outils » pour traiter le langage oral qui les environne. Citons, entre autres, la capacité à discriminer toutes les oppositions phonologiques existant dans toutes les langues connues ou encore la capacité à « découper » le flux continu de paroles en segments, pour analyser, repérer et assigner du sens à chaque unité mot, etc. (chapitre 2). Ils disposent donc d'emblée (dans les conditions socio-éducatives habituelles) de capacités à traiter la langue orale environnante, quelle qu'elle soit. Ces traitements sont *automatiques* et construisent progressivement le langage, en interaction étroite avec leur milieu.

Ainsi, le mode de locomotion, les coordinations oculomanuelles ou le développement du langage oral, sont des aptitudes *sélectionnées par l'évolution* qui se développent sans qu'il y ait besoin de démonstrations, entraînements ou explications : on parle d'apprentissage implicite. Le développement dans ces domaines est lié à la maturation (sensorimotrice, neurologique, affective…) et au libre jeu des systèmes en cause *dans un environnement « habituel »* (« bain » de langage, de gestes, d'émotions, etc.) qui offre les occasions d'interactions adaptées qualitativement et quantitativement.

Pour ces capacités, le développement résulte donc de la confrontation « spontanée », implicite, entre les compétences innées et l'environnement.

Elles se développent selon le même calendrier (universel) dans toute l'espèce humaine, et servent donc de repères chronologiques (tenant compte bien sûr des différences interindividuelles, normales) pour suivre le développement de *tous* les enfants.

Une modalité explicite : une reconfiguration sous contrainte culturelle

Mais les humains sont *aussi* capables (dans les limites de ce que leur équipement génétique autorise) de faire des apprentissages dans des domaines qui n'ont pas été « prévus » par l'évolution, pour lesquels nous ne disposons pas de « boîtes à outils » toutes prêtes.

S. Dehaene (2007) rappelle que « l'un des traits saillants d'homo sapiens est de naître avec un cerveau immature et doté d'une grande plasticité (…). Notre cerveau n'est pas (initialement) prévu pour lire mais il s'y convertit tant bien que mal » dit-il, et l'on pourrait ajouter que notre cerveau n'est pas non plus initialement prévu pour conduire une voiture, faire un nœud de cravate ou résoudre des équations du second degré, mais… il s'y convertit tant bien que mal !

Cette conversion est en effet *laborieuse* : elle nécessite démonstrations, entraînements, explications, révisions : un travail qui va générer *la reconfiguration* de certains réseaux de neurones, la constitution *de novo* de réseaux dédiés à ces nouvelles activités.

S. Dehaene parle, pour ces capacités-là, de « recyclage neuronal ». Ces apprentissages se font, pour leur immense majorité, sous l'effet d'un *enseignement* explicite (*cf.* la scolarité), *sans lequel ces apprentissages ne se produiraient pas.*

Les capacités en ces domaines dépendent donc de l'époque et du lieu. Ils dépendent de la culture au sein de laquelle l'enfant évolue : « l'organisation culturelle est inextricablement liée à celle de notre cerveau » S. Dehaene (*op. cit.*). Ainsi s'habiller, se coiffer, se laver, utiliser des outils, saluer, conduire une voiture, téléphoner mais aussi lire, écrire, compter et tous les apprentissages académiques ressortent-ils de cette modalité.

C'est en acquérant ces connaissances, ces habiletés, ces savoirs et savoir-faire que le petit enfant, au-delà du patrimoine universel dont il a été doté, s'inscrit dans son groupe culturel, sa société. Éva-

luer le développement de l'enfant dans ces domaines suppose donc de tenir compte de son environnement culturel et socio-éducatif : les tests qui servent d'outils aux neuropsychologues ne sont valides, pour cet enfant-là, que si les étalonnages ont été pratiqués dans la culture dans laquelle il s'inscrit.

Évaluer des enfants d'une culture différente

Il est fréquent que des enfants primo-arrivants de lointains pays soient adressés en raison de difficultés scolaires et que la question de leur évaluation à visée diagnostique (d'un éventuel dys-) soit posée. Il est certain que nombre d'épreuves ne peuvent alors pas être interprétées en raison du biais culturel.

Cependant, si l'enfant est en France depuis au moins un ou deux ans et surtout s'il est destiné à poursuivre sa scolarisation en France, ces épreuves peuvent indiquer l'importance et la nature de l'écart entre les performances réalisées par l'enfant et les attentes de l'école, ici et maintenant.

Apprentissages académiques

Le processus de « recyclage neuronal » en œuvre au décours des apprentissages repose sur le phénomène de la *plasticité cérébrale*, cette souplesse dans l'organisation neuronale qui se traduit par le déploiement de nouvelles interconnexions entre neurones et/ou par l'amélioration de l'efficacité de certaines de ces connexions (tandis que d'autres, peu ou non utilisées, se délitent et disparaissent). C'est cette capacité des réseaux de neurones à se réorganiser (sous l'influence des expériences, des entraînements) qui est le support des apprentissages.

La plasticité cérébrale

Bien que réputée d'autant plus importante que l'enfant est plus jeune, on a montré que la plasticité cérébrale, mais aussi l'apparition de nouveaux neurones, concernent aussi l'adulte. Des expériences conduites avec les chauffeurs de taxis londoniens montrent chez eux l'augmentation de la taille de la zone de la mémoire visuospatiale, l'hippocampe (Maguire et al., 2003). Cet accroissement en taille de certaines zones cérébrales, *directement lié à de nouveaux apprentissages*, est avéré également chez les musiciens professionnels qui développent de surcroît des connexions interhémisphériques directement en rapport avec la pratique de leur art (Schlaug et al., 1995).

En pathologie la question se pose de savoir si la plasticité cérébrale peut être un mécanisme de « réparation ». Elle semble pouvoir autoriser une réorganisation fonctionnelle partielle mais satisfaisante chez l'enfant victime de lésions cérébrales *secondaires*, mais parfois aux dépens d'autres fonctions. Ainsi, Lussier et Flessas (2005) rapportent le cas de Stéphane, opéré d'une hémisphérectomie gauche à 5 ans ayant récupéré le langage (effet positif), mais au détriment des fonctions visuospatiales (effet négatif).

Au contraire, lors d'anomalies anté- ou périnatales, ce processus positif semble peu opérant. Par exemple, les enfants victimes d'un accident vasculaire cérébral *in utero* conservent les séquelles (motrices et cognitives) de leur hémiplégie ; il en est de même pour les lésions cérébrales liées à la prématurité dont les séquelles, motrices et/ou cognitives, sont stables. Certains ont ainsi pu parler de « vulnérabilité » cérébrale chez les plus jeunes.

C'est en raison de ces importantes capacités d'apprentissage que les humains ont « inventé » et systématisé de longues périodes consacrées à l'enseignement, en particulier sous la forme d'une scolarité qui peut désormais occuper jusqu'au quart de la durée de vie dans les pays développés. Les apprentissages scolaires sont, par essence, des apprentissages explicites, facultatifs au regard de l'évolution mais *obligés* dans une culture et une société donnée.

En situation scolaire, pour apprendre, l'élève (qu'il soit désireux ou non d'apprendre, qu'on l'incite ou qu'on l'oblige, qu'on le félicite ou qu'on le punisse, que sa réussite le valorise ou que ses échecs le dépriment) *doit* posséder un « équipement » cognitif qui va lui permettre :

- de *traiter les stimuli* qu'il sélectionne, auxquels il porte attention, qu'il extraie de l'environnement, à savoir du langage oral ou écrit, mais aussi des images, des dessins, des photos, des graphiques, des tableaux… C'est l'ensemble des supports scolaires dont il dispose, généralement choisis par l'enseignant. Ces traitements dits « afférents », que l'on appelle plus simplement « la voie d'entrée », sont majoritairement auditivo-verbaux et/ou visuospatiaux. Ils consistent à décoder les informations transmises, à les re-connaître, *et in fine* à permettre une mise en relation entre le traitement perceptif du support (son, voix, images, mots écrits…) et leur signification, leurs représentations. Ces traitements sont pris en charge par les fonctions sensorignosiques. Les capacités d'attention et de concentration (chapitre 5) sont aussi très sollicitées ;
- d'effectuer le *travail conceptuel* que réclame la tâche : mémoriser, faire des liens sémantiques ou analogiques, déduire, comprendre… En situation scolaire, outre les capacités langagières (chapitre 2) et/ou visuospatiales (chapitre 3), les aptitudes raisonnementales (l'*intelligence générale* ou facteur g [*cf. infra*]) sont très sollicitées, ainsi que l'ensemble des fonctions dites transversales telles l'attention et les fonctions exécutives (chapitre 5), la mémoire à long terme et la mémoire de travail (chapitre 4) ;
- de *donner une réponse*, le plus souvent *via* l'oral ou l'écrit, ce dernier prenant une place croissante dès le milieu de la scolarité primaire. L'élaboration des réponses (voie efférente ou encore voie « de sortie »), est sous-tendue par une programmation efficace gérée par les fonctions practomotrices (parole, graphisme [chapitre 3]). La réponse engage certes la motricité (qui permet d'interagir concrètement avec l'environnement) mais réclame aussi l'intervention des fonctions de planification-programmation et de jugement sur le résultat obtenu, afin d'obtenir efficacité et pertinence (chapitre 5).

La spécificité de la situation scolaire consiste en ceci que l'apprenant est de façon quasi constante en situation de *faire face à la nouveauté*, de construction et de déconstruction de ses savoirs, de résolution de problèmes (au sens large), toutes activités sollicitant l'intervention d'un système spécifique, interconnecté et réactif, qui remplit les fonctions *de planification, d'organisation et de gestion* (par exemple des ressources attentionnelles).

Il s'agit là d'un niveau de traitement qui ne concerne plus celui de l'information *stricto sensu* mais plutôt l'*optimisation* des conditions de traitement. En quelque sorte, l'apport de ce système est de maximiser le fonctionnement en temps réel (mémoire de travail), d'accroître l'efficacité de l'ensemble du dispositif (orientation de l'attention, stratégies), d'introduire une notion de vivacité (vitesse de traitement).

Le contexte personnel – en particulier motivationnel, en rapport avec les attentes parentales et celles des enseignants mais aussi avec l'anticipation de satisfactions (au sens large du terme) de la part de l'élève lui-même – joue un rôle important dans la modulation de l'attention, les performances mnésiques, le réemploi des connaissances, etc.

C'est donc à de multiples niveaux que doivent être envisagés d'éventuels ratés ou pannes dans ce secteur. Au plan neuropsychologique, il s'agit de déterminer :

- si un dys- est (ou non) en cause ;
- et, si tel est le cas, quels sont les déficits ou atypies *sous-jacentes* ;
- d'en comprendre les répercussions éventuelles sur le fonctionnement d'autres fonctions cognitives et/ou leur incidence sur les apprentissages scolaires.

La collaboration entre les différents intervenants (famille, école, soignants) est ici essentielle.

Les dys- résultent donc de l'altération (l'atypie, le dysfonctionnement, l'anomalie, le déficit) *élective* du développement de *certaines* fonctions cognitives, trouble provoquant une gêne notable, un désavantage par rapport aux pairs, un handicap dans la vie personnelle, scolaire ou sociale du sujet.

Ces diagnostics impliquent de faire *simultanément* la preuve de l'existence de :

- *trois critères d'inclusion* :
  - le trouble est durable,
  - il se manifeste avec une intensité qui le situe dans le domaine de la pathologie,

  - avec, éventuellement, des signes caractéristiques, des déviances par rapport au développement typique ;
- *et trois critères d'exclusion* (absolus ou relatifs) qui sont l'absence :
  - de déficit intellectuel,
  - d'une autre pathologie connue, psychiatrique (TSA), neurologique ou sensorielle, potentiellement susceptible de se manifester par un trouble des apprentissages,
  - d'un déficit de scolarisation et/ou situation socio-éducative ou psychologique pénalisante, rendant alors compte d'une difficulté d'apprentissage.

Ces critères négatifs seront renseignés en premier lieu, puisque seule leur exclusion justifie que l'on entame un bilan neuropsychologique.

Diagnostic[6] de dys- : critères d'exclusion

Nous envisagerons ces critères en fonction de la fréquence avec laquelle les cliniciens y sont confrontés. Nous écarterons donc d'abord « les *difficultés* scolaires ». En effet depuis quelques années on voit se multiplier, y compris chez les professionnels, la confusion entre *difficultés* et *troubles*.

Écarter une « difficulté »

Les difficultés scolaires sont en effet d'une extrême fréquence, et les confusions avec des dys- contribuent d'une part à décrédibiliser les actions entreprises pour les dys- auprès des enseignants et des pouvoirs publics, et d'autre part conduisent à surcharger indûment les structures et les professionnels spécialisés en neuropsychologie infantile, en nombre déjà notoirement insuffisant.

Les *difficultés* renvoient à des causes liées au contexte (familial, scolaire, social) de l'enfant et ne rentrent donc pas dans le groupe des dys-. Une performance insuffisante dans tel ou tel domaine des apprentissages (difficulté) peut relever d'un faible talent dans *ce* secteur de la cognition et/ou d'un environnement sous-stimulant ou défaillant, voire d'une pédagogie inadaptée qui pénalise les plus fragiles.

Les *troubles* (dys-), eux, sont la manifestation d'anomalies intrinsèques au sujet, « structurelles », neurodéveloppementales.

La distinction est importante car le choix des aides utiles et leur efficacité ne relèvent pas des mêmes champs d'intervention dans les deux cas (champ psychosocial et/ou pédagogique pour les difficultés, champ médical et paramédical pour les troubles dys-).

Bien sûr, les deux lignées de troubles peuvent être intriquées, mais il est important de bien saisir les spécificités de chaque situation et les moyens dont disposent les cliniciens pour les différencier.

Difficulté et faible talent

Des performances inefficaces peuvent résulter d'une absence de motivation et/ou d'un médiocre talent dans le domaine considéré (à la limite inférieure de la norme). Tous les humains ne disposent pas d'une efficience maximale (?) dans *tous* les domaines : chacun d'entre nous, *normalement*, est doté d'un ensemble de talents (et de non-talents) dont la fine mosaïque reflète la variété de l'humanité et constitue l'unicité de chaque individu.

Les performances du sujet dans le domaine considéré le situent dans la zone « faible », à

[6] Le diagnostic est le raisonnement menant à l'identification des mécanismes à l'origine d'une défaillance, d'un problème ou d'un trouble, à partir d'observations, de symptômes ou de tests.

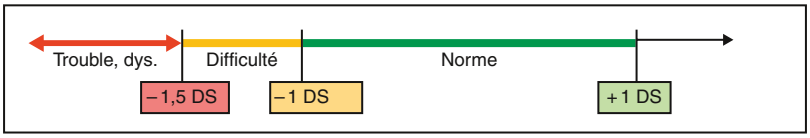


Fig. 1.3. Des performances qui s'étalent le long d'un continuum.

la limite inférieure de la norme, soit entre – 1 et – 1,5 écarts types (ET)[7] de la moyenne.

En effet, pour presque toutes les capacités, il existe dans la population *un continuum* (fig. 1.3) entre les sujets extrêmement habiles (sur le plan langagier, mnésique, moteur, visuospatial, mathématique, lexique, etc.) qui accèdent à des performances de haut niveau, ceux qui sont « dans la moyenne », ceux qui sont peu talentueux et ceux qui sont en difficulté ou en grande difficulté (d'où des scores dont la distribution prend la forme d'une courbe en cloche).

Il y a donc un continuum entre difficulté et trouble. La distinction entre norme et *pathologie* est alors définie par une performance assez faible pour situer le sujet à – 2 DS (ou *au moins* en deçà de – 1,5 DS[8]) de la norme.

C'est-à-dire que les performances du sujet, dans le domaine ou la tâche mesurée, le situent parmi les 2,14 % les plus faibles, ou que plus de 95 % de la population de référence fait mieux.

Les sujets qui se situent dans la partie inférieure de la norme ou entre – 1 et – 1,5 DS sont « en difficulté ». Cela représente 13,5 % des sujets…

En effet, les attentes de la société et les exigences scolaires, pragmatiquement, sont calibrées pour être satisfaites par le plus grand nombre (la norme ± 1 DS, soit 78,26 %), et les sujets se situant très en deçà de ces attentes (de – 1,6 à – 2 DS) se trouvent donc, de fait, *en situation de handicap* plus ou moins sévère par rapport à leurs pairs. La distinction entre troubles et difficultés suppose donc l'emploi de tests *pertinents, étalonnés et fiables*.

Difficulté et environnement socio-éducatif

Les « boîtes à outils » (génétiquement programmées) dont les bébés disposent d'emblée sont essentiellement des inducteurs, des catalyseurs des échanges avec l'environnement : l'influence de ce dernier est capitale. Le milieu (affectif, social, culturel) dans lequel l'enfant évolue peut être peu ou mal adapté (au regard des normes environnantes), ou insuffisamment étayant, voire délétère ou pathogène.

Cela implique que des conditions socio-éducatives et/ou affectives (ou encore pédagogiques) défavorables peuvent être à l'origine de faibles performances, de « retards » ou d'incapacités dans tel ou tel domaine, voire de façon globale.

[7] La distribution habituelle d'une série de mesures (ex. : scores obtenus à une épreuve par des enfants tout-venant d'un âge déterminé) se fait autour d'une moyenne et prend la forme d'une courbe en cloche. La déviation standard (DS) ou l'écart type (ET) mesure la dispersion des données par rapport à la moyenne. La norme est définie comme la moyenne ± 1 ET et l'on définit comme pathologique toute performance se situant *en deçà* de – 1,5 ET de la norme (6,6 % de la population) ou, si l'on est plus strict, de – 2 ET (2,2 % de la population).

[8] C'est bien sûr cette définition de la pathologie (du trouble) au sein d'un continuum qui rend compte de la constance de la fréquence avancée pour *tous* les dys-, puisqu'à – 2 DS, pour une distribution normale (« en cloche ») des scores, on trouve *toujours* 2,2 % des sujets, alors que 6,6 % se situent à – 1,5 DS.

Performances aux tests : influence du milieu familial

- Des études déjà anciennes de l'INED auprès de 100 000 enfants de 6 à 14 ans, montraient un lien statistique fort, en termes de groupes d'appartenance, entre le niveau socioculturel des parents et le QI des enfants. « Le quotient intellectuel des enfants croît selon l'échelle socioprofessionnelle de leur milieu d'origine. L'éventail va de 93 points pour les enfants d'ouvriers agricoles à 111 points pour les enfants de cadres supérieurs »[9]. Ou encore : « la variable socioprofessionnelle apparaît comme un élément explicatif primordial. (…) » (Vallot, 1973).
- À partir des travaux de Turkheimer et al. (2003) sur 623 couples de jumeaux, Grégoire (2009) conclut que « lorsque le statut socio-économique des parents est faible, les variations de conditions éducatives déterminent une part importante des différences intellectuelles (60 %). Par contre, lorsque le statut socio-économique des parents est élevé, les conditions éducatives sont généralement optimales. Les différences génétiques sont alors accentuées et interviennent pour une part importante dans les différences de performances intellectuelles ».

La prise en compte de ces inégalités est du domaine du politique et du social (actions de prévention), relayée par des stratégies pédagogiques adaptées en fonction des publics.

Mais pour le clinicien la question se posera, devant des performances faibles, de disposer d'éléments (anamnèse, histoire familiale et personnelle du jeune…) et de bilans qui permettent de distinguer difficultés et troubles. En effet, les symptômes sont souvent cliniquement identiques. Cependant ils sont habituellement moins durables (s'amendant partiellement sous l'effet de renforcements éducatifs et/ou pédagogiques) et moins intenses. C'est pourquoi, dans le doute (ce qui est fréquent), on doit mettre en place une aide dite « non spécifique » : renforcement pédagogique, programme complémentaire d'entraînements et/ou d'explications, tutorat, participation à des ateliers, activités ludiques reprenant les bases ou les concepts enseignés, PPRE[10], etc.

Ces stratégies permettent alors d'observer une amélioration notable (voire une normalisation ou une quasi-normalisation de la performance) chez les jeunes souffrant de difficultés. Au contraire de l'enfant dys- qui, sur un temps donné, avec ces mêmes aides, évolue peu en dépit des renforcement proposés.

Des actions pour différencier difficultés et troubles : deux exemples

Comparaison des résultats en compréhension de l'écrit des élèves des groupes témoins et PARLER par rapport à l'évaluation nationale CE2

Bressoux et Zorman (2009) proposent le programme PARLER[11] dans des écoles primaires de quartiers dits « défavorisés » de la région de Grenoble (zones REP).

Il s'agit d'un enrichissement langagier et cognitif centré sur la prévention de l'illettrisme et de l'échec scolaire. À l'issue de ce programme (qui s'étalait sur la durée du cycle 2) les performances des enfants qui y avaient participé étaient proches (ou meilleures) que celles du groupe témoin, mais aussi de celles de l'évaluation nationale.

[9] On rappelle que la moyenne est de 100 et l'écart type de 15 points; en dépit de ces différences, tous ces enfants sont donc dans la norme et l'écart maximal en fonction des milieux professionnels familiaux reste inférieur à 1 ET.

[10] Un programme personnalisé de réussite éducative (PPRE) est un plan coordonné d'actions conçu pour répondre aux besoins d'un élève lorsqu'il apparaît qu'il risque de ne pas maîtriser les connaissances et les compétences du socle commun. Il est proposé à l'école élémentaire et au collège. Il est élaboré par l'équipe pédagogique, discuté avec les parents et présenté à l'élève (http://eduscol.education.fr).

[11] PARLER : Parler Apprendre Réfléchir Lire Ensemble pour Réussir. Le programme est téléchargeable gratuitement sur le site : http://www.cognisciences.com

Si l'on s'intéresse aux enfants repérés comme « en grande difficulté » de lecture et ceux dits « très faibles » dans la population tout-venant des mêmes quartiers (la population témoin), on voit (fig. 1.4) que l'application du programme PARLER divise ce nombre par deux : il s'agissait donc, pour la moitié de ces enfants, de difficultés liées à un environnement socio-éducatif défavorable. Au contraire, pour un petit nombre d'entre eux, la *persistance* de difficultés *sévères* malgré ces actions de prévention doit conduire à soupçonner un dys- et justifie une exploration plus médicalisée.
Dans un autre domaine, Duquesne et Marchand (2012) cherchent à analyser les erreurs habituelles des jeunes en cours d'apprentissage des fractions afin d'adapter au mieux la pédagogie.
Elles proposent un renforcement pédagogique (chapitre 7) qui permet d'isoler les enfants en difficulté (évolution favorable) de ceux présentant des troubles persistants.

Ces actions (de prévention, d'entraînement) constituent donc de véritables « filtres » : les jeunes résistant à cette pédagogie renforcée, à cet accompagnement individualisé, sont fortement suspects de souffrir d'un dys- et justifient d'un bilan plus approfondi (tableau 1.1).

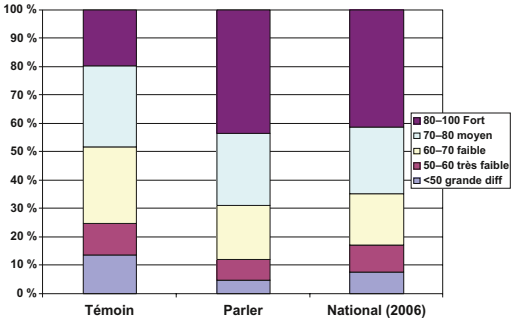


Fig. 1.4. Fin de CE1 : Comparaison des résultats en compréhension de l'écrit des élèves des groupes témoin et PARLER en rapport à l'évaluation nationale CE2 de 2006.
Source : Présentation et évaluation du programme de prévention « PARLER » Parler Apprendre Réfléchir Lire Ensemble pour Réussir. Bressoux P, Zorman M. Colloque « Langages et réussite éducative : des actions innovantes » 11 mars 2009. www.cognisciences.com

Tableau 1.1. Élements en faveur d'un trouble dys- ou d'une difficulté.

En faveur d'un trouble dys-	En faveur d'une difficulté
– *Dissociations* significatives au sein du fonctionnement intellectuel – Et/ou dissociations internes à un domaine cognitif – Et/ou symptômes *caractéristiques*	– *Environnement* peu ou non favorable – Trouble affectant de façon grossièrement *homogène* l'ensemble d'un secteur cognitif (langage, mathématiques…)
– Trouble *durable*, se manifestant précocement dans l'apprentissage – *Résistant* aux aides et interventions habituelles, aux renforcements	– Trouble moins durable (retard simple) – Évolution rapidement *favorable en réponse à des mesures non spécifiques*

Bien sûr, dans certains cas, des conditions environnementales peu favorables s'accompagnent d'un dys- authentique, augmentant la complexité diagnostique et complexifiant les propositions thérapeutiques.

Ce premier diagnostic différentiel est donc fondamental. Médicaliser les jeunes en difficulté scolaire n'est pas une réponse adaptée.

Outre les difficultés scolaires, il faut exclure déficience intellectuelle et troubles envahissants du développement (« envahissant » signifiant justement que le trouble diffuse *à l'ensemble* de la cognition), qui constituent des troubles cognitifs *globaux* et sont classiquement hors du champ des dys-[12].

Écarter une déficience intellectuelle

Durant plus d'un siècle la déficience mentale a été définie en référence aux résultats *globaux* obtenus aux tests d'intelligence, *via* le fameux

[12] Cependant, là encore, cette exclusion peut être absolue ou *relative*.

QI (obtenu en particulier, à l'issue de la passation des échelles de Wechsler[13]) : ainsi, 2,2 % de la population obtiennent un score inférieur à 70, ce qui situe ces sujets dans la zone de déficience intellectuelle. Entre 70 (– 2 ET) et 85 (– 1 ET), on parle de niveau faible[14]. À l'époque où n'étaient « pensables » que des troubles *globaux* du développement intellectuel (de type déficience ou de type psychodynamique ou liés à l'autisme), cette stratégie était pertinente. Mais depuis l'avènement des dys-, depuis que l'on a mis en évidence l'existence de troubles *spécifiques* de telle ou telle fonction mentale, voire de tel ou tel sous-système cognitif, *alors* un score tenant compte de plusieurs performances hétérogènes dans plusieurs tâches (sachant que chaque tâche, chaque épreuve, sollicite déjà par elle-même plusieurs fonctions cognitives) devient un non-sens.

Par définition, un dys- signifie l'altération de certains systèmes ou sous-systèmes cognitifs et la préservation des autres : les *hétérogénéités* des performances intellectuelles sont donc la règle, la marque de ce type de trouble. Elles ne doivent en aucune façon être lissées par des « moyennes » entre différentes épreuves. Les QI, les notes d'échelle (verbale *versus* non verbale), les notes d'indices, qui prennent en compte plusieurs tâches simultanément ne sont donc pas des éléments pertinents pour le neuropsychologue.

Le diagnostic des dys- ne repose pas sur la psychométrie : il repose sur une démarche clinique qui intègre *certaines données* de la psychométrie. Les dissociations qui sont significatives sont celles qui existent entre les épreuves (et non entre les indices).

La dispersion des indices (Grégoire, 2009)

« Une certaine variabilité des indices au WISC-IV se révèle être un phénomène banal. Le profil plat des quatre indices n'est pas la situation la plus fréquente chez le sujet tout-venant. Dès lors, ce profil ne peut pas être considéré comme un critère de différenciation entre les sujets dans la norme et les sujets souffrant de troubles cognitifs ».

Il s'agit là des comparaisons entre indices, ce qui appelle plusieurs remarques :

- un indice est déjà un amalgame de plusieurs épreuves, recrutant donc un grand nombre (voire toutes) de fonctions cognitives ;
- la psychométrie, si elle n'est pas guidée par des symptômes, des plaintes, n'a pas de raison d'être et peut égarer ;
- enfin, c'est l'analyse *qualitative* des erreurs qui doit donner sens aux scores, en référence à l'architecture cognitive en systèmes et sous-systèmes et à leur développement chez l'enfant.

Les notes d'indices

Par exemple, dans la WISC-IV, l'IRP (indice de raisonnement perceptif) est calculé à partir de trois subtests qui mettent en jeu des modes de traitements très différents (fig. 1.5) :

- tous les trois explorent le facteur g d'intelligence générale (*cf. infra*) ;
- mais le traitement d'entrée est visuospatial pour le premier et le troisième subtest, gnosique visuel pour le deuxième ;
- et le mode réponse sollicitée concerne une manipulation-construction pour le premier, une exploration du regard et une désignation pour les deux derniers.

Les considérer ensemble, au sein d'une même « note », c'est leur ôter toute signification neuropsychologique.

[13] En effet, les tests non composites, dans lesquels un seul type de tâche est décliné, de difficulté croissante au fil du test (ex. : Matrices de Raven), sont tout à fait déconseillés *en première intention* : le risque que la tâche proposée sollicite le secteur cognitif dysfonctionnant est loin d'être nul. Le danger de confusion entre dys- (qui provoque l'échec à *cette* tâche) et déficience intellectuelle est alors majeur.

[14] Les sujets qui obtiennent un score global de 85 (– 1 DS) à un test d'intelligence se classent de telle sorte que seuls 16 % de la population ont un score *inférieur* au leur. De même, obtenir un score de 115 (+ 1 DS) signifie que seuls 16 % de la population obtiennent une note *supérieure*.

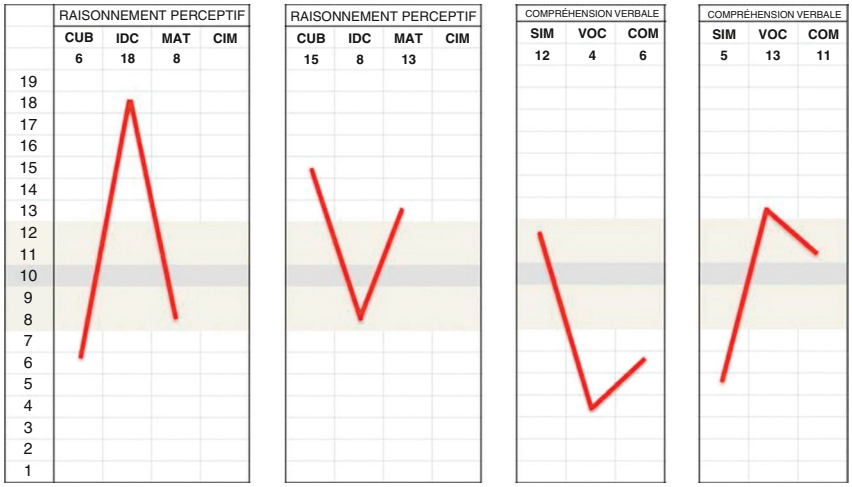


Fig. 1.5. Interpréter et tenir compte de l'hétérogénéité des scores intra-échelles.
A et B. Deux résultats « dans la norme » à l'IRP (indice de raisonnement perceptif).
A. Ce jeune garçon présente une dyspraxie visuospatiale. On note d'excellentes capacités de conceptualisation, que ce soit à partir de matériel visuel (Identification de concepts, NS = 18) ou verbal (Similitudes, NS = 16). L'écart entre Identification de concepts (IDC) et Matrices (MAT) est de 10 points…
B. Ce jeune consulte pour un diagnostic de haut potentiel intellectuel (indice de compréhension verbale [ICV] = 138 ; indice de mémoire de travail [IMT] 130 ; indice de vitesse de traitement [IVT] : 115). On note ici le score médiocre à l'Identification de concepts (NS = 8), corrélé à l'épreuve du Code (NS = 9). L'écart entre Cubes (CUB) et IDC est de 7 points…
Le calcul de l'IRP conduit dans les deux cas au constat « IRP dans la norme », ce qui représente une approximation infondée et dommageable, qui masque les difficultés de chacun et en perturbe l'analyse.

C et D. Ici c'est l'ICV (indice de compréhension verbale), très hétérogène, dont le calcul donne lieu à de graves erreurs d'interprétation.
C. L'ICV tend vers un niveau de déficience légère (ICV = 84), contredit par la note de 12 à Similitudes (SIM) qui révèle un niveau conceptuel verbal tout à fait dans la norme, même plutôt de bon niveau (diagnostic : déficit mnésique).
D. Ce jeune déficient intellectuel (SIM 3, corrélé aux résultats tous inférieurs à 5 aux indices de l'IRP) peut être taxé de niveau verbal « dans la norme » (ICV = 94). Des conditions très favorisantes liées au milieu sociofamilial (très stimulant) ont permis d'engranger des connaissances permettant une réussite aux items Vocabulaire (VOC) et Compréhension (COM).

De toute façon, même en psychologie classique, un indice n'a réellement de sens que si les performances aux subtests qui les composent sont suffisamment homogènes, ce qui n'est pas le cas dans les exemples ci-dessous (fig. 1.5A à D). Cependant, malheureusement, en pratique clinique, ces indices sont quasiment toujours calculés en dépit d'importantes hétérogénéités.

Hétérogénéité des scores

Grégoire (2009), suggère de considérer comme une hétérogénéité significative à l'intérieur d'un indice une différence de 4 points entre deux subtests de l'indice : le risque que cette différence soit imputable à une erreur de mesure n'est que de 5 %, ce qui signifie que cette différence est significative à 95 %. Elle l'est à 99 % si l'on opte pour un écart de 5 points.

Outre le fait de gommer d'éventuelles hétérogénéités, *qui sont le matériau à partir duquel travaille le neuropsychologue,* ces notes globalisées peuvent donner *à tort* l'impression, soit de résultats faibles du fait de la diffusion d'un trouble spécifique dans différentes tâches (fig 1.5C), soit au contraire rassurer à tort, une épreuve échouée isolément n'influençant que peu la note « globale » (fig. 1.5D).

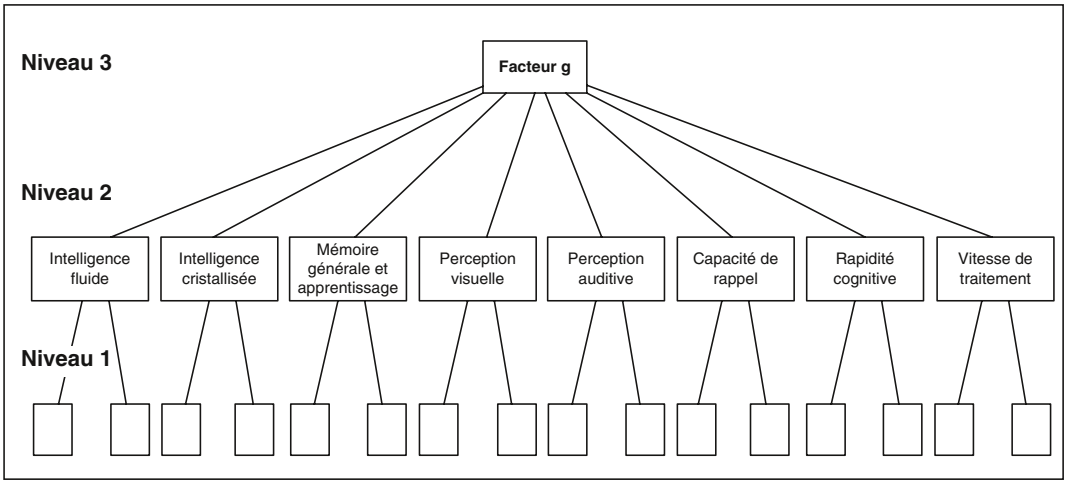


Fig. 1.6. La place du facteur g dans les modèles hiérarchiques.
Source : Modèle de Caroll, 1993 in *Noël MP. L'examen de l'intelligence. Bilan Neuropsychologique de l'enfant. Bruxelles : Mardaga; 2007.*

Mais, si le calcul du QI et celui des divers indices ne sont pas pertinents, comment alors déterminer le diagnostic de déficience intellectuelle ? Définir la déficience mentale (ou plutôt la *redéfinir* dans le contexte de la neuropsychologie infantile) est donc un enjeu d'importance.

Facteur g

Si aucune épreuve ne peut, à elle seule, prétendre évaluer « l'intelligence » (c'est la raison pour laquelle les échelles de Wechsler comprennent un panel de 10–12 épreuves), toutes n'ont cependant pas la même signification.

Toute tâche (même celle qui *semble* la plus simple ou la plus « pure ») recrute *plusieurs* fonctions intellectuelles, et des tâches différentes sollicitent un éventail de fonctions différentes. Pourtant, au-delà de cette diversité des épreuves et des compétences sollicitées, on a montré que les scores qu'obtient un sujet aux différentes épreuves sont *intercorrélés*.

Spearman (1904) démontre (corrélations statistiques) qu'un facteur lie ces différentes tâches, facteur qu'il appelle « latent » car il n'est pas visible et n'apparaît donc pas explicitement dans les diverses tâches demandées. Il propose de le nommer « facteur d'intelligence générale ou *facteur g* ».

Il existe en effet une corrélation positive, chez un individu donné, entre les notes qu'il obtient à des tâches aussi différentes que répondre à des questions de vocabulaire, trouver le concept commun à deux images, réaliser des constructions complexes avec des cubes bicolores ou bien encore résoudre des petits problèmes de la vie quotidienne.

Par la suite, les modélisations de l'intelligence dont s'inspirent les tests modernes (K-ABC-II, 2008, WISC-IV, 2005)[15], proposent une structure hiérarchique à trois niveaux avec, en son sommet, le facteur g (fig. 1.6). « Parmi les modèles hiérarchiques, celui proposé par Caroll (1993) fait aujourd'hui autorité et offre une structure solide au concept d'intelligence globale » (Grégoire, 2009).

Or, si toutes les épreuves sont corrélées au facteur g, certaines cependant en sont plus dépendantes que d'autres : on dit qu'elles sont plus ou moins « saturées » en facteur g.

Épreuves du WISC et leur « saturation » en facteur g

D'après Grégoire (2009), l'importance de la saturation par le facteur g des épreuves de la WISC-IV est (dans l'ordre décroissant) : Vocabulaire (VOC), Similitudes (SIM), Information (INF),

[15] Sauf précision contraire, tous les tests cités sont diffusés par les Éditions du centre de psychologie appliquée (ECPA).

Arithmétique (ARI), Raisonnement verbal (RVB), Compréhension (COM), Matrices (MAT), Cubes (CUB), Séquence lettres-chiffres (SLC), Complètement d'images (CIM), Mémoire des chiffres (MCH), Identification de concepts (IDC).

Cependant, on note ici l'important biais en faveur des épreuves verbales (et donc le risque important de confusion entre déficit intellectuel et trouble du développement du langage).

En outre, si l'on excepte « Similitudes », ce sont aussi justement des épreuves très *dépendantes du milieu socioculturel* de la famille, spécialement en ce qui concerne le niveau de vocabulaire – tant en compréhension qu'en production (Anaes, 2001 ; O'Callaghan et al., 1995) – et en ce qui concerne les performances en calcul et mathématiques (Zorman, 2001).

On risque donc là d'être dans la confusion entre difficultés et troubles, amalgame dont il est important de chercher à s'affranchir (au moins autant que possible) dans l'objectif d'un diagnostic de dys-.

Guttman et Levy (1991), utilisant un autre modèle statistique qui permet de représenter les corrélations intertests dans un système euclidien, produisent un modèle tridimensionnel (de représentation cylindrique [fig. 1.7]).

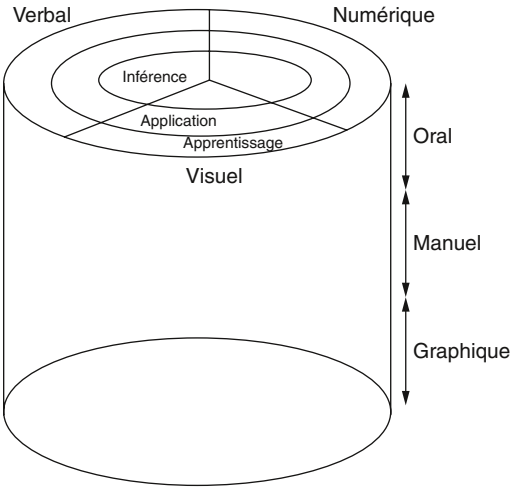


Fig. 1.7. Modèle cylindrique de Guttman et Levy.
Source : Grégoire J. L'examen clinique de l'intelligence de l'enfant : fondements et pratique du WISC-IV (2e édition revue et complétée). Bruxelles : Mardaga ; 2009.

Le modèle de Guttman et Levy

La première dimension comprend trois niveaux : 1) l'inférence de règles, qui réclame un haut niveau d'abstraction ; 2) les tâches d'application, qui demandent un savoir sur les données présentées dans chaque item ; et 3) les tâches qui requièrent de nouvelles associations de savoirs ou de règles. La deuxième dimension de ce modèle concerne le mode de représentation sollicité ou le contenu de chaque item et comprend aussi trois catégories : verbal, numérique et visuel. La troisième dimension caractérise le mode de réponse sollicité et comporte également trois catégories : oral, manuel et papier/crayon (graphique).

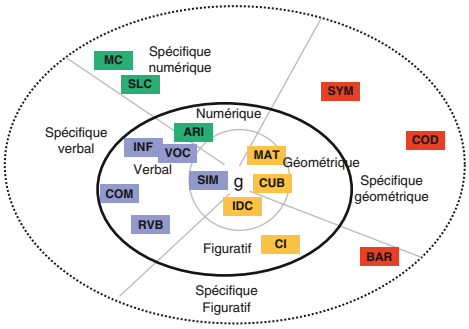
Cohen et al. (2006) ont utilisé ce modèle et l'ont appliqué aux subtests du WISC-IV (fig. 1.8). On note que les épreuves les plus saturées en facteur g (encadrées dans le tableau de la figure 1.8) sont celles qui réclament le plus haut niveau d'abstraction, des capacités à extraire les règles (capacités à catégoriser, à déduire, à inférer). Ce sont d'une part *Similitudes* (épreuve verbale), d'autre part *Cubes, Identification de concepts* et *Matrices* (épreuves non verbales visuospatiales, avec une forte composante praxique pour Cubes).

La présence d'une épreuve verbale *et* d'épreuves non verbales permet de se soustraire au risque de confusion entre déficience intellectuelle et dysphasie d'une part, entre déficience et trouble visuo-practo-spatial d'autre part. Enfin, notons également que ces subtests (contrairement aux tests de vocabulaire) sont peu influencés par le niveau socioprofessionnel des parents.

Ces arguments confortent et recoupent l'analyse que fait Mazeau (2008) des différentes composantes cognitives sollicitées par chaque épreuve des échelles de Wechsler.

Facteur g et catégorisation

Mais quelle opération cognitive, quelle opération mentale, quelle compétence particulière commune à ces épreuves pourrait-on identifier ?



Subtest	Niveau d'abstraction	Mode de présentation	Mode de réponse
Similitudes	Inférence	Verbal	Oral
Vocabulaire	Application	Verbal	Oral
Compréhension	Application	Verbal	Oral
Information	Application	Verbal	Oral
Raisonnement verbal	Application	Verbal	Oral
Cubes	Inférence	Visuel	Manuel
Identification de concepts	Inférence	Visuel	Manuel
Matrices	Inférence	Visuel	Manuel
Complètement d'images	Moyen	Visuel	Manuel
Mémoire de chiffres	Apprentissage	Numérique	Oral
Séquence lettres-chiffres	Apprentissage	Numérique	Oral
Arithmétique	Application	Numérique	Oral
Code	Apprentissage	Visuel	Graphique
Symboles	Apprentissage	Visuel	Graphique
Barrage	Apprentissage	Visuel	Graphique

Fig. 1.8. Inspiré du modèle tridimensionnel de Guttman, liens avec le WISC-IV.
Source : Grégoire J. L'examen clinique de l'intelligence de l'enfant : fondements et pratique du WISC-IV (2e édition revue et complétée). Bruxelles : Mardaga ; 2009.

Mémoire de travail, vitesse de traitement, fonctions exécutives et facteur g

Certains ont pensé assimiler le facteur g au contrôle attentionnel, ou à la vitesse de traitement et à la mémoire de travail (Stough et al., 2001). R. Case (Case et al., 2001), tout comme J.P. Leone (2000), néopiagétiens, suggèrent en effet que l'efficacité croissante de la mémoire de travail (du fait de l'automatisation croissante d'un nombre croissant de tâches) serait le moteur du développement cognitif. Cependant, ces capacités semblent plutôt jouer un rôle dans les différences d'*efficience* du facteur g (Grégoire, 2009, p. 86–95).

L'opération mentale de *catégorisation* (une des opérations logiques identifiées comme centrale par J. Piaget dans le raisonnement) est une fonction mentale qui occupe une place particulière parmi les fonctions cognitives. « L'existence d'une liaison relativement étroite entre les épreuves piagétiennes et les tests traditionnels d'intelligence est un fait incontournable » (Grégoire, 2009, p. 98). Cependant, la remise en cause du modèle piagétien à partir des années 1980 d'une part, les interrogations sur la validité même de certaines épreuves (du fait de la présence de variables parasites) d'autre part, justifient la désaffection des cliniciens pour ce type de test.

Mais, au-delà des épreuves piagétiennes proprement dites[16], l'opération mentale qui les sous-tend, qui consiste à catégoriser, classer, trier, « *mettre ensemble ce qui va ensemble* », chasser l'intrus, continuer une suite logique… est bien le terreau dans lequel s'enracinent les consignes des Similitudes ou d'Identification de concepts (catégoriser, trouver un point commun d'un niveau d'abstraction plus élevé) ou encore les Matrices (suite logique dont il faut trouver la règle pour la poursuivre).

Facteur g et épreuve des cubes

Au-delà du fait que l'épreuve sollicite de façon importante les fonctions visuo-practo-spatiales, l'opération mentale de facteur g sous-jacente est plus difficile à identifier. On peut vraisemblablement évoquer des fonctions d'analyse et de stratégie. Mais sont-elles du domaine du « raisonnement logique », de la catégorisation, de l'inférence ? Ou plutôt des fonctions attentionnelles et/ou exécutives (stratégie) ? Sans adhérer à l'idée de ceux qui suggèrent que la capacité à maintenir son attention en fonction d'un but serait assimilable au facteur g, on peut convenir que cela serait une composante importante dans cette épreuve…

[16] Exemples : échelles de Longeot (échelles de développement de la pensée logique, 1979) ou l'UDN-II.

Cette opération mentale fait partie du patrimoine génétique dont l'évolution nous a dotés (*cf. infra*) ; elle se développe progressivement (les critères de catégorisation évoluent) et caractérise le niveau d'abstraction auquel un sujet parvient à un moment donné de son évolution.

La capacité à prendre en compte tel(s) ou tel(s) élément(s) pour construire les catégories caractérise, à un moment donné de son évolution, le niveau de pensée, de catégorisation, auquel un individu peut accéder. Elle peut être approchée de façon significative par les quatre subtests de la WISC-IV isolés par Cohen et al. (2006), à savoir : *Similitudes, Identification de concepts, Matrices* et *Cubes,* qui sont donc un bon reflet de l'intelligence générale (facteur g) du sujet (*cf.* fig. 1.8).

La catégorisation

- Pour Achille Weinberg[17], « Comme tout organe, le cerveau a été façonné par l'évolution pour résoudre des problèmes adaptatifs précis. (…) Ainsi, la capacité à catégoriser (c'est-à-dire à classer) les objets de notre environnement (les fleurs, les arbres, les oiseaux, les hommes) est une aptitude innée forgée par l'évolution. Cette aptitude permet à nombre d'animaux et aux humains de structurer leur environnement et d'agir efficacement dans un milieu toujours changeant ».
- Pour Houdé (cité par Grégoire, 2009), « la capacité de catégorisation est un mécanisme adaptatif fonctionnel qui permet d'organiser le monde physique et social en identifiant des régularités au sein de la diversité ».
- Hofstadter et Sander (2013) soutiennent que la recherche d'un point commun à différents items ou situations fait appel aux capacités *analogiques* (et *non* de déduction logique). L'analogie serait un mode général de pensée permettant de comprendre le monde. Ce sont des éléments superficiels, dits « de surface » (par ex. : perceptifs) qui sont utilisés d'abord pour construire les catégories. « La surface, ou plus précisément la surface telle qu'elle est perçue, se transforme elle-même avec l'expertise, rendant possible l'accès à de nouvelles profondeurs. Grâce à l'évolution de ses catégories, l'expert voit ce qui est invisible pour le novice (…). L'apparence est souvent un bon indicateur de l'essence : c'est la raison pour laquelle se fier à la surface n'est pas une stratégie perdante. Encore faut-il être en mesure de séparer, parmi les multiples surfaces qu'offre toute situation, le bon grain de l'ivraie. C'est ce qu'apporte l'expertise. L'expertise rend apparent ce qui est caché pour le novice. »

[17] Cité *in* Dortier JF (éd.). *Le cerveau et la pensée.* Auxerre : Éditions Sciences Humaines ; 2011.

Diagnostic de déficience intellectuelle

Il est possible d'évaluer cette compétence *indépendamment* de fonctions cognitives spécifiques (telles le langage, ou le visuo-practo-spatial, ou la mémoire…) éventuellement atteintes en cas de dys-.

En effet, catégoriser doit bien s'appliquer à un matériel mais celui-ci peut être *choisi* plutôt dans le domaine verbal ou plutôt dans le domaine visuospatial, en fonction de la nature des symptômes et plaintes initiales. Il importe en effet que ce ne soit pas le traitement même du matériel à catégoriser qui pose problème à l'enfant : cela ferait écran à l'appréciation de ses capacités de facteur g.

Considérer le facteur g comme le « noyau dur » de l'intelligence permet de l'évaluer autrement : « mesurer » (?) l'intelligence ne consisterait pas tant à accepter le diktat d'une note moyennée incluant différents résultats obtenus par un individu aux différents subtests d'une batterie psychométrique composite, qu'à mettre en évidence le niveau de réussite à une ou plusieurs des épreuves très saturées en facteur g.

- Ainsi, si *au moins une* des quatre épreuves des échelles de Wechsler très saturées en facteur g est réussie (dans les limites de la norme ou au-delà), on peut légitimement éliminer une déficience intellectuelle. Comment le déficit intellectuel pourrait-il ne pas affecter le raisonnement, l'inférence, la catégorisation, la stratégie ? La question devient alors : pourquoi l'enfant a-t-il raté *les autres* épreuves de facteur g, quel dys- ou quelle association de dys- (ou quelle autre pathologie) peut rendre compte de ces échecs ?

- Mais si les quatre épreuves de facteur g (verbale et non verbales) des échelles de Wechsler sont échouées, deux hypothèses diagnostiques subsistent :
  - soit une déficience intellectuelle ;
  - soit une association de dys-, telle que l'une perturberait les traitements verbaux (ex. : dysphasie) et l'autre altérerait les traitements non verbaux (ex. : dyspraxie).

Une épreuve complémentaire, très saturée en facteur g (recrutant essentiellement l'opération mentale de catégorisation) – ni verbale ni visuo-practo-spatiale –, est alors indispensable pour trancher[18].

Le sujet déficient intellectuel ne serait plus alors défini par son QI, inférieur ou égal à 70, mais plutôt par son incapacité à réussir *une seule* épreuve conceptuelle de facteur g.

Déficience intellectuelle : le modèle d'Anderson (1992)

Ce modèle cognitif (dit aussi de « l'architecture cognitive minimale », ACM) distingue deux voies complémentaires en ce qui concerne le développement cognitif (fig. 1.9). Les connaissances résultent de la confrontation de compétences spécifiques (voie 2 : mémoire procédurale, langage, théorie de l'esprit, capacités spatiales, etc.) *et* de processus de base, fondamentaux, (voie 1 : « intelligence », facteur g) qui organisent et structurent les apprentissages.

Ces patients peuvent donc avoir, sur la voie 2, des modules préservés, ou atteints : certains patients déficients peuvent *aussi* être dysphasiques ou dyspraxiques, ou dys-… Ceci relativise la notion que la déficience intellectuelle est un facteur d'exclusion du diagnostic de dys-.

[18] Nous utilisons préférentiellement le subtest « Analyse catégorielle » des EDEI-R (ECPA), ni verbal, ni spatial, ni mnésique. Cependant il n'est valide que dans l'intervalle 4–9 ans.

À l'inverse, typiquement, les dys- ont une atteinte de la voie 2 (compétences spécifiques) avec préservation de la voie 1 (intelligence générale, facteur g).

Au total

C'est donc l'analyse *individuelle* de chaque subtest des échelles de Wechsler qui, dans le contexte de suspicion d'un dys- et de résultats hétérogènes, est indispensable pour éliminer une déficience intellectuelle (préservation, absolue ou relative, du *facteur g*) et mettre en évidence les *dissociations* entre épreuves, hétérogénéités qui vont orienter le bilan neuropsychologique.

Cette stratégie évite des amalgames très dommageables et souvent erronés :

- par exemple, faire un diagnostic de dysphasie lorsque l'indice de compréhension verbale (ICV) est significativement plus faible que l'indice de raisonnement perceptif (IRP), ou bien de faire un diagnostic de dyspraxie dans le cas contraire ;
- confondre concomitance de dys- et déficience mentale (même si, dans certains cas, le pronostic du jeune souffrant de comorbidité de plusieurs dys- peut se rapprocher de celui d'un jeune déficient).

La déficience intellectuelle est un trouble cognitif *global* avec des conséquences dans tous les secteurs des apprentissages : *l'enfant apprend mais plus lentement que les autres et atteint un « plafond » plus précocement*. Ce diagnostic est important car il débouche sur un projet thérapeutique, des stratégies d'aide, des projets de scolarisation et des orientations différents.

Des stratégies thérapeutiques différentes

▪ *Chez l'enfant souffrant de dys-*, l'essentiel des actions thérapeutiques exploite les capacités préservées du sujet, en premier lieu ses capacités de raisonnement (catégorisation), de déduction, inférence, abstraction, etc. Par ailleurs, les rééducations cherchent à remédier spécifiquement aux dysfonctionnements qui sous-tendent le symptôme. L'enfant doit alors faire la synthèse des propositions rééducatives et les *généraliser* (opération très

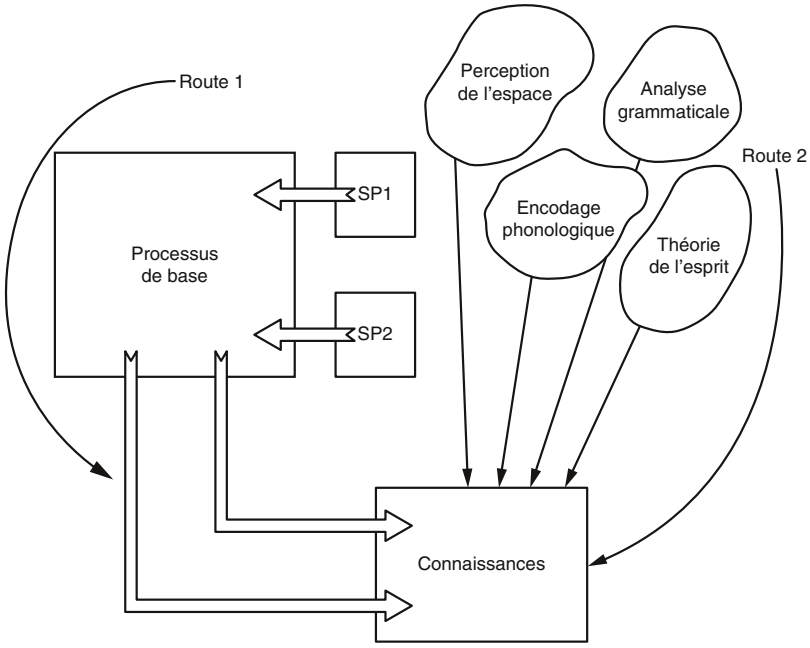


Fig. 1.9. Théorie d'Anderson (1992). Le déficit des jeunes déficients intellectuels se situe sur la voie 1, au niveau du facteur g.
NB. Pour Anderson, il s'agit de la vitesse de traitement.
Source : Anderson M. Intelligence and development ; a cognitive theory. Oxford and Cambridge : Blackwell ; 1992.

dépendante du facteur g) aux situations pertinentes. Enfin, les objectifs en termes d'apprentissages sont une scolarité satisfaisante, voire diplômante.

Ces stratégies sont particulièrement mal adaptées aux enfants déficients qui, en cas d'erreur diagnostique (déficience prise pour une « multidys- »), peuvent se sentir littéralement « harcelés » par des rééducations et des exigences scolaires mal calibrées, et ce, sans aucun bénéfice à court ni à long terme.

▪ *L'enfant déficient intellectuel* doit au contraire bénéficier de projets intégratifs, qui prennent d'emblée en compte *globalement* les répercussions du déficit intellectuel dans les différents secteurs des apprentissages et de la vie quotidienne. Les objectifs aussi sont différents visant à terme indépendance, socialisation, épanouissement personnel et orientation professionnelle adaptée.

Le cas particulier des enfants à « haut potentiel »

À l'autre extrémité de la courbe de Gauss, on trouve au contraire des jeunes qualifiés de « surdoués », de « précoces » ou « haut potentiel intellectuel » (HPI). Théoriquement, ces jeunes ne devraient pas présenter de troubles des apprentissages, mais de fait beaucoup consultent pour échec scolaire global ou dans un secteur déterminé des apprentissages. Ainsi, dès 1925 Terman montre, en suivant longitudinalement une cohorte de 643 enfants américains très doués qu'environ 30 % de ces jeunes n'obtiennent paradoxalement pas leur diplôme de fin de scolarité. La question se pose alors de savoir s'il s'agit d'une inadaptation réciproque entre stratégies intellectuelles du jeune HPI et méthodes scolaires, ou si certains présentent d'authentiques dys-.

Classiquement, sont considérés comme à « haut potentiel intellectuel » les jeunes dont le QI se situe à + 2 DS ou au-delà, soit un QI égal ou supérieur à 130, ce qui représente 2,2 % de la population (alors que les personnes ayant un QI égal ou supérieur à 145 ne représentent que 0,1 % de la population). Cependant, la conception modulaire du fonctionnement cognitif (différents systèmes et sous-systèmes spécifiquement dédiés à des fonctions et sous-fonctions cognitives isolables quoi que massivement interconnectées) rend tout aussi difficile la définition des HPI que celle de la déficience. Si, dans les deux cas, on peut considérer comme *probablement* valides les calculs des QI globaux lorsque les performances aux différentes épreuves des échelles de Wechsler sont *grossièrement homogènes*, il n'en va plus de même lorsqu'on constate, comme c'est fréquent, de grandes hétérogénéités.

Grégoire (2012) note que cette hétérogénéité des performances (au WISC-IV) est plus importante chez les sujets dont le QI est élevé (> 130), ce qui est rapporté à un investissement différencié des sujets dans tel ou tel secteur de la cognition. Ainsi, un jeune très doué qui investirait particulièrement le langage (et relativement moins les activités visuo-practo-spatiales), atteindrait des scores très au-dessus de la moyenne dans les épreuves verbales alors que ses performances dans les autres secteurs de la cognition seraient simplement « dans la norme ».

À l'inverse, on peut aussi penser que ces jeunes très doués ont la capacité de mettre en œuvre des stratégies compensatoires qui masqueraient (partiellement ou durant un temps) certaines faiblesses…

Devant ces hétérogénéités, avec les mêmes arguments que précédemment, c'est le score obtenu aux épreuves très saturées en facteur g qui devrait être pris en compte pour déterminer le potentiel intellectuel (et non le QI « global », ni une échelle particulière, ni les notes d'indices). Des échecs significatifs à certaines épreuves questionneraient alors le clinicien quant à d'éventuels troubles dys- susceptibles de rendre compte de ces points faibles.

Par ailleurs, les épreuves de facteur g se révélant peu dépendantes du milieu socioculturel et des apprentissages explicites, cela limite le risque que l'enfant ait développé des compétences hors norme dans un secteur de la cognition grâce à une pratique intensive (Ericsson et al., 1993).

En outre, la question de ce qui sera – ou non – considéré comme « des points faibles » est également discutable dans le contexte des HPI : sont-ce, comme dans le cas général, les épreuves ratées *en dessous de* – 1,6 ou – 2 DS de la norme, ou bien sont-ce les épreuves significativement faibles *en regard de ce qui est attendu* au vu du niveau de facteur g (fig. 1.10) ? Les limites du normal et du pathologique sont donc, dans ces cas, encore plus difficiles à définir avec précision ou certitude. De la réponse à ces questions dépend ce qui, chez les jeunes HPI, sera ou non considéré comme un dys- (*cf.* fig. 3.26).

Précocité et dyspraxie ?

Andréa, 7;8 ans, petite fille, élève de CE1, consulte pour maladresse et dysgraphie (fig. 1.10). Un WISC-IV est proposé : intrinsèquement, tous les scores sont « dans la norme » ou au-dessus. Pourtant les hétérogénéités sont très importantes.

On peut considérer que cette petite fille a des performances globalement homogènes (notes entre 9 et 12–14) dans les domaines visuo-practo-spatial, MT et vitesse de traitement (IVT). Un surinvestissement verbal (spontané, ou familial, ou…) « explique » alors les scores plafonds dans le domaine verbal.

On peut aussi pointer l'écart de 45 points entre ICV et IRP, ou mieux, l'écart entre les notes verbales (toutes entre 18 et 19) et les notes aux épreuves non verbales, en particulier la plus faible, à savoir Cubes, NS = 10, correspondant strictement à la moyenne… Cependant si, comme nous l'avons défendu plus haut, on prend comme référence la note aux Similitudes, reflet de son facteur g verbal, alors son score à l'épreuve des cubes (NS = 10) représente une contre-performance notable, signant un trouble. On conclura alors que cette petite fille présente un niveau de facteur g qui la situe dans la zone des hauts potentiels et une dyspraxie. Ceci rend compte non seulement de ses symptômes tels que maladresse, dysgraphie et lenteur graphique, mais aussi des scores *relativement* médiocres dans toutes les activités visuospatiales. Le projet thérapeutique sera alors celui habituellement proposé aux jeunes dyspraxiques, *a priori* avec un pronostic favorable (dyspraxie isolée, excellentes capacités de compensation).

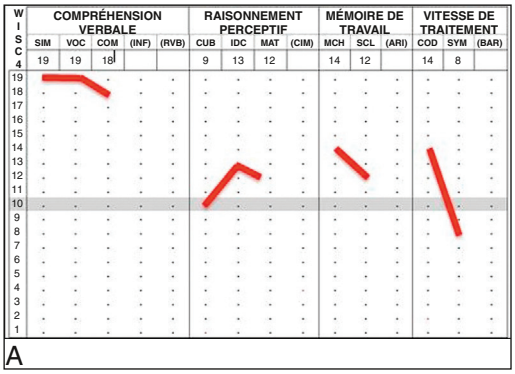


Fig. 1.10. Andréa, 7;8 ans, CE1.
A. WISC-IV : indice de compréhension verbale = 154, indice de raisonnement perceptif = 109, indice de mémoire de travail = 118, indice de vitesse de traitement = 106. B. Conjugaison du verbe tomber au passé composé.

Surdoué et/ou dyslexique ?

Henri, 10;10 ans, consulte pour dyslexie/dysorthographie (fig. 1.11).
La passation du WISC-IV montre un indice de compréhension verbale (ICV) à 126 (intervalle de 115–132). Cependant les scores internes à l'ICV sont très hétérogènes : Similitudes à 19, mais Vocabulaire à 12. Enfin, ceci contraste avec un important déficit en mémoire de travail (MT) : Mémoire des chiffres, NS = 4; Séquence lettres-chiffres, NS = 3.
Si on s'interdit d'amalgamer les différents scores obtenus aux épreuves verbales, l'analyse de ses performances au WISC est la suivante : la note de 19 au subtest « Similitudes » reflète des capacités de raisonnement, d'intelligence générale (de facteur g) très largement au-dessus de la moyenne situant Henri dans le groupe des jeunes à haut potentiel. Les autres scores verbaux sont simplement « normaux » (NS = 12) mais cependant bien en retrait (7 points de différence) au regard de ses capacités. Ces scores (satisfaisants au regard de la norme, mais « faibles » au regard de *son* potentiel intellectuel) sont alors interprétés comme reflétant l'impact de son déficit en MT dans le secteur verbal, impact modéré à l'oral et très péjoratif à l'écrit, d'où la dyslexie-dysorthographie (chapitre 6).

Certains (Terrassier, 1979) interprètent l'hétérogénéité des performances de ces jeunes comme une dys-synchronie dans leur développement. Pour beaucoup, ce sont les particularités cognitives de ces enfants (prédominance des traitements analogiques

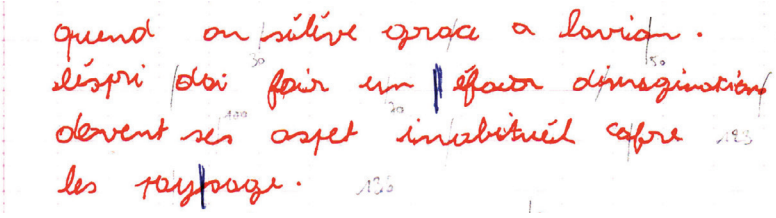


Fig. 1.11. Henri – Dictée de CM2.
Source : Alexandre A. Réétalonnage et étalonnage du bilan des "lenteurs de l'écriture" (1981) visant à évaluer la vitesse d'écriture d'élèves valides de différents niveaux scolaires. ErgOTherapies 2007; 27 : 13–22.

rapides[19]) qui ne sont pas prises en compte à l'école et expliquent les échecs. En effet, plusieurs études étayent l'hypothèse d'un fonctionnement particulier (surinvestissement de l'hémisphère droit, Magné-Mauro, 2010 ; Singh et O'Boyle, 2004). Pourtant la grande majorité de ces jeunes intellectuellement précoces est plutôt en avance et en grande réussite scolaire (Vrigniaud, 2006). Aussi, lorsqu'ils consultent pour échec scolaire ou trouble spécifique des apprentissages, leur plainte doit être examinée et la co-existence d'un haut potentiel et d'un dys- devrait toujours être envisagée.

On peut donc conclure que beaucoup de jeunes HPI vont bien et ne consultent pas ; parmi ceux qui consultent pour difficultés scolaires, certains présentent des particularités cognitives voire des troubles spécifiques telle une dysgraphie isolée, peu pénalisante ; et enfin quelques-uns ont des dys- patentes et objectivables (Gaie et al., 2014, p. 19–49).

Écarter un trouble du spectre de l'autisme

Les TED (troubles envahissants du développement) ou TSA (trouble du spectre de l'autisme) sont des troubles développementaux précoces (typiquement ils se manifestent avant 3 ans), qui « envahissent » l'ensemble de la cognition : ce sont des troubles cognitifs *globaux*.

Par ailleurs, déficience intellectuelle et désordres du spectre de l'autisme sont corrélés de façon hautement significative (Matson et Shoemaker, 2009). Il existe de fait chez les jeunes avec TSA un continuum entre déficience intellectuelle associée (cas le plus fréquent) et efficience dans la norme (plus rare et souvent dénommé « autisme de haut niveau ».

Troubles du spectre de l'autisme (TSA)

La forme typique de l'autisme, initialement décrite par Léo Kanner, ne rend pas compte de la diversité clinique de l'autisme ; il existe une grande variabilité individuelle des signes cliniques et de leur degré de gravité. C'est pourquoi l'on parle de *troubles du spectre autistique* (TSA).

Le *syndrome autistique* est défini cliniquement par une triade symptomatique typique :

- trouble des interactions sociales, généralement sévère ;
- déficit de communication, souvent important ;
- des centres d'intérêts limités et stéréotypés, sur des thèmes inhabituels souvent qualifiés de « bizarres ».

Le diagnostic fait appel aux critères du DSM, associé à l'investigation intellectuelle (échelles de Wechsler) et à l'évaluation de l'adaptation sociale (questionnaires, épreuves spécifiques). Cependant les signes cliniques sont tout à fait au centre de la démarche diagnostique.

Le trouble de la cognition sociale représente une part importante du handicap même s'il ne peut le résumer : il s'agit de la capacité à analyser, interpréter et utiliser les comportements et signaux qui régissent les interactions interindividuelles.

Cognition sociale

Pour Gil (2010, p. 355), la cognition sociale désigne l'ensemble des compétences et des expériences cognitives et émotionnelles qui régissent les relations et rendent compte des comportements de l'être humain avec son entourage familial et social. En réglant l'ensemble des relations interpersonnelles et sociales, les compétences sociales autorisent une vie affective, émotionnelle et relationnelle qui est le terreau où s'enracinent non seulement les apprentissages mais aussi l'épanouissement personnel et l'autonomie du sujet.

Le développement d'habiletés sociales de bon niveau, permettant des interactions « attendues » basées sur une compréhension partagée des règles d'interactions dans l'espèce humaine, fait intervenir :

- le traitement de l'information sociale : perceptions, reconnaissance des mimiques faciales (émotions), connaissance de soi et d'autrui, fonctions de communications sociales en particulier aspects pragmatiques du langage oral ;
- la connaissance du mode de résolution des problèmes sociaux (traitement de l'information sociale, intelligence sociale) et des connaissances sociales relatives à la gestion des conflits (règles et codes sociaux, culturellement dépendants) ;
- les capacités d'interactions sociales, par définition variables selon le contexte : comportement, régulation socio-émotionnelle, degré d'engagement, flexibilité, ajustement et accordage, existence de troubles externalisés : agressivité, repli… ;

[19] On peut faire le rapprochement avec les thèses très actuelles de Hofstadter et Sander (2013) concernant la pensée analogique.

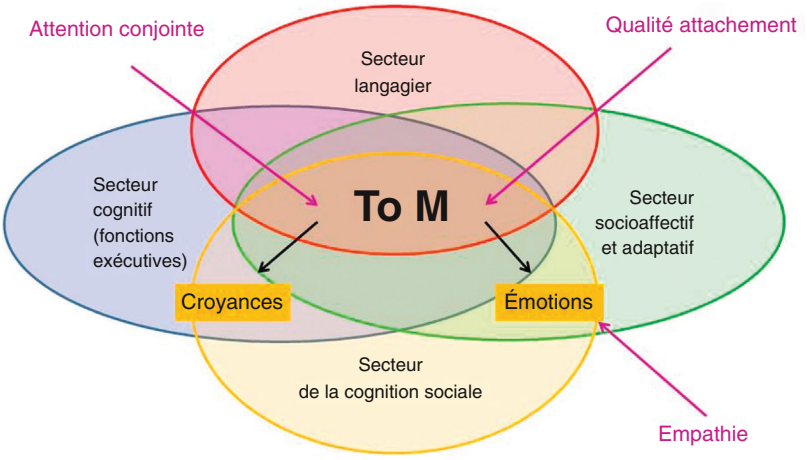


Fig. 1.12. La place de la théorie de l'esprit dans l'économie cognitive.
ToM : ***theory of mind.*** *Source : Nader-Grosbois N. La théorie de l'esprit : entre cognition, émotion et adaptation sociale. Bruxelles : De Boeck ; 2011.*

- l'adaptation sociale, c'est-à-dire la façon dont les enfants atteignent des buts jugés socialement adaptés (en rapport avec leur âge).

La cognition sociale est le germe, le ferment qui est à l'origine de l'ensemble du développement, dans tous les autres secteurs de la cognition. En initiant les échanges, les interactions, les contacts avec l'environnement, en prêtant attention, interprétant, imitant et répondant à ceux qui l'entourent et/ou lui sont adressés, le bébé renseigne et alimente toutes les autres fonctions cognitives.

Théorie de l'esprit[20]

Beaucoup, (Nader-Grosbois, 2011) placent aujourd'hui la notion de *théorie de l'esprit* (désignée par l'acronyme ToM, pour *Theory of Mind*) au centre du concept de cognition sociale. La ToM – capacité à comprendre les intentions, les états mentaux, les croyances, le comportement d'autrui – permet de donner un sens au monde social. Nader-Grosbois propose un modèle intégratif de différentes théories (fig. 1.12, représentation simplifiée).

Selon Adrien et al., 1995, la ToM est la capacité à penser la pensée d'autrui ; pour Baron-Cohen (1999), cela recouvre deux mécanismes : être capable de se représenter les états épistémiques (faire semblant, penser, savoir, croire, imaginer, rêver, deviner, tromper…), puis relier ces concepts en une explication cohérente des rapports entre états mentaux et actions. Pour tous, il s'agit d'un *accès à la subjectivité d'autrui.*

Plusieurs tests évaluent spécifiquement ces aspects. Citons (entre autres) les épreuves de fausses croyances, très connues et réputées réussies dès l'âge de 3–4 ans selon leur présentation (on estime que c'est aux alentours de 7 ans que ces notions, dans leur acception la plus complexe, sont véritablement maîtrisées par l'enfant).

Les fausses croyances

Le célèbre protocole expérimental dit « Sally et Ann » met en scène deux poupées, un panier et une boîte (Baron-Cohen, 1985). Sally, en présence d'Ann, place une bille dans le panier puis elle quitte la pièce. En son absence, Ann transfère la bille dans la boîte. Quand Sally revient, on demande à l'enfant, qui a assisté à ce petit scénario : « où Sally va-t-elle chercher la bille » ?

[20] Cette section est très largement et librement inspirée de Nader-Grosbois, 2011.

La réponse juste (« Sally va chercher la bille dans le panier » : croyance erronée de Sally) suppose en effet que l'enfant puisse s'abstraire de son propre savoir (lui, il sait que la bille est dans la boîte : croyance vraie) et qu'il puisse concevoir qu'on se forge de fausses croyances, en lien non avec la réalité factuelle mais avec ce qu'on en sait ou ce qu'on en perçoit (subjectivité du sujet). Aux alentours de 4 ans, la majorité des enfants typiques réussit cette épreuve.

Métacognition et théorie de l'esprit (Dehaene, 2011)

C'est environ au même âge que les enfants ont accès aux intentions et connaissances d'autrui (théorie de l'esprit) et qu'ils font preuve d'une représentation métacognitive de *leurs propres connaissances*.
On montre à l'enfant une boite de Smarties™ (Gopnik et Astington, 1988) : 1) on demande à l'enfant ce qu'elle contient (« des smarties ») ; 2) on lui montre qu'elle contient en réalité un crayon ; on demande qu'y a-t-il dans la boîte (« un crayon ») ; 3) on demande « Que croyais-tu qu'il y avait dans la boîte ? » ; réponse de l'enfant : soit « des smarties » (métacognition : je sais que j'avais une fausse croyance), soit « un crayon » (échec métacognition : je ne peux pas me détacher de la réalité factuelle).
Les expériences de Kovacs et al. (2010) montrent une interférence entre les connaissances du sujet (métacognition) et les connaissances qu'il a concernant autrui (théorie de l'esprit) : ces interférences (mesurées chez l'adulte *via* le temps de réaction dans diverses circonstances où le sujet sait ou non la même chose qu'autrui, ou chez le bébé de 7 mois *via* les temps de regard préférentiel) montrent que ces deux types de connaissances ne sont pas indépendants. Il existerait un système de représentation *partagée* pour soi ou pour autrui (nos propres connaissances et ce que nous savons de la connaissance d'autrui ; nos propres erreurs et celles d'autrui).

Initialement, on a pensé que la perturbation de cette capacité à se représenter les états mentaux d'autrui constituait le déficit primaire, à l'origine des caractéristiques relationnelles et sociales des jeunes avec TSA. Un certain nombre d'objections (elles aussi contestées) se sont fait jour quant à cette conception, les échecs aux épreuves testant la ToM semblant surtout corrélés avec la déficience intellectuelle (avec ou sans autisme) et les fonctions exécutives (Hughes, 1998 ; Schmitz et al., 2006).

Simultanément, en vue d'un diagnostic précoce (idéalement avant 3 ans), les précurseurs de la ToM ont été privilégiés : l'attention conjointe (qui se manifeste aux alentours d'1 an) ; les capacités d'imitation et d'empathie, la capacité à ressentir ce que l'autre ressent (qui reposent en partie sur les neurones miroirs, chapitre 3) et l'aptitude à « faire semblant ».

Des troubles « non envahissants » de la cognition sociale ?

Mais notre propos ici ne concerne pas ces troubles globaux du développement (sujet éloigné du thème de cet ouvrage et des critères d'exclusion des dys-), il se limite à leurs fréquentes *interrelations* avec les troubles dys-. En effet, cette incapacité à se représenter les contenus mentaux d'autrui caractériserait tout un ensemble de jeunes dont les capacités d'empathie et les compétences relationnelles sont déficitaires, sans qu'il ne s'agisse d'un autisme avéré.

En effet, la co-existence d'une pathologie dys- et de troubles *a minima* de la cognition sociale, que l'on pourrait qualifier de *troubles « non envahissants »* du développement, n'est pas chose rare.

Nous ne souhaitons pas introduire un nouveau concept, simplement tenir compte du fait que nous rencontrons souvent, en pratique clinique, des enfants manifestant des troubles de cette lignée sans qu'il ne s'agisse d'un véritable syndrome autistique. Leurs troubles, plus limités, n'envahissent pas tous les domaines de la cognition. Leurs « caractéristiques relationnelles » déroutent, mais elles restent gérables.

Cliniquement, un continuum semble pouvoir être observé entre :

- des enfants dys- sans aucun problème relationnel, de loin les plus nombreux ;
- ceux qui associent un dys- et des troubles relationnels, d'intensité variable, « non envahissants »,

mais gênants (en particulier en termes d'interactions sociales et d'employabilité) ;
- et, à l'autre extrémité, de jeunes avec TSA au premier plan chez lesquels des troubles dys- authentiques peuvent aussi être repérés.

Selon la nature et l'intensité de telle ou telle lignée de troubles, mais aussi parfois la spécialité des professionnels consultés en première intention, ces jeunes pourront être orientés très différemment. L*e diagnostic de TSA*, habituellement fait par des confrères pédopsychiatres, n'interdit pas d'évoquer *aussi* certains troubles dys- (agnosie des visages ou agnosie visuelle plus large, troubles des fonctions exécutives, dysphasie sémantique-pragmatique…).

De même il faut reconnaître, chez certains enfants avec dys-, des *troubles associés* sous la forme d'une médiocre régulation socio-émotionnelle, d'interactions sociales mal ajustées, d'un défaut de flexibilité, tous troubles, *à divers degrés*, que l'on peut rapporter à des anomalies, des atypies ou un déficit de la cognition sociale.

Si nous considérons la population d'enfants avec dys- adressée en neurologie (neuropsychologie, neuropédiatrie), nous constatons qu'en général, les troubles de la cognition sociale, lorsqu'ils sont présents, sont modérés voire discrets. Ils accompagnent plus souvent certains types de dys- que d'autres (agnosies, troubles de l'attention et des fonctions exécutives), quoique *tous* puissent être concernés. Cependant, lorsqu'ils existent et quelles qu'en soient leur manifestation et leur intensité, les troubles de la cognition sociale alourdissent le pronostic à long terme des dys-, compromettant peu ou prou les capacités d'insertion professionnelle et sociale, et de réalisation des projets de vie personnelle de ces jeunes. C'est pourquoi ces troubles doivent être pris en charge pour eux-mêmes parallèlement aux interventions et actions mises en place pour le trouble dys- (Gaie et al., 2014).

Synthèse

Il faut retenir le caractère absolu ou *relatif* de ces exclusions ; certains des critères d'exclusion peuvent en effet être présents lors d'un diagnostic de dys-, mais alors ils ne doivent pas pouvoir rendre compte, *à eux seuls*, de l'ensemble (ou de l'intensité) de la pathologie dans le secteur considéré. Qu'il s'agisse d'un environnement défavorable, d'une déficience intellectuelle légère ou de troubles de la cognition sociale, cela doit être *explicitement pris en compte* lors de l'établissement du projet pédagogique et thérapeutique.

Le second versant du diagnostic (le diagnostic positif) n'a de sens que si cette première étape, de diagnostic différentiel et d'élimination (absolue ou relative) des diagnostics concurrents, a été conduite avec rigueur.

Diagnostic de dys- : critères d'inclusion

Les critères d'inclusion dans le diagnostic de dys- sont au nombre de trois. Deux sont obligés ; il s'agit du caractère *durable* du trouble et de son *intensité* mesurée par un test étalonné pertinent. Le troisième critère (le plus significatif) concerne la mise en évidence de *dissociations caractéristiques* et/ou de signes pathognomoniques, mais ils ne sont malheureusement pas toujours présents.

Caractère durable du trouble

Ce critère est important pour différencier les dys- d'un retard plus ou moins conjoncturel, susceptible d'être totalement ou partiellement rattrapé (*cf.* « difficulté » ou « retard simple »).

Ce critère signifie également qu'un dys- est un trouble *stable et définitif* (même si le handicap qu'il engendre est susceptible, lui, d'une importante amélioration).

Durable, signifie que :
- le trouble (donc le déficit qui lui a donné naissance) a toujours existé, il était inscrit d'emblée, provoquant une trajectoire développementale

particulière. Ceci n'est pas contradictoire avec la découverte éventuellement tardive du problème (les symptômes). Le trouble peut en effet se révéler au moment où le dysfonctionnement spécifique est sollicité par certains apprentissages qui le mettent à jour. Présent d'emblée, il ne se dévoile qu'au décours du développement (d'où le terme de dys- *développemental*, souvent employé) et au fil de l'évolution des exigences (sociales, scolaires) ;

- cliniquement, le trouble est manifeste depuis *au moins* 6 mois. En pratique, ces délais ne posent aucun problème et sont même souvent largement dépassés, d'une part en raison des importants délais de consultation, d'autre part parce que les essais de renforcement pédagogique ont souvent, avec pertinence, été proposés en première intention (écartant ainsi une *difficulté*)…

La précocité du diagnostic

En effet, *hormis le cas où des signes spécifiques sont mis en évidence* (*cf. infra*) il est très souhaitable de proposer en première intention des actions de soutien, de renforcement, de tutorat et/ou de révisions dans le domaine considéré et d'en évaluer l'impact (exclusion des « difficultés »). Ces stratégies sont malheureusement souvent mal perçues par les familles car ressenties comme « une perte de temps » et assimilées à une « perte de chances ». Or, contrairement à ce qui est souvent véhiculé, il n'y a jamais « urgence » à faire ces diagnostics. Faire un diagnostic *précoce* signifie :

- bien connaître les signes d'appel de ces pathologies ;
- et entamer les procédures diagnostiques à bon escient, selon un protocole fiable, le plus tôt possible ce qui ne veut pas dire travailler dans la précipitation.

Toute erreur diagnostique entraîne en effet des conséquences délétères graves à moyen et long termes car elle oriente durablement l'enfant dans de nouvelles impasses.

Caractère intense du trouble

Le symptôme doit d'abord être objectivé, authentifié. La plainte pourrait en effet être le reflet d'exigences mal calibrées (de la part des parents, de l'enseignant…). Un test de première intention doit donc évaluer la performance de l'enfant dans le domaine de la plainte ou du symptôme initial : niveau de graphisme si la plainte concerne une dysgraphie, niveau de lecture si c'est le problème allégué, évaluation des capacités en numération et calcul, en langage oral, etc. selon les cas.

C'est la constatation de capacités hors norme par rapport à l'âge et au niveau scolaire (*en deçà* de – 1,5 ou – 2 DS de la norme) qui justifiera une évaluation psychométrique (échelles de Wechsler), épisode initial de la démarche neuropsychologique.

À ce stade, on est « sur la piste » d'un dys- : on a écarté les diagnostics concurrents et l'on a confirmé les critères de persistance et de gravité du trouble.

On est donc déjà en situation de parler, de décrire, d'*évaluer le handicap scolaire* (et social), et ce alors même que la démarche diagnostique n'est pas encore terminée et suit son cours.

Ceci est important, en particulier pour comprendre la possible dys-synchronie entre la reconnaissance effective d'une situation de handicap par la MDPH et la caractérisation précise du diagnostic, qui interviendra ultérieurement.

Cependant seul l'établissement d'un diagnostic précis permettra de spécifier les actions thérapeutiques ciblées (rééducations, réadaptation, aménagements pédagogiques, contournements…) en fonction du pronostic à moyen et long termes, et donc de concevoir un projet thérapeutique réellement adapté.

Signes positifs

Lorsqu'ils sont présents, ces signes *attestent* du diagnostic de dys- : leur recherche est donc une

étape capitale de la démarche diagnostique. Ces signes sont de deux ordres : les dissociations caractéristiques et les symptômes pathognomoniques.

À la recherche des dissociations

Dissociations internes à un domaine cognitif

Il s'agit de dissociations *au sein même d'un domaine* cognitif précis, certains sous-systèmes étant déficitaires et d'autres étant préservés (de façon absolue ou relative) au sein d'une même fonction cognitive. Ces dissociations ne peuvent s'expliquer, n'ont de sens *qu'en* référence à l'architecture interne propre à chaque fonction cognitive.

Quelques exemples de dissociation intradomaine spécifique

- *Au sein des fonctions langagières* (chapitre 2), on distingue facilement en clinique trois grands sous-secteurs : phonologie, lexique, syntaxe. Un déficit marqué dans un ou deux de ces sous-secteurs avec respect d'un ou deux autres sous-secteurs *signe* une dysphasie. Un retard de langage, ou un faible talent ou encore une difficulté liée au milieu sociofamilial, ou au bilinguisme, ou psychodynamique, ou… écrêterait de façon grossièrement homogène *tous* les sous-secteurs langagiers.
- *Au sein des fonctions gnosiques* (chapitre 3), on distingue facilement en clinique le traitement des images *versus* celui des objets, celui des animaux et êtres vivants *versus* celui des objets manufacturés, celui des images *versus* les signes conventionnels (les lettres), les traitements visuels de bas niveau *versus* ceux de haut niveau, etc. Ainsi l'incapacité de reconnaître les animaux contrastant avec la reconnaissance préservée des objets manufacturés signe une dysgnosie visuelle, etc. De même sur le plan auditif, la préservation de la reconnaissance des bruits coexistant avec une incapacité à décoder (reconnaître) les sons du langage oral (ou inversement), etc. Seul un dysfonctionnement *neurologique* peut rendre compte d'une atteinte ainsi focalisée, correspondant à un sous-système cognitif.
- *Ou encore* en calcul (chapitre 7) : échec aux épreuves de calcul posé et réussite en calcul mental et estimations, ou inversement.
- *Ou* en lecture (chapitre 6) : échec en lecture de logatomes et réussite en lecture de mots irréguliers, ou inversement.
- *Ou* en attention (chapitre 5) : échec en attention auditive et réussite en attention visuelle, ou inversement.

La recherche de ces dissociations suppose non seulement la connaissance fine de cette architecture interne propre à chaque système cognitif, mais aussi l'utilisation adaptée des tests. C'est en effet au clinicien de s'assurer qu'il dispose bien *d'épreuves qui testent chaque sous-système* identifié au sein de chaque fonction cognitive.

Disposer d'un « âge langagier » ou d'un « niveau en calcul » (obtenus en amalgamant les résultats à différentes épreuves) ne permet pas de mettre à jour ces dissociations : ces informations *globales* (l'âge langagier, le niveau de lecture ou en calcul, etc.) sont importantes pour *repérer* la pathologie (critère de gravité) mais non pour *identifier* le dys- en cause.

Il faudra donc, au sein des tests proposés (de langage oral, de lecture, de calcul, d'organisation visuo-practo-spatiale, de mémoire, d'attention, etc.), *systématiquement* considérer chaque épreuve pour elle-même et regrouper/confronter les épreuves selon la logique neuropsychologique, de façon à *faire émerger* ces dissociations particulièrement éclairantes puisque leur présence *affirme à coup sûr* le diagnostic de dys-.

C'est pourquoi, nous nous attacherons à décrire au fil des chapitres l'architecture interne de chaque fonction cognitive, les dissociations caractéristiques et les stratégies cliniques permettant de les mettre en évidence.

À l'inverse, l'absence de dissociation interne dans tel ou tel domaine de la cognition n'exclut pas un diagnostic de dys- : les troubles peuvent atteindre *tous* les sous-systèmes d'un domaine cognitif. Dans ces cas, c'est l'intensité du trouble et/ou ses caractéristiques qualitatives qui permettront le diagnostic.

Des performances contrastées à une même tâche en fonction de sa présentation

Certaines dissociations ne sont pas quantifiables, elles ne concernent pas des scores ou des notes à des épreuves étalonnées. Elles résultent d'une stratégie *qualitative* particulière au bilan neuropsychologique, stratégie qui cherche à isoler (autant que possible) *une* des composantes cognitives de la tâche.

Idéalement, le principe est le suivant : une *tâche A*, étalonnée, est ratée par l'enfant. Dans un second temps (après étalonnage de la tâche A dans les strictes conditions prévues par le protocole), le neuropsychologue propose (hors étalonnage) *une tâche B,* construite *ad hoc* (idéalement) de telle sorte qu'elle sollicite les mêmes fonctions cognitives (entrées/consigne ; nature cognitive de la tâche ; sortie/réponse) *sauf une*. Trois possibilités :

- la performance de l'enfant reste inchangée, la fonction qui a été modifiée n'est probablement pas en cause ;
- l'enfant réussit (normalement ou significativement mieux). On repère alors avec beaucoup de fiabilité *la* fonction cognitive déficitaire, entièrement ou principalement responsable de l'échec à la tâche A ;
- des aides ciblées modifient la performance de l'enfant. Là encore, la *nature* de l'aide efficace éclaire grandement le clinicien sur le ou les systèmes dysfonctionnant.

Exemple

▪ Tâche A, échec à l'épreuve de reproduction de rythmes de Mira Stamback (l'enfant doit reproduire des séries de plus en plus longues de configurations auditives faites de coups longs et brefs). Cette épreuve sollicite : (entrées) attention auditive ; (nature de la tâche) perception des configurations rythmiques, mémoire de travail auditive ; (sortie) réalisation motrice. Échec de l'enfant (tableau 1.2). Hypothèse ou questionnement du clinicien : déficit de la MT ? → Tâche B : idem *mais* sans solliciter la mémoire de travail. L'enfant dispose d'une représentation visuelle des séquences auditives, sous forme de point et traits symbolisant les coups courts et longs (▬●●▬●●). La réussite de l'enfant à cette tâche B (non étalonnée) atteste alors du déficit de mémoire de travail en modalité auditive. Cette hypothèse forte sera bien sûr ensuite confrontée aux différents symptômes constatés (puis complétée, précisée…).

▪ Échec à une tâche de dénomination d'image (tâche A) ; (entrées) attention visuelle, gnosies visuelles ; (nature la tâche) langagière : accès lexical ; (sorties), parole, praxies buccophonatoires. Si le remplacement de l'entrée visuelle par une entrée verbale (définition/description de l'objet ou de l'animal, devinette orale = tâche B) induit une réussite, cela assure de la connaissance sémantique et lexicale du stimulus, et oriente fortement vers une agnosie visuelle des images. Si au contraire l'ébauche orale ou la mise en contexte (=tâche B) permet la dénomination, c'est l'hypothèse d'un manque du mot qui sera à explorer, etc.

Exemple

Proposition de réalisation de la même tâche avec aide verbale, ou visuelle, ou repères de couleurs, ou réalisation étape par étape, ou en scindant la consigne, ou au-delà des temps prévus si l'épreuve est chronométrée, ou…

▪ Ainsi, une même note aux « Cubes » n'a pas la même signification selon que l'enfant, hors délais, peut produire la bonne configuration, ou s'il peut la réussir avec une verbalisation, ou si aucune stratégie ne lui permet de la réaliser, etc.

▪ Pour une note donnée à « Code », on peut en affiner la compréhension en cherchant à savoir ce qui modifie la performance : soulager l'enfant de la tâche graphique, autoriser un guidage visuel ligne par ligne ou un autocontrôle verbal, etc. ?

Une éventuelle réussite (au contraire, l'absence de modification nette de la performance) dans telle ou telle condition bien pensée (fonction de la connaissance des systèmes et sous-systèmes cognitifs sollicités par chaque tâche) est un élément précieux pour identifier les obstacles à la réussite et donc pour comprendre le fonctionnement/dysfonctionnement de l'enfant. Ce qui constitue l'objectif du bilan neuropsychologique.

En effet, si le score à une épreuve étalonnée est indispensable, il ne signale que l'écart à la norme. Il ne dit en rien le « pourquoi » de cet écart, quel que soit le nom de l'épreuve.

Une épreuve dite « de mémoire de travail » peut être échouée pour d'autres raisons que la mémoire de travail, même s'il est bien évident que cette épreuve a été conçue parce qu'elle sollicite beaucoup la mémoire de travail (aucune épreuve ne peut être « pure », toute activité mentale sollicite la coordination de plusieurs systèmes cognitifs). Une épreuve d'attention peut être ratée pour d'autres raisons que « l'attention », même s'il est évident que cette épreuve a été conçue parce qu'elle sollicite beaucoup l'attention (mais jamais isolément), etc.

Toute tâche cognitive met obligatoirement en jeu simultanément tout un éventail de fonctions cognitives : aucune épreuve ne teste de façon isolée (exclusive) ce pour quoi elle a été conçue.

Le nom d'une épreuve peut être trompeur

Nous suggérons d'analyser *systématiquement* chaque épreuve, chaque tâche (de tests, d'apprentissage, de rééducation) selon le schéma suivant. (tableaux 1.2 et 1.3)

- « Entrées » sollicitées (en fonction du matériel à traiter et de la nature de la consigne).
- Nature des tâches cognitives requises.
- « Sorties » réclamées par la tâche.

Tableau 1.2. Exemple de l'épreuve de reproduction de rythmes de Mira Stamback.

Entrées	Nature de la tâche Compétences cognitives sollicitées	Sorties
– Auditive et non verbale	– Perception configurations rythmiques – Attention et MT auditive – Fonctions exécutives (contrôle de l'impulsivité et des persévérations)	– Motrice : contrôle moteur

Tableau 1.3. Autre exemple : épreuve de barrage.

Entrées	Nature de la tâche Compétences cognitives sollicitées	Sorties
– Balayage du regard : organisation régulière et précise du matériel (+champ visuel normal) *NB.* Épreuve chronométrée → influence de la rapidité et efficacité d'exploration du regard	– *Fonctions attentionnelles* et exécutives (contrôle de l'impulsivité, inhibition des distracteurs et des persévérations) – Gnosies visuelles (identification du stimulus)	– Graphique (practomotrice) *NB.* Épreuve chronométrée → influence de la rapidité de la réponse graphique

Nous avons mis *en italiques* la fonction-titre de l'épreuve.

Cette analyse est fondamentale non seulement pour interpréter un échec (chacun des éléments intervenant dans la tâche peut en être responsable) mais aussi pour construire une « tâche B » permettant de « tester » qualitativement (hors étalonnage) chaque élément de la tâche.

Ces dissociations, ou la réussite (absolue ou relative) dans des conditions particulières de réalisation de l'épreuve sont donc des éléments fondamentaux du diagnostic ; ils permettent le repérage des systèmes ou sous-systèmes dysfonctionnants. Ce sont eux qui donnent accès au diagnostic de dys-, ce sont eux qui règlent le choix des préconisations de remédiation ou de palliatifs : ils doivent donc être précisément décrits dans les comptes rendus.

L'analyse qualitative, complément indispensable à la note ou au score

Au subtest Vocabulaire de la WISC, Alan, jeune garçon de 11 ans, présentant un TDA/H intense, produit une réponse précipitée, souvent avant la fin de l'énoncé. Il échoue complètement à l'épreuve en raison de son impulsivité (NS = 1).

L'examinateur, ayant noté la vivacité intellectuelle d'Alan le reprend, l'invite à réfléchir… Alan produit alors, après une première réponse de type *n'importe quoi* (chapitre 5), une seconde réponse *systématiquement* pertinente. Il n'est pas question de modifier la cotation mais indiquer cet aspect qualitatif est fondamental dans la démarche neuropsychologique.

Une même note : des significations différentes

Pour une même note à l'épreuve du Code, la *signification* de la note est très différente selon qu'elle résulte d'une grande lenteur (l'enfant a fait très peu de signes, mais ils sont exacts) ou s'il a rempli toute la page de signes « au hasard » (ce qui évoque un trouble de l'attention et/ou des fonctions exécutives). *Pour une même note* à une épreuve de Vocabulaire (dénomination d'images), la signification du score (*son interprétation*) est très différente selon que l'enfant déclare « je ne sais pas » ou qu'il en donne une définition par l'usage, ou qu'il produit un mot proche phonologiquement, ou proche sémantiquement, ou … *Pour une même note* à une épreuve de Matrices, la *signification* de cette note est différente si l'enfant choisit systématiquement la réponse n° 6 (persévération ?), ou s'il fait des erreurs liées à l'orientation spatiale des éléments, etc.

Signes caractéristiques

Enfin, certains dys- se manifestent par des signes spécifiques, caractéristiques, que l'on ne rencontre pas dans le répertoire habituel du développement des enfants tout-venant, véritable *signature* d'un diagnostic particulier, précis. La recherche *systématique* de ces signes dits pathognomoniques [21] est fondamentale puisque, lorsqu'ils peuvent être mis en évidence, ils permettent un diagnostic fiable et immédiat.

Il en est ainsi de certaines formulations caractéristiques au décours des dysphasies (chapitre 2) ; de la présence des persévérations au décours des syndromes dys-exécutifs (chapitre 5) ; de l'effet de primauté/récence lors des troubles mnésiques (chapitre 4) ; de l'échec aux épreuves d'estimation et de ligne analogique en cas de trouble du sens du nombre, etc. Ils seront bien sûr, dans chaque domaine cognitif, au centre de la démarche diagnostique.

L'analyse des erreurs est fondamentale dans la démarche neuropsychologique : elle donne accès aux *modes de traitement que l'enfant peut ou non utiliser*. Elle est certes le reflet des déficits mais aussi des compensations spontanées ou des contournements plus ou moins efficaces.

Bilan en vue du diagnostic de dys-

Ainsi, les tests et épreuves constituent-ils les *outils* du clinicien. Il ne s'agit pas d'administrer des batteries de tests, aussi bien conçues soient-elles, mais bien de choisir, confronter et interpréter les épreuves au fil des hypothèses que font évoquer les réussites/échecs de l'enfant. Ainsi naît un arbre logique (fig. 1.13), propre à chaque rencontre, à chaque enfant, à chaque diagnostic.

Cherchant à comprendre l'éventail de compétences/incompétences dont dispose cet enfant-là, le bilan neuropsychologique doit donc être *construit*, à partir des plaintes et symptômes, pour répondre aux questions qui se posent au fil des hypothèses. Ces interrogations naissent de tel ou tel échec, telle ou telle réussite, en interprétant les *conditions* (aspect qualitatif) qui déterminent ces échecs et ces réussites.

Ce bilan est *donc* nécessairement complexe et long ; il implique l'intervention de nombreux acteurs (fig. 1.13), qui devront coopérer et se

[21] Ainsi le signe de *Koplick*, petit amas blanchâtre de localisation très précise au niveau de la gencive supérieure d'un enfant *pas très en forme*, est caractéristique, *pathognomonique*, d'une seule maladie : la rougeole. Survenant 24 heures avant l'éruption il permet un diagnostic positif *avant même* que les autres signes cliniques de la maladie infectieuse n'apparaissent !

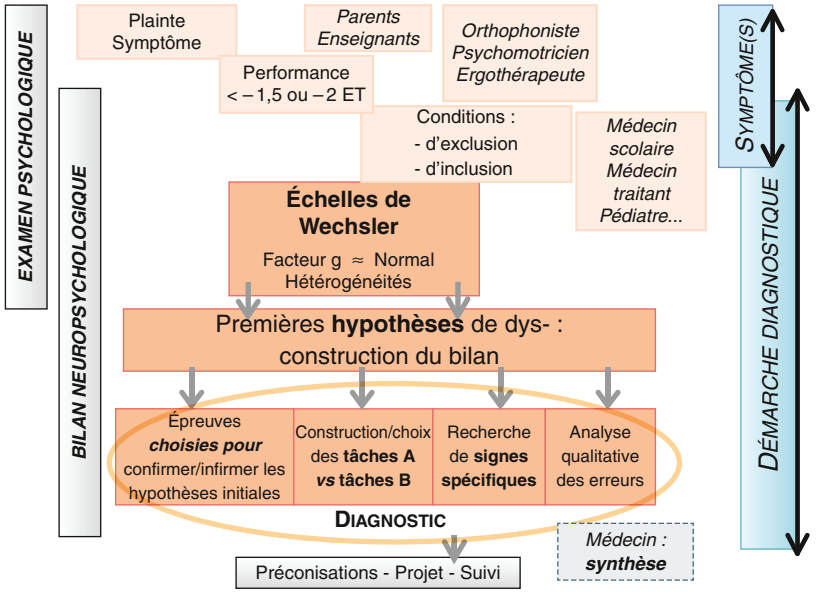


Fig. 1.13. L'architecture du bilan en vue du diagnostic d'un dys-.

coordonner. Cette multiplicité des intervenants et des évaluations implique, en fin de parcours, une *synthèse* réalisée par le médecin, d'où émergera le diagnostic et, dans le même temps, les préconisations (*cf.* fig. 8.2).

Toute démarche tronquée induit un important risque d'erreur, soit « en plus » (diagnostic de dys- sans fondement), soit « en moins » (diagnostic de dys- réfuté à tort), soit « à côté » (ex. : diagnostic de dyspraxie chez un jeune en fait dys-exécutif). Dans tous les cas on entraînera durablement l'enfant dans une impasse.

Critères du DSM

Le DSM-5 (APA, 2013), comme la CIM 10, est un système de classification des maladies *mentales et psychiques*, visant à établir des catégories diagnostiques. Ces catégories décrivent des prototypes, et tout sujet possédant un corpus de *symptômes* proche du prototype est déclaré porteur de ce trouble. Se voulant purement descriptif (listes de symptômes ; nombre, durée et fréquence des symptômes permettant le diagnostic) et « a-théorique » (?), le DSM *ne peut constituer à lui seul une stratégie diagnostique valable pour les dys-*.

> Les troubles ne peuvent se comprendre et être diagnostiqués qu'en référence « théorique » au fonctionnement cérébral, à son organisation et à son développement…

Le DSM ne peut en aucun cas remplir la principale fonction de la démarche diagnostique, à savoir appréhender le mode de fonctionnement de l'enfant, évaluer les outils cognitifs dont il dispose (ou non) pour apprendre et grandir, penser les stratégies particulières qui pourront l'aider à apprendre et grandir en dépit de son dys-.

Quoi qu'il en soit, les critères du DSM pour les diagnostics de dys- recouvrent *en partie* les critères d'exclusion/inclusion déjà décrits : le trouble dure depuis plus de 6 mois, il ne ressort pas d'une déficience mentale, d'un TSA ni de troubles neurosensoriels (ou du moins,

si ces troubles existent, ils ne peuvent à eux seuls rendre compte des anomalies observées). Par ailleurs, le DSM précise que le trouble doit avoir des *répercussions graves* dans la vie personnelle ou la scolarité, induire une gêne notable (c'est-à-dire constituer un *handicap*). Les propositions du DSM peuvent donc, éventuellement, être utilisées en vue d'une confirmation de la démarche diagnostique classique (*seule* garantie d'un diagnostic sensé), ou encore pour un codage administratif des troubles.

Dans le DSM, la difficulté n'est pas clairement distinguée du trouble. Aucune référence n'est jamais faite à des examens, des bilans, des tests spécifiques ou une stratégie particulière qui permettraient d'établir le diagnostic. Ce dernier est réduit à la constatation de la présence ou de l'absence d'une série de symptômes, sans aucune référence à leur signification dans l'économie du sujet. Or de nombreux symptômes, isolément assez banals, peuvent ressortir de diagnostics très différents…

Diversité des dys-

Une dernière question d'importance se pose quant au concept de dys-, c'est le problème de la terminologie.

Bien que tous les dys- référent à *une anomalie spécifique d'un secteur électif de la cognition* (d'où la communauté d'appellation), le vocable de dys- recouvre cependant *des significations différentes* dont il faut prendre clairement conscience pour éviter amalgames et quiproquos.

Ainsi le terme de dys- désigne quelquefois un *diagnostic,* alors que dans d'autres cas il n'est descriptif que de *symptômes*.

Par ailleurs, la notion de spécificité est étroitement liée au concept de dys- ; aussi les termes association de dys-, comorbidité, co-occurrence de dys- (ou encore le bien mal nommé « multi-dys- ») semblent contredire l'idée même de « spécificité » et s'opposer au diagnostic de dys-. Des associations de dys- se rencontrent pourtant en pratique clinique. Car *spécifique* n'implique pas *isolé*.

Des quiproquos naissent ainsi, certains liés à une erreur d'appréhension de la nature même de ces pathologies, d'autres secondaires à une terminologie opaque (fig. 1.14), conséquence de considérations historiques dans la mise à jour et la reconnaissance de ces troubles.

Une terminologie opaque

Les dys-symptômes (par ex. : *dys*-lexie) et les dys-diagnostics (par ex. : *dys*-exécutif) portent le même préfixe et sont donc indistinctement des « dys- » ; au contraire, certains dys- authentiques ne portent pas le préfixe dys, par ex. : TAC (troubles de l'acquisition de la coordination) ou TDA/H (troubles déficitaires de l'attention, avec ou sans hyperactivité) ou encore le « déficit de mémoire de travail ».

Les confusions induites par cette situation de fait doivent absolument être levées : elles sont à l'origine d'incompréhensions graves non seulement entre professionnels et patients, professionnels et pédagogues, mais encore entre professionnels eux-mêmes… La clarification dans ce domaine est donc un préalable indispensable à tout diagnostic et à toute étude. Elle est rendue très difficile par des termes en dys-, mal utilisés, mal compris, *mais consacrés par l'usage*.

Dys-symptômes *versus* dys-diagnostics (Vidéo 05)

Lorsqu'un dys- est défini *uniquement* comme une association de symptômes (ce qui peut être une dérive du DSM), ou encore comme résultant uniquement d'un écart à la norme[22], cela recouvre en fait deux situations cliniques bien distinctes :

- *dans certains cas*, le terme de dys- caractérise bien le *symptôme* dont l'enfant est porteur et dont il faudra, en amont, rechercher la cause, les mécanismes sous-jacents, primaires, responsables de ce symptôme. Ce symptôme doit alors être le *point de départ* d'une démarche diagnostique ; (ex. : dysgraphie liée à une dyspraxie, un syndrome dysexécutif…) ;
- *dans d'autres cas*, il s'agit bien d'un *diagnostic*, qui désigne l'anomalie cognitive, la défaillance primaire identifiée comme mécanisme causal, rendant compte de l'ensemble de la symptomatologie (ex. : dyspraxie visuospatiale responsable des symptômes : dysgraphie dyspraxique, dyscalculie spatiale, dyslexie visuelle avec dysorthographie lexicale…).

Dys-symptômes

Lorsque l'enfant consulte parce qu'il lit mal (compte tenu de son niveau intellectuel, scolaire et de conditions socio-éducatives sans particularité[23]), et que l'on *constate* que son niveau de lecture à un test étalonné lui octroie un score en deçà de – 2 DS de la norme (ou comparable à celui d'un enfant ayant deux années scolaires de décalage inférieur avec lui lors d'évaluations scolaires), on dit que l'enfant est « dyslexique ». De même s'il consulte pour troubles de l'écriture, et qu'ayant fait des tests graphiques appropriés on constate que son niveau graphique le situe à – 2 DS de la norme : l'enfant est « dysgraphique ». Il peut aussi, selon cette même logique être « dyscalculique » si les tests concernant le nombre et le calcul le situent à cette même distance de la norme, etc.

Or, il y a *moult raisons* de ne pas lire avec l'aisance (la vitesse, la précision, la compréhension…) requise pour son âge et son niveau scolaire : en raison d'un déficit en mémoire de travail, ou d'attention visuelle, ou d'une anomalie dans les traitements phonologiques, ou encore d'une agnosie des signes conventionnels, etc.

Il y a *moult raisons* de ne pas écrire avec l'aisance (la vitesse, la qualité, la lisibilité, l'automatisation…) correspondant à son âge et son niveau scolaire : un trouble moteur fin, une dyspraxie, un trouble visuel, un déficit des fonctions exécutives, etc.

Ces termes (dyslexie, dysorthographie, dysgraphie, dyscalculie) ne sont ici que des constatations, des *symptômes*. Les tests attestent en effet que la gêne, la plainte alléguée est bien du domaine de la pathologie, en objectivant l'intensité pathologique (*via* la mesure de l'écart à la norme).

Cette étape, indispensable, n'est que la première, celle qui *objective le symptôme* et légitime d'entrer dans la suivante, la démarche diagnostique (*cf.* fig. 1.13.). En rester au stade premier, confondre symptôme et diagnostic serait une erreur aux conséquences graves.

Une démarche tronquée, qui en reste au niveau du symptôme et néglige les mécanismes sous-jacents (le diagnostic), induit en effet une prise en charge de surface, identique pour tous ceux qui présentent le même panel de symptômes (mais ne partagent pas forcément, la même cause en amont, le même diagnostic), avec un risque important de proposer une intervention vaine, inefficace voire nuisible (fig. 1.14.).

[22] Et donc en dehors de toute démarche diagnostique *qualitative* et mettant en évidence le ou les systèmes ou sous-systèmes dysfonctionnant, telle que proposée plus haut.

[23] Nous ne répéterons plus ci-après ces conditions, qui seront considérées comme systématiquement vérifiées.

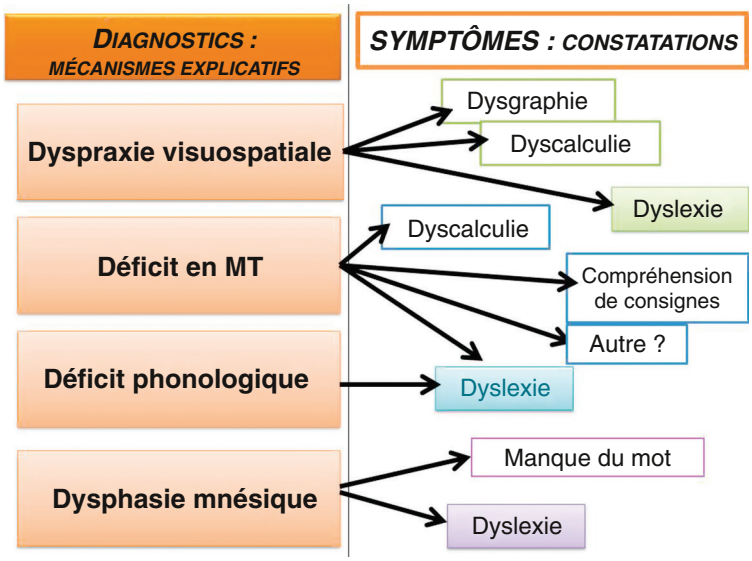


Fig. 1.14. Dys-diagnostic et dys-symptôme.
Exemple : dyslexie. Pour être traités convenablement, les symptômes doivent être rapportés à un diagnostic précis.

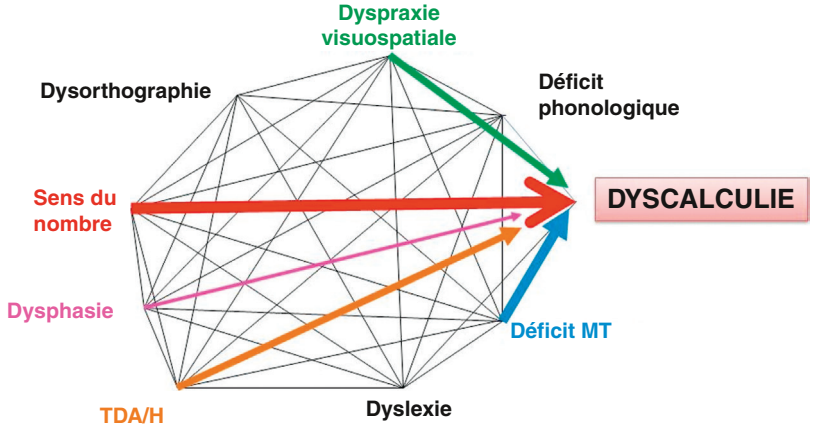


Fig. 1.15. Essai de modélisation des liens (non exhaustif !) entre dys- (ici, exemple de la dyscalculie).

Ces distinctions sont très importantes puisque, pour reprendre l'exemple de la figure 1.14, une dyslexie-symptôme (ici, en bleu) prendra des allures cliniques différentes selon le diagnostic qui, en amont, en est la source : dyslexie visuelle ou visuo-attentionnelle, dyslexie phonologique, dyslexie mixte. Les propositions thérapeutiques et les préconisations en milieu scolaire ne sauraient être les mêmes.

De même une dyscalculie (fig. 1.15) – définie *uniquement* par des résultats significativement faibles à un test de calcul – peut ressortir de nombreux mécanismes cognitifs en amont : les signes cliniques en seront différents et surtout, les actions de rééducation/remédiation/réadaptation à entreprendre seront différentes.

Ceci souligne encore l'importance capitale, au-delà des scores obtenus par l'enfant, d'une analyse épreuve par épreuve toujours complétée par une analyse *qualitative* des erreurs.

Dys-diagnostics

Certains dys- au contraire sont d'*emblée* des diagnostics, car ils disent (après que la phase de diagnostic d'élimination des critères d'exclusion a été conduite avec succès) le *dys*fonctionnement d'une « boîte à outils » initiale, d'un processus cognitif « de base ».

C'est le cas des dysphasies, des dyspraxies, des troubles de l'attention et des fonctions exécutives, des dysgnosies, des déficits mnésiques.

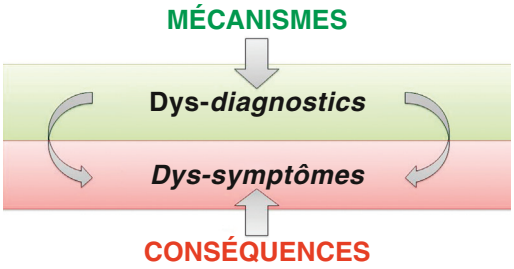


Fig. 1.16. Les dys- : causes et conséquences.

Diagnostic et étiologie

Un diagnostic de dys- n'implique pas que la cause « première » du trouble soit élucidée. Dans la plupart des dys- développementaux, la cause (l'étiologie) de l'anomalie neurodéveloppementale est inconnue (même si des facteurs génétiques sont souvent suspectés). Il est à noter que cette situation est habituelle en médecine : faire un diagnostic de diabète ou de cancer n'implique pas (malheureusement) que l'on connaisse la cause *première* des diabètes ni des cancers…

Repérer les symptômes, poser un diagnostic *et* accéder à l'étiologie sont des démarches différentes.

Ainsi, pour reprendre les exemples précédents, si « dyslexie » signifie simplement que l'enfant a un « retard » de lecture d'au moins 2 années scolaires (symptôme), dyslexie *phonologique* ou dyslexie *visuo-attentionnelle* (par exemple) sont des diagnostics. Ils disent que le trouble d'amont (phonologique ou visuo-attentionnel) a été identifié.

De même, si dysgraphie signifie simplement que l'écriture manuelle de l'enfant est à – 2 ET de ce qui est attendu (symptôme, critère de gravité), dysgraphie *dyspraxique* ou dysgraphie *dys-exécutive* (par exemple) constituent des diagnostics.

Il s'agit de bien différencier ce qui revient au dysfonctionnement de telle fonction cognitive ou de certains de ses sous-systèmes – on est alors au niveau des mécanismes, des processus cognitifs défaillants, *donc* du diagnostic – et ce qui est du domaine de leurs *conséquences*, à savoir les symptômes scolaires par lesquels ces troubles d'amont se manifestent (fig. 1.16).

Ceci ramène à la distinction entre troubles cognitifs spécifiques et troubles spécifiques des apprentissages. Les premiers constituent la déficience et caractérisent le sujet, ses aptitudes, l'éventail particulier de compétences/incompétences dont il dispose. Les seconds (troubles spécifiques des apprentissages) en sont les conséquences, liées aux exigences de l'environnement (en particulier scolaire, mais pas uniquement), et constituent le handicap. L'ensemble réalise une cascade (fig. 1.17), qui évoque l'effet domino (Guilloux, 2009).

Troubles spécifiques *versus* isolés, comorbidités et « multidys- » (vidéo 05)

Il règne toujours une grande confusion dans la description des troubles multiples que présentent les enfants : sont-ce des symptômes multiples, ou bien des diagnostics multiples ? Certains enfants peuvent être déclarés : dyspraxiques *et* dysgraphiques *et* dyscalculiques *et* dys-attentionnels… ? Certains parents rapportent : « on m'a dit que mon enfant souffre d'un multidys- » (!). Quel est le statut de ces différents dys- (*cf.* fig. 1.18 et 1.19) ?

- Certains refusent de parler de dys- si deux dys- sont associés, car il leur semble alors que puisqu'ils sont multiples, les troubles ne sont pas *spécifiques* ; par exemple, Vannetezel et al. (2009) ne parlent de « dyscalculie » que si cette dernière est isolée et refusent le diagnostic si une dyslexie est associée (ce qui est pourtant très fréquent [chapitre 7]) ; il est clair qu'il y a là, de façon non explicite, confusion entre dys-symptômes et dys-diagnostics.

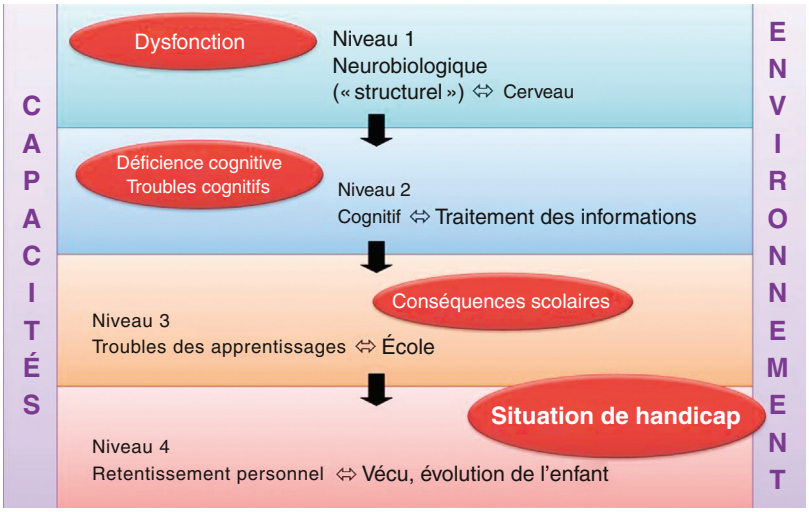


Fig. 1.17. **De la dysfonction au handicap.**

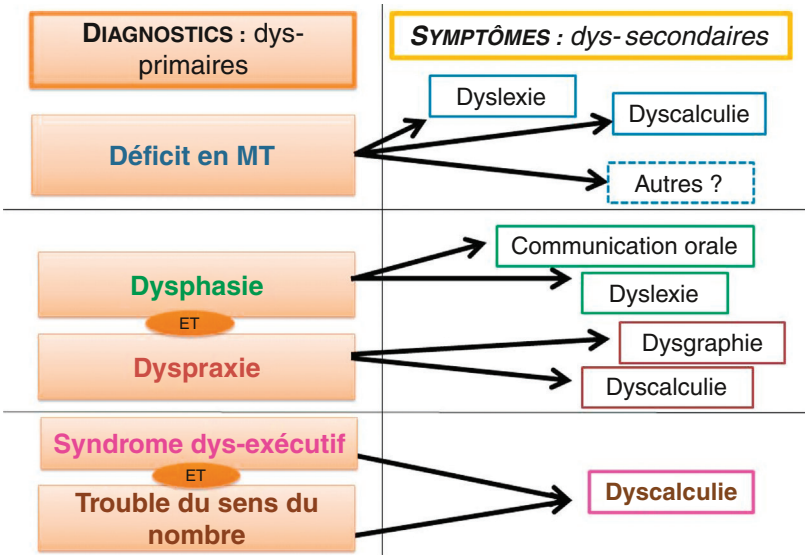


Fig. 1.18. **Exemples de comorbidités *versus* symptômes multiples d'un diagnostic unique.**

- D'autres, les plus nombreux, envisagent la possibilité d'association de deux ou plusieurs dys- (dyslexie et TAC, TAC et troubles de l'attention, etc.), sans forcément préciser le statut de chaque trouble. Ces troubles sont-ils liés ou indépendants ? Sont-ce des associations de symptômes ou la coexistence de plusieurs diagnostics ?

Fondamentalement, on doit distinguer les dys- « primaires », qui constituent des diagnostics, des dys-symptômes, secondaires, qui sont la stricte et prévisible conséquence des premiers.

Il est clair qu'un diagnostic unique peut entraîner une cascade de symptômes (fig. 1.18). Une dyspraxie visuospatiale peut induire une dysgraphie,

une dyscalculie (spatiale) et une dyslexie (visuelle), etc. Ces symptômes, qui tous concernent les apprentissages, sont bien la conséquence (habituelle, logique, connue et prévisible) d'un trouble cognitif spécifique, la dyspraxie. Un trouble cognitif *spécifique* peut générer des symptômes dys- *multiples* et un échec scolaire global.

Les associations de troubles sont fréquentes dans le domaine des dys-. Elles concerneraient environ la moitié de ces jeunes. Il est cependant très probable que cette estimation soit surestimée du fait de la fréquente confusion entre troubles primaires et symptômes.

On ne peut parler de comorbidité que lorsque coexistent *deux dys-diagnostics indépendants* : les symptômes ne peuvent pas être expliqués par un seul trouble en amont. Faute de quoi, la «liste» des dys- dont risque d'être affublé l'enfant n'a aucun sens.

Il est fondamental de bien démêler ces différentes situations. En particulier, de bien distinguer d'une part, les *associations de symptômes* relevant d'une même cause (cas très habituel) et, d'autre part, les *comorbidités* de deux – ou plusieurs – diagnostics (fig. 1.19).

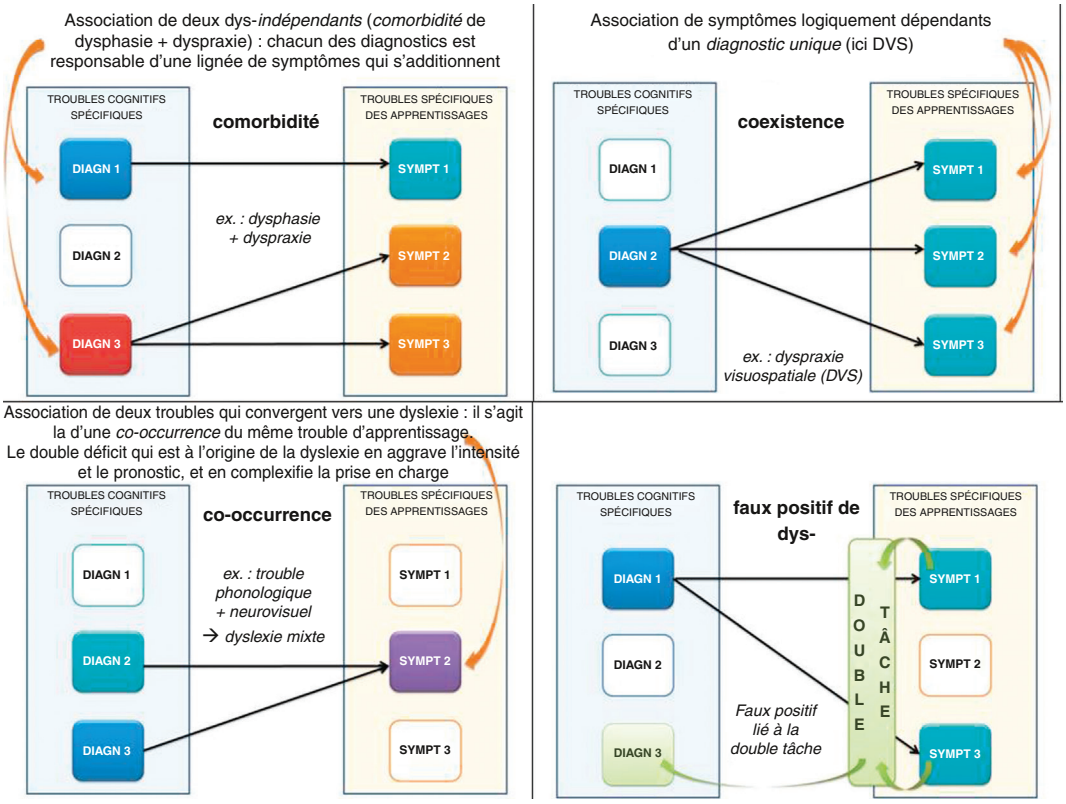


Fig. 1.19. Différentes possibilités d'associations de dys-.

Conclusion

Ainsi, à côté des troubles cognitifs globaux connus de longue date (déficits intellectuels, troubles envahissants du développement ou TSA) s'est ouvert, depuis une vingtaine d'années, un nouveau champ, celui des troubles cognitifs *spécifiques*, les dys-.

Ont d'abord été documentés ceux qui touchent le domaine du langage (dysphasies et dyslexies), puis ceux qui affectent les domaines du geste et les fonctions visuospatiales (dyspraxies), et enfin, plus récemment ceux qui concernent le domaine de l'attention (TDA/H), des fonctions exécutives (syndrome dys-exécutif) et du nombre (dyscalculies).

Nul doute que prochainement dysgnosies (chapitre 3) et dysmnésies (chapitre 4) viendront compléter l'éventail des dys- : toutes les fonctions cognitives sont en effet susceptibles de se développer de façon « non conforme » (fig. 1.20).

*Pour apprendre, nous disposons de **capacités :***	**Fonctions cognitives Impliquées**		**Pathologies développementales correspondantes :**	**Type de trouble cognitif**
Précoces (innées) (*boîtes à outils*) Se développent grâce aux interactions avec l'environnement **(épigénèse interactionnelle)** *NB : cette optimisation est dans une large mesure **implicite***	Compétences intellectuelles générales : **facteur g**		**Déficience intellectuelle**	***TROUBLES GLOBAUX : N'ENTRENT PAS DANS LE CHAMP DES DYS***
	Cognition sociale Compétences relationnelles Théorie de l'esprit Structuration de la personnalité		Troubles psychologiques ou psychiatriques **TED - TSA** Anxiété, dépression, …	
	Fonctions transversales	**Cognition sociale**	Troubles « non-envahissants » ?	***TROUBLES COGNITIFS SPECIFIQUES : DYS-DIAGNOSTICS***
		Fonctions attentionnelles et exécutives	TDA/H Syndromes dysexécutifs	
		Mémoire de travail	Dysmnésie du travail	
		Fonctions mnésiques	Dysmnésies	
	Fonctions domaine-spécifiques	Compétences **perceptivo-gnosiques** (neuro-sensorielles)	Dysgnosies	
		Développement du **langage oral**	Dysphasies	
		Développement - des **coordinations motrices** - **des traitements visuomoteurs et gestuels**	TAC Dyspraxies- **Symptômes**	
		Sens du nombre	Trouble du sens du nombre ou dyscalculie « vraie »	
Apprises (essentiellement liée à un enseignement explicite) Notion de *recyclage neuronal*	LANGAGE ECRIT		DYSLEXIES	***TROUBLES SPECIFIQUES DES APPRENTISSAGES : DYS-SYMPTÔMES***
	NOMBRE ET CALCUL ; ARITHMETIQUE		DYSCALCULIES	
	GESTES « CULTURELS APPRIS » *ÉCRITURE MANUELLE*		DYSPRAXIES-**SYMPTÔMES** *DYSGRAPHIES*	

Fig. 1.20. Synthèse : les différents dys- et leurs dénominations.

Comprendre les ressorts cachés des dys-, savoir si l'on parle d'un symptôme ou d'un diagnostic, savoir dérouler une stratégie efficace pour démêler ces fils souvent embrouillés, c'est l'objectif des bilans au sein desquels la démarche neuropsychologique occupe une place centrale.

Non seulement c'est la seule façon de faire *ensuite* des propositions motivées et efficaces pour le jeune, mais c'est aussi éviter d'ajouter aux troubles dys- d'inutiles nuisances supplémentaires, comme, par exemple, la remise de listings de scores décourageants, sans interprétation ni conclusions utilisables ni par les familles ni par les enseignants.

In fine, il faut veiller à éviter deux dérives qui ne seraient chacune qu'une caricature de la neuropsychologie infantile :

- d'une part, réduire la clinique aux neurosciences. Si les énormes progrès effectués ces dernières années en lien avec la psychologie du développement, la neuro-imagerie, les sciences cognitives, etc., constituent un domaine extrêmement prometteur qui donne des clés pour appréhender le fonctionnement cognitif ou les dysfonctionnements qui peuvent survenir au décours du développement de l'enfant, ils ne peuvent avoir de sens à eux seuls, sans prise en compte de la richesse des processus d'interaction avec l'environnement, qui, en spirale, construisent les apprentissages ;

Il faut donc connaître ces avancées neuroscientifiques, *les coordonner, les intégrer aux connaissances* antérieures : c'est la démarche qui est privilégiée dans cet ouvrage.

- d'autre part, *réduire la neuropsychologie à la pratique de tests,* d'épreuves ou d'évaluations elles-mêmes plus ou moins qualifiées de « neuropsychologiques ».

La neuropsychologie exige une *démarche clinique*, en arbre logique, de nature hypothético-déductive, partant des symptômes et des plaintes et remontant aux processus et mécanismes sous-jacents dysfonctionnants, afin de les comprendre puis de proposer aides, rééducations, contournements, palliatifs ou adaptations les plus efficaces possibles, limitant ou réduisant au mieux le handicap dont souffrent ces jeunes.

Les tests sont certes les « outils » du neuropsychologue pour « débusquer » le trouble cognitif en amont du symptôme, mais ils doivent être utilisés avec discernement, le clinicien étant guidé par les questions et les hypothèses qu'il formule au fil de sa connaissance de l'enfant. Ils doivent absolument être interprétés à la lumière d'une analyse clinique, *qualitative*, sous-tendue par la connaissance des systèmes et sous-systèmes cognitifs (analyse des erreurs, conception de « tâches B » *ad hoc*, recherche de dissociations significatives…).

Vademecum

Beaucoup de fonctions cognitives sont présentes dès la naissance mais se développent et sont maximisées, le plus souvent de façon implicite, grâce aux multiples interactions des enfants avec leur environnement.
Les apprentissages scolaires, majoritairement explicites, facultatifs pour l'espèce humaine, constituent cependant une obligation culturelle pour les élèves de nos sociétés. Ces apprentissages sont supportés par de nouveaux réseaux neuronaux, spécifiquement créés, empruntant et « recyclant » les fonctions cognitives initiales (fig. 1.21).
Parmi les élèves en délicatesse avec les apprentissages scolaires, un sous-groupe hétérogène, les dys-, constitue une entité particulière qui partage les critères de troubles dits « *spécifiques* » :

- d'une part des critères d'*inclusion* : troubles graves, durables, déviants par rapport au développement typique, et ce, en dépit d'un apprentissage habituel, voire intensifié, et/ou d'aides rééducatives déjà prodiguées ;
- d'autre part des critères d'*exclusion* : intelligence générale préservée, absence d'une autre cause médicale, contexte normatif non susceptible d'expliquer les troubles d'apprentissages.

En situation de dys- avérée, il n'est donc plus question de simple *difficulté* scolaire en lien avec un environnement peu stimulant ou mal adapté, mais bien de *trouble* des apprentissages consécutif à une anomalie structurelle, neurodéveloppementale, justifiant alors l'implication d'intervenants du secteur des soins.
La mise en évidence d'un trouble dys- *dans le domaine des apprentissages scolaires* ne constitue aucunement un diagnostic : il s'agit d'abord de *symptômes* (dyslexies-dysorthographies, dyscalculies, dysgraphies…) dont il faudra déterminer le mécanisme causal (primitif) au sein des fonctions cognitives (*les dys-diagnostics*), grâce à la démarche neuropsychologique.
Exigeante, construite en arborescence à partir des symptômes, basée sur le raisonnement hypothético-déductif et la connaissance des systèmes et sous-systèmes cognitifs et leur développement chez l'enfant, elle permet efficacement :

- d'exclure du champ des dys- ce qui n'est pas un dys- : en particulier la *difficulté* scolaire et les troubles *cognitifs globaux* ;
- de mettre en évidence les *hétérogénéités et les caractéristiques* des différentes pathologies dys-, c'est-à-dire de poser des diagnostics valides, étayés par les connaissances homologuées scientifiquement, issues de la recherche pluridisciplinaire dans le domaine du développement de l'enfant ;
- de regrouper des troubles scolaires apparemment disparates mais expliqués par un même diagnostic de dys- en amont (regroupement *obligé* de dys-*symptômes*) ;
- de mettre en évidence les éventuelles comorbidités (vraies associations de dys-*diagnostics*) et d'exprimer alors le pronostic plus réservé de ces « comorbidités » ;
- de ne pas parler de « multidys- » quand il s'agit d'associations fortuites, quand des symptômes viennent s'ajouter au tableau clinique en raison de la situation de double tâche, quand il s'agit d'une déficience intellectuelle.

Des anomalies non encore élucidées de la connectique neuronale expliquent probablement ces atypies cérébrales développementales. Leur variabilité est importante et leur expression clinique est naturellement influencée par l'épigenèse interactionnelle : chaque élève dys- est singulier.

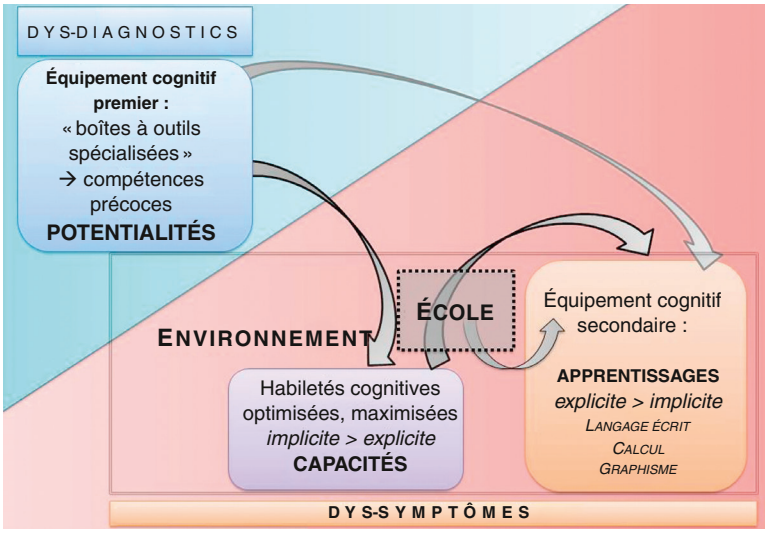


Fig. 1.21. Des potentialités aux performances (capacités).

Pour aller plus loin

Grégoire J. L'examen clinique de l'intelligence de l'enfant : fondements et pratique du WISC-IV. In : 2e éd Bruxelles : Mardaga ; 2009.

Gopnik A, Meltzoff A, Kuhl P. Comment pensent les bébés. Paris : Éditions le Pommier ; 2005.

Hofstadter D, Sander E. L'analogie, coeur de la pensée. Paris : Odile Jacob ; 2013.

Habib M. La constellation des dys. Paris : De Boeck-Solal; 2014.

Lagercrantz H. Le cerveau de l'enfant. Paris : Odile Jacob ; 2008.

Lecuyer R. Le développement du nourrisson. Paris : Dunod ; 2006.

Lussier F, Flessas J. Neuropsychologie de l'enfant. Paris : Dunod ; 2009.

Mazeau M. Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant. 2e éd. Paris : Masson ; 2008 .

Tourrette C. Évaluer les enfants avec déficiences ou troubles du développement. 2e édition. Paris : Dunod ; 2011.

Quelques sites

En situation probable de dys, comment construire un bilan raisonné à partir de symptômes scolaires (http://ww2.ac-poitiers.fr/ecoles/IMG/pdf/DYS_bilan.pdf).

Site canadien : Le cerveau à tous les niveaux : http://lecerveau.mcgill.ca.

Les dys, un site consacré aux troubles des apprentissages : http://sites.google.com/site/dralainpouhet/.

Site de l'Inserm, séminaires Ketty Schartz : Mazeau M et Laporte P. les fonctions cognitives chez l'enfant : http://www.inserm.fr/associations-de-malades/seminaires-de-formation-ketty-schwartz/fonctions-cognitives-chez-l-enfant-cles-de-comprehension.

Les cours du Pr. S. Dehaene : www.college-de-france.fr.

Références

Adrien JL, Rossignol C, Barthélémy C, José C, Sauvage D. Développement et fonctionnement de la «Théorie de l'esprit» chez l'enfant autiste et chez l'enfant normal. ANAE 1995 ; 35 : 188–96.

Alexandre A. Évaluation de la vitesse d'écriture d'élèves de différents niveaux scolaires. Motricité Cérébrale 2008 ; 29 : 143–52.

Anaes. L'orthophonie dans les troubles spécifiques du développement du langage oral chez l'enfant de 3 à 6 ans. In : Service des recommandations et références professionnelles. 2001. p. 48.

Anderson M. Intelligence and development ; a cognitive theory. Oxford and Cambridge : Blackwell ; 1992.

APA. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders : Dsm-5. Arlington (VA) : American Psychiatric Publishing ; 2013.

Baron-Cohen S. La cécité mentale dans l'autisme. Enfance 1999 ; 3 : 285–93.

Baron-Cohen S, Leslie AM, Frith U. Does the autistic child have a "theory of mind". Cognition 1985 ; 21 : 37–46.

Benedetto P, Clerc P, Courgeau D, Vallot F. Enquête nationale sur le niveau intellectuel des enfants d'âge scolaire. Tome II. cahier n° 64. Paris : INED/PUF ; 1973.

Bressoux P, Zorman M. Présentation et évaluation du programme de prévention « PARLER » Parler Apprendre Réfléchir Lire Ensemble pour Réussir. Colloque « Langages et réussite éducative : des actions innovantes », 11 mars 2009.

Case R, Demetriou A, Platsidou M, Kazi S. Integrating concepts and tests of intelligence from the differnetial and developmental traditions. Intell 2001 ; 29(4) : 307–30.

Cohen A, Fiorelle CA, Farley FH. The cylindrical structure of the Wechsler intelligence Scale for Children-IV : a retest of the Guttman model of intelligence. Intell 2006 ; 34 : 587–91.
Cohen L. L'homme thermomètre. Paris : Odile Jacob ; 2008.
Dehaene S. Les neurones de la lecture. Paris : Odile Jacob ; 2007.
Dehaene S. Cours au Collège de France : « liens entre métacognition et théorie de l'esprit », http://podcastfichiers.college-de-france.fr/dehaene-20110125.pdf. 2011.
Duquesne-Belfais F, Marchand MH. L'apprentissage des fractions avec des élèves de 6e en difficultés scolaires. ANAE 2012 ; 120–121 : 569–77.
Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Römer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. Psychol Rev 1993 ; 100 : 363–406.
Gaie B, Le Lostec C, Mazeau M, Pouhet A, Toninato AM. Dyspraxies et troubles non verbaux : faire avec la complexité (études de cas). Paris : Elsevier Masson ; 2014.
Gil R. Neuropsychologie. In : 5e éd Paris : Masson ; 2010. p. 355.
Grégoire J. L'examen de l'intelligence. In : Noël MP, editor. Bilan neuropsychologique de l'enfant. Bruxelles : Mardaga ; 2007. p. 17–48.
Grégoire J. L'examen clinique de l'intelligence de l'enfant. Bruxelles : Mardaga ; 2009.
Grégoire J. Les défis de l'identification des enfants à haut potentiel. ANAE 2012 ; 119 : 419–24.
Gopnik A, Astington JW. Children's understanding of representational change and its relation to the understanding of false belief and appearence-reality distinction. Child Dev 1988 ; 59(1) : 26–37.
Guilloux R. L'effet domino : limiter l'enchainement des difficultés en repérant les troubles spécifiques des apprentissages et en aménageant la pédagogie. Montréal : Chènelière Education (distribué en France par Pirouette édition) ; 2009.
Guttman L, Levy S. Two structural laws for intelligence tests. Intell 1991 ; 15 : 79–103.
Sander Hofstadter. La Recherche 2013 ; 473 : 65.
Hughes C. Executive functions in preschoolers : links with theory of mind and verbal ability. British Journal of Developmental Psychology 1998 ; 16 : 233–53.
Kovacs AM, Teglas E, Endress AD. The social sense : susceptibility to others's beliefs in human infants and adults. Science 2010 ; 330 : 1830–4.
Lecuyer R. Le développement du nourrisson. Paris : Dunod ; 2006.
Leone JP. Reflexions on working memory : are the two models complementary ? J Exp Child Psyhcol 2000 ; 77 : 138–54.
Lussier F, Flessas J. Neuropsychologie de l'enfant. Paris : Dunod ; 2005.
Magné-Mauro MN. Le haut potentiel intellectuel : des particularités neurophysiologiques. ANAE 2012 ; 119 : 457–62.
Maguire EA, Spiers HJ, Good CD, Hartley T, Frackowiak RS, Burgess N. Navigation expertise and the human hippocampus : a structural brain imaging analysis. Hippocampus 2003 ; 13(2) : 250–9.
Matson JL, Shoemker M. Intellectual disability and its relationship to autism spectrum disorders. Res Dev Disabil 2009 ; 30(6) : 1107–14.
Mazeau M. Conduites du bilan neuropsychologique chez l'enfant. In : 3e éd Paris : Elsevier Masson ; 2008 avec Glasel H. à paraître en 2014.
Mehler J. Naître humain. Paris : Odile Jacob ; 2006.
Nader-Grosbois N. La théorie de l'esprit : entre cognition, émotion et adaptation sociale. Bruxelles : De Boeck ; 2011.
Noël MP. L'examen de l'intelligence. Bilan Neuropsychologique de l'enfant. Bruxelles : Mardaga ; 2007.
O'Callaghan M, Williams GM, Andersen MJ, Bor W, Najman JM. Social and biological risk factors for mild and borderline impairment of language compréhension in a cohort of five-year-old children. Dev Med Chil Neurol 1995 ; 37(12) : 1051–61.
Pinker S. L'instinct du langage. Paris : Odile Jacob ; 1999.
Schlaug G, Jancke L, Huang Y, Staiger JF, Steinmetz H. Increased corpus callosum size in musicians. Neuropsychologia 1995 ; 33 : 1047–55.
Schmitz Rubia K, Daly E, Smith A, Williams S, Murphy DG. Neural correlates of executive function in autistic spectrum disorders. Biol Psychiatry 2006 ; 59(1) : 7–16.
Siegler RS. Intelligences et développement de l'enfant : variations, évolution, modalités. Bruxelles : De Boeck ; 2000.
Singh H, O'Boyle MW. Interhemispheric interaction during global-local processing in mathematically gifted adolescents, average-ability youth and colleges students. Neuropsychology 2004 ; 18(2) : 371–7.
Spearman C. General intelligence, objectively determined and measured. Am J Psychol 1904 ; 15 : 201–93.
Stough C, Thompson JC, Bates TC, Nathan PJ. Examining neurochemical determinants of inspection time ; development of a biological model. Intell 2001 ; 29 : 511–22.
Terman LM. Genetics studies of genius. In : Mental and physical traits of a thousand gifted children, Vol. I. Standford (CA) : Standford University Press ; 1926.
Terrassier JC. Le syndrome de dys-synchronie. Neuropsychiatr Enfance Adolesc 1979 ; 10–11 : 445–50.
Turkheimer E, Haley A, Waldron M, D'Onofrio B, Gottesman II. Socioeconomic status modifies heritability of IQ in youg children. Psychol Sci 2003 ; 14(6) : 623–8.
Vallot F. Le niveau intellectuel des enfants d'âge scolaire. In : Population et Sociétés. 1973. p. 60.
Vannetezel L, Eynard LA, Meljac C. Dyscalculie, une rencontre difficile. ANAE 2009 ; 102 : 135–44.
Vrigniaud P. La scolarisation des enfants intellectuellement précoces en France. Bulletin de Psychologie 2006 ; 59 : 439–49.
Zorman M. Précarisation, risque et santé. In : Paris : Inserm ; 2011. p. 273–91. (www.cognisciences.com/IMG/Precarisation_Inserm_Zorman.pdf).

Le langage oral : développement typique et pathologique (dysphasies)

CHAPITRE 2

PLAN DU CHAPITRE

Définitions et limites

Langage et communication

Langage et pensée
- La langue influence la formation des concepts
- Les concepts préexistent aux mots qui les désignent
- Expérience avec les personnes sans langage

Au total

Organisation structurelle du langage

Substrats cérébraux

Une architecture commune à toutes les langues
- La phonologie : les sons de la langue
- Le lexique : les mots de la langue
- La syntaxe : les phrases, les énoncés
- La sémantique : la signification
- La pragmatique : l'efficacité de la communication

En résumé

Aspects développementaux

Identifier les mots
- Segmenter le flux de paroles
- Discriminer les oppositions phonologiques

Construire le lexique
- Acquisition du lexique
- Organisation du lexique en mémoire
- Au total

Développement de la syntaxe
- Au total

Développement des compétences pragmatiques
- Pragmatique des énoncés
- Production de discours/récits

Développement du langage : synthèse

La parole (aspects practomoteurs)
- Motricité buccophonatoire
- Production de la parole
- Au total

Dysphasies

Définitions et limites

Des tableaux hétérogènes
- Compétences linguistiques
- Voies practomotrices et sensorignosiques dédiées au langage
- Autres habiletés cognitives impliquées dans le langage

Diagnostic de dysphasie
- Affirmer qu'il s'agit d'un trouble
- Spécificité du trouble (diagnostic d'exclusion)
- Affirmer la dysphasie (diagnostic positif)
- Au total

Causes des dysphasies
- Typologie des dysphasies

Dysphasie phonologique-syntaxique
- Trilogie caractéristique
- Symptômes éventuellement associés
- Conséquences de la dysphasie phonologique-syntaxique dans les apprentissages
- Grands axes du projet thérapeutique

Trouble de production phonologique (dysphasie phonologique)
- Description, diagnostic
- Un certain degré de dys-syntaxie éventuellement associé
- Rééducation
- Un cas particulier : la dyspraxie verbale (ou de la parole)

Anomie ou manque du mot (dysphasie mnésique)
- Tableau clinique
- Axes rééducatifs

Dysphasies réceptives
- Trouble de discrimination phonologique
- Surdité verbale

Troubles associés et comorbidités

Dysphasies et dyslexies
- Au total

Dysphasies et TDA/H
- Le déficit en MT (constant dans les dysphasies) peut-il en imposer pour un TDA/H ?
- Chez les enfants avec TDA/H, des troubles langagiers qui ne sont pas des dysphasies ?
- Au total

Dysphasies et troubles d'acquisition de la coordination (TAC)
- Au total

Conclusion

Le devenir à l'âge adulte

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

« Nous échouons à traduire entièrement ce que notre âme ressent :
la pensée demeure incommensurable avec le langage. »
Henri Bergson. *Essai sur les données immédiates de la conscience*. 1889

Les troubles du langage oral avaient été identifiés de longue date. Dès 1920, Brujnig consacre sa thèse à l'audimutité (cité par de Ajuriaguerra, 1958), en 1953. Wilde, décrit des enfants « muets sans être sourds, qui n'étaient ni idiots ni paralytiques » (cité par César, 2011). En 1958, sous le terme d'audimutité, de Ajuriaguerra publie un texte clé, qui conserve encore aujourd'hui une actualité confondante.

Cependant, probablement faute d'un cadre théorique cohérent dans lequel les inscrire, ces observations vont tomber dans l'oubli ou garder un statut anecdotique. C'est seulement dans les années 1970–1980, années qui marquent l'essor des neurosciences cognitives, que les dysphasies de développement semblent *redécouvertes* et reviennent sur le devant de la scène (Rapin, 1983). Dès lors de nombreux travaux consacrés aux systèmes et sous-systèmes cognitifs qui supportent le langage oral ouvrent de nouvelles perspectives pour une meilleure compréhension des dysphasies.

Enfin, en 2000, le « rapport Ringard »[24] donne lieu à des recommandations qui serviront de socle pour concevoir le partenariat soins/école pour les enfants atteints de dys-.

Définitions et limites

Tout langage repose sur un ensemble de processus utilisant *un code arbitraire, mais conventionnel* pour « traduire » la pensée en mots et/ou en permettre la transmission d'un individu à l'autre.

Le langage humain présente certaines caractéristiques :

- il est *génératif* : de nouvelles combinaisons de sons ou de mots, inédites, peuvent être générées à partir d'un corpus initial. Il est ainsi possible de désigner de nouveaux objets qui n'ont pas encore de nom, d'en inventer pour des objets qui n'existent pas ou pour des situations nouvelles ;
- il peut être utilisé pour demander, satisfaire des besoins immédiats (fonction *injonctive*), mais aussi pour partager des émotions, échanger des informations sur le monde, inventer, etc. (fonction *déclarative* du langage).

Langage et communication

Communiquer (*mettre en commun*) désigne l'*ensemble des stratégies* qui permettent d'échanger, d'opérer un partage d'informations entre deux ou plusieurs personnes. Le langage n'en constitue qu'un sous-ensemble, la communication ne peut pas être réduite au langage. Ainsi le bébé communique avec une grande efficacité bien avant d'accéder au langage articulé : cris, mimiques, regards, gestes, attitude corporelle. Cette communication *non verbale* reste utilisée toute la vie dans toutes les situations d'échanges interpersonnels. On estime même que l'essentiel de la communication serait non verbal.

Il y a donc une relative indépendance entre communication et langage : les bébés, les personnes sans langage (dysphasies sévères) ou celles qui ne maîtrisent pas du tout la langue environnante ont une *communication préservée*. Au contraire, chez les jeunes atteints de troubles du spectre de l'autisme, c'est fondamentalement la fonction communicative (et non pas exclusivement les capacités langagières du sujet) qui est déficitaire.

Les troubles de la *communication* font donc partie intégrante des troubles envahissants du développement (TED) et troubles du spectre de l'autisme (TSA).

[24] Ringard JC. À propos de l'enfant dysphasique et de l'enfant dyslexique. Rapport IGAS-IGEN. Paris : ministère de l'Éducation Nationale.

Ce chapitre concerne les fonctions *linguistiques*, leur développement chez le jeune enfant et leurs pathologies (dysphasies) *et non* l'ensemble des fonctions communicationnelles.

Langage et pensée

Cette distinction entre pensée et langage est tout à fait fondamentale. Certains contestent qu'il puisse exister une pensée non verbale. D'autres lient fortement chez l'enfant les capacités à développer une pensée symbolique et le développement du langage. Beaucoup d'éducateurs, de psychologues (comme Piaget), de linguistes et de philosophes lient étroitement la pensée *et* sa verbalisation. Ainsi, Condillac (philosophe, XVIII^{e} siècle), puis Saussure (linguiste, XIX^{e} siècle) assimilent pensée et langage aux deux faces d'une même pièce : « on ne voit pas très bien comment une idée pourrait être pensée sans des *mots*, sans un langage ». On imagine alors, chez le bébé ou chez le sujet dépourvu de langage ou au langage très limité, un vécu « brut », un ressenti flou d'émotions et de percepts confus, inorganisés, ne pouvant générer ni abstraction ni réflexion.

Il n'est donc nullement superflu de tenter une clarification des liens qui unissent ces deux concepts.

La langue influence la formation des concepts[25]

De nombreux travaux ont mis en évidence l'influence de la langue sur la façon de percevoir et de comprendre le monde.

Langue et pensée

Les caractéristiques de chaque langue façonnent les représentations du monde (la pensée) des locuteurs. Ainsi en russe (Winawer, 2007), il existe une distinction lexicale entre deux nuances de bleu, les bleus clairs (*goluboy*) et les bleus foncés (*siniy*) ; avoir deux mots distincts *affine la perception* de ces différents bleus. Cependant, au-delà de ces spécificités ou des diversifications propres à chaque langue, on met aussi en évidence un ensemble lexical *universel* (Barner et al., 2009).

Les concepts préexistent aux mots qui les désignent

S. Pinker donne l'exemple suivant : un linguiste étudie une tribu inconnue. Un lapin passe et l'indigène s'écrie « gavagai ». Que veut dire « gavagai » ? Cela pourrait vouloir dire tout animal qui porte de la fourrure, un mammifère, un truc qui court, un repas potentiel, ou encore *cette* race particulière de lapin-là… « D'une manière ou d'une autre, le bébé doit trouver intuitivement le sens correct d'un mot et éviter le nombre époustouflant d'autres possibilités tout aussi *logiquement* satisfaisantes » dit S. Pinker (1999, p. 151). Mais non, le linguiste (et le bébé) comprennent d'emblée que « gavagai » signifie « lapin ». L'enfant n'entreprend pas une démarche de déduction logique, éliminant l'une après l'autre telle ou telle hypothèse en fonction d'informations complémentaires ou de raisonnements. Non, il *sait* immédiatement que son interlocuteur parle d'un « lapin ». Il s'agit de plausibilité, de vraisemblance, d'inclusion rapide dans des *catégories préexistantes* fondées sur des critères de fréquence et d'*analogie* (chapitre 1), et *non* de déduction, de raisonnement, de logique.

Expérience avec les personnes sans langage

La pratique clinique nous montre quotidiennement que les enfants présentant des troubles massifs de la structuration du langage (c'est-à-dire qui non seulement n'ont pas la capacité de soutenir des échanges verbaux même simples, mais surtout qui n'ont *jamais eu* cette compétence, étant atteints d'*emblée* dans leurs compétences linguistiques y compris en compréhension[26]) peuvent faire preuve de capacités tout à fait normales (voire supérieures)

[25] Inspiré de l'interview de J.-Y. Heurtebise par Idriss Aberkane (biologiste), consultable sur : www.cafepedagogique.net/lemensuel/laclasse/pages/2009/104_lapenseeetlelangage.aspx

[26] Cophoses bilatérales, dysphasies réceptives, agnosies verbales et/ou auditives.

dans certains secteurs non verbaux de la cognition. En attestent leurs résultats à des épreuves élaborées de raisonnement, de logique, de stratégies.

Ces résultats témoignent d'une structuration efficiente d'une pensée *non verbale* abstraite, élaborée, de *son autonomie possible* par rapport au langage. Ils fournissent la preuve que le développement de stratégies complexes et de raisonnements de haut niveau est possible indépendamment des compétences langagières (*cf.* fig. 2.9).

A contrario, en pathologie nous relevons qu'il existe, de façon symétrique, des troubles de la pensée sans troubles des compétences linguistiques (certaines psychoses ou troubles envahissants du développement ou déficiences mentales). Le verbalisme, les logorrhées, le psittacisme, les délires sont des exemples où les mots et les énoncés, pourtant lexicalement et/ou syntaxiquement corrects, sont vides de sens ne correspondant plus alors à la définition du langage.

Exemple (vidéo 06)

Aram, 5 ans ½, grande section de maternelle, consulte car il ne parle pas. On s'interroge : autisme ? déficience intellectuelle ? dysphasie ? On lui propose, en première intention, le subtest « analyse catégorielle » des EDEI-R, épreuve de facteur g (catégorisation non verbale). Durant la passation, l'enfant se montre appliqué, attentif, de bon contact et pertinent. Son excellent score à cette épreuve élimine tout doute concernant son efficience intellectuelle. On complète alors par la proposition d'une WPPSI-III :

- épreuves verbales : Compréhension de mots, NS = 1 ; Dénomination d'images, NS = 5 ;
- épreuves non verbales : Identification de concepts, NS = 15 ; Complètement d'images, NS = 13 ; Symboles, NS = 14 ; Matrices, NS = 12.

L'audition étant vérifiée normale, le diagnostic de dysphasie s'impose. Son type et son intensité seront précisés lors du bilan orthophonique qui suivra.

Au total

Le langage est un système de signes conventionnels arbitraires, organisés, qui permet la *traduction* de la pensée en mots. Il n'y a pas de réseaux spécifiques de la pensée… La pensée émerge (*cf.* note de bas de page n° 67, p. 130) du fonctionnement *global et synergique* des différentes fonctions mentales, reflet du niveau de catégorisation et conceptualisation du sujet, de sa personnalité, de ses intérêts, de son style relationnel, de son environnement affectif et social. La pensée est la condition de la construction du langage, de son niveau d'organisation, d'abstraction, d'efficacité réflexive et communicationnelle. En retour, le langage constitué favorise l'organisation de la pensée et sa manipulation mentale.

Organisation structurelle du langage

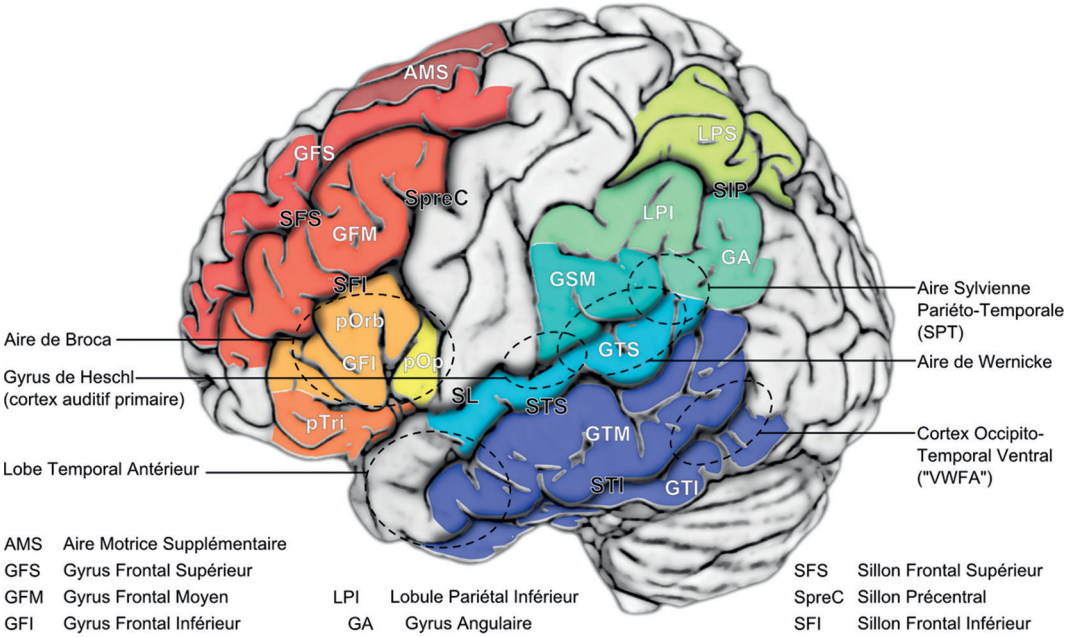
« Les neurologues admettent aujourd'hui volontiers que l'aptitude langagière de l'homme correspond à un *module* bien identifié de son cerveau ; ils n'ignorent pas non plus que ce module ne peut fonctionner que parce qu'il est doté de nombreuses interfaces avec le reste des fonctions mentales de l'homme »

Journet. *Le langage. Introduction aux sciences du langage*. 2010. p. 125

Substrats cérébraux

En 1861, P. Broca met en évidence une zone focalisée, la partie inférieure de la troisième circonvolution frontale de l'hémisphère gauche, supportant la production des mots parlés. Dix ans plus tard, C. Wernicke localise une autre aire cérébrale, temporale gauche, responsable de la compréhension des mots.

Les techniques modernes d'imagerie ont permis de préciser l'architecture fine des différents systèmes et sous-systèmes cérébraux dédiés au langage (fig. 2.1 et 2.2), mais aussi les *aspects dynamiques de leur implication* lorsque les fonctions langagières sont sollicitées.



AMS	Aire Motrice Supplémentaire			SFS	Sillon Frontal Supérieur
GFS	Gyrus Frontal Supérieur	LPI	Lobule Pariétal Inférieur	SpreC	Sillon Précentral
GFM	Gyrus Frontal Moyen	GA	Gyrus Angulaire	SFI	Sillon Frontal Inférieur
GFI	Gyrus Frontal Inférieur	GSM	Gyrus Supramarginal	SL	Sillon Latéral
pOrb	Pars Orbitalis	GTS	Gyrus Temporal Supérieur	SIP	Sillon Intrapariétal
pOp	Pars Opercularis	GTM	Grus Temporal Moyen	STS	Sillon Temporal Supérieur
pTri	Pars Triangularis	GTI	Gyrus Temporal Inférieur	STI	Sillon Temporal Inférieur
LBS	Lobule Pariétal Supérieur				

Fig. 2.1. Le langage humain : principales régions corticales de l'hémisphère gauche impliquées.
Source : Planton S, Démonet JF. Neurophysiologie du langage : apports de la neuro-imagerie et état des connaissances. Revue de Neuropsychologie 2012; 4(4) : 255–66.

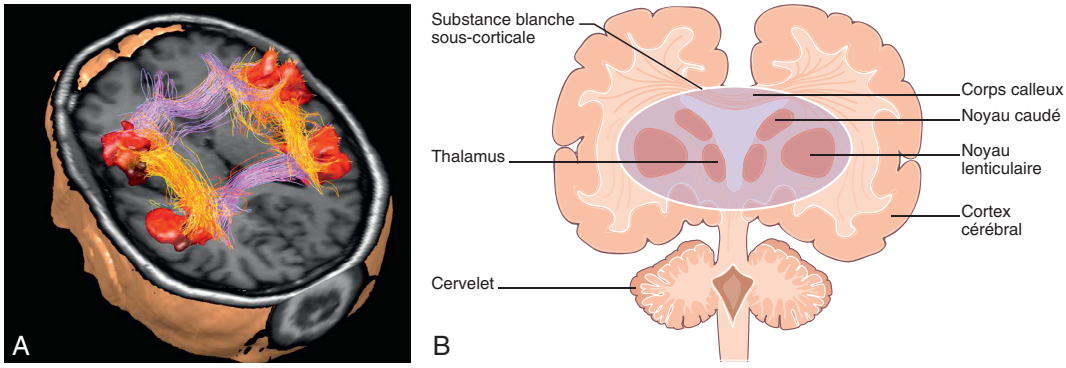


Fig. 2.2. Régions cérébrales impliquées dans le langage et leurs interrelations.
A. D'importants liens interhémisphériques. *Source : Patric Hagmann et Jean-Philippe Thiran. © Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) et Centre Hospitalier Universitaire Vaudois et Université de Lausanne, Suisse.*
B. Les liens avec les noyaux gris centraux (en bleuté). *D'après Ojeman GA. Brain organization for language from the perspective of electrical stimulation mapping. Behavioral and Brain Sciences 1983; 6 : 189–230. Par Carole Fumat.*

Une architecture commune à toutes les langues

Les 4 000 langues connues[27] prennent des formes de surface très diverses, mais recouvrent une *base universelle*, car c'est le substrat cérébral *commun* à tous les humains qui détermine la structure fondamentale de *toutes* les langues humaines (fig. 2.3), orales, signées ou sifflées. Ces structures engagent cinq grands sous-systèmes emboîtés et massivement interconnectés : phonologique, lexical, syntaxique, sémantique et pragmatique.

Le langage utilise un ensemble de symboles de *différents niveaux*, dont les règles d'acquisition et de combinatoire sont *spécifiques*. Pour les langues orales, les sons de la langue (ou phonèmes), dénués de toute signification, doivent être combinés entre eux selon des règles précises pour obtenir les mots de la langue (lexique) qui, eux, sont porteurs de signification (niveau sémantique). Eux-mêmes doivent être organisés selon d'autres règles de construction pour produire d'autres mots (règles morphologiques) ou construire des phrases (règles syntaxiques) ou des discours (règles discursives).

Enfin, chaque culture impose ses règles quant aux nuances de sens à donner à certaines expressions en fonction du contexte, permettant une communication linguistique acceptable et efficace en fonction des situations (pragmatique).

La phonologie : les sons de la langue

Toutes les langues disposent d'un répertoire *fini* d'éléments *sans signification* (dits aussi infralexicaux) : les sons de la langue ou *phonèmes* (par opposition aux sons non langagiers, aux bruits ou encore la musique). Le terme de phonologie insiste sur la valeur distinctive (porteuse de sens) de certains traits phonétiques *propres à chaque langue* : par exemple, en français, la distinction p/b : bain//pain ou ch/j : bouche//bouge. Des phonèmes distincts /r/ et /l/, permettent de discriminer rame//lame ou malle/mare. En japonais cette distinction n'existant pas, ces mots seraient entendus comme des homophones.

Ces éléments combinés selon des règles précises propres à chaque langue (règles phonotactiques), donnent les syllabes puis les mots.

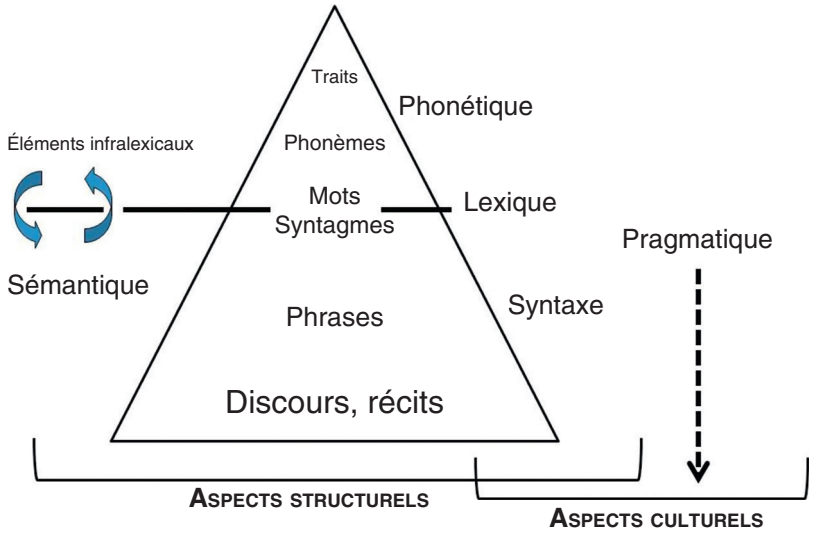


Fig. 2.3. L'architecture commune à toutes les langues.

[27] Selon les auteurs, ce chiffre varie de 4 000 à plus de 6 000…

- Réseaux dédiés : perception, catégorisation, discrimination phonologique : région périsylvienne postérieure temporale gauche. Production : région de Broca.

Les règles phonotactiques : exemples

En français, la séquence /wsz/ est imprononçable, alors qu'elle est fréquente en polonais. Au contraire la suite */gz/* est légale (eczéma, qui se prononce comme le *x* de examen), du moins en milieu de mot, jamais en début de mot. Les bébés repèrent rapidement les règles phonotactiques propres à leur langue, en extrayant les régularités *statistiquement* fréquentes dans leur environnement langagier.

Le lexique : les mots de la langue

À partir de ce nombre fini de phonèmes, on peut constituer une *infinité* de mots reliés à une signification. On peut même en inventer qui n'existent pas comme les « non-mots » (*sirvalu*). Les mots possèdent donc un versant phonologique (sonore, acoustique, le *signifiant*) et un versant sémantique (ce à quoi ils réfèrent, leur sens, le *signifié).*

Le vocabulaire courant, appelé aussi vocabulaire fondamental, oscille entre 7 000 et 8 000 termes utilisés par un locuteur adulte standard, mais la plupart des individus en connaissent beaucoup plus qu'ils n'en utilisent (de 50 000 à 100 000 mots compris par les adultes).

- Réseaux dédiés : temporal gauche (réseaux lexicaux), réseaux spécifiquement dédiés au lexique au sein des grands réseaux mnésiques (MLT [chapitre 4]).

La morphologie des mots

Les mots eux-mêmes peuvent être « construits », dérivés selon des règles propres à chaque langue. Par exemple, en français, l'adverbe se construit en ajoutant /ment/ à l'adjectif (joli → joliment); une petite maison est une maisonnette (mais une *baguette* n'est pas une petite « bague » !). Ces règles possèdent donc aussi leurs exceptions. Dans un mot construit */immanquable/*, on distingue : la base */manque/*, le suffixe */able/* et le préfixe */in-im/*. Si l'on connaît la base, on peut inférer la signification du mot en fonction de sa morphologie : ainsi la *bravitude*, quoique non conforme, est parfaitement compréhensible en français, car respectant les règles de construction du nom à partir d'un adjectif (*cf.* aptitude, solitude).

La syntaxe : les phrases, les énoncés

Les mots doivent aussi être combinés selon les *règles syntaxiques* de la langue, permettant alors de produire une infinité de phrases. S'il est possible de communiquer verbalement en juxtaposant des mots pleins[28] (style télégraphique), l'usage de la syntaxe permet des énoncés élaborés, plus précis, beaucoup *moins ambigus*. On peut constater l'importante différence de signification entre « je parle à papa » et « je parle de papa » et au contraire l'ambiguïté d'énoncés du type « moi parle papa ». En français, la syntaxe consiste essentiellement en l'ordre des mots (Paul bat Pierre//Pierre bat Paul), des flexions[29] (des adjectifs : heureux, heureuse ; des verbes : je chante, nous chantons, je chantais) et des petits mots fonctions (j'y arrive//j'en arrive).

Récits et discours

De même que les phrases ne sont pas seulement des suites de mots, les récits ne sont pas non plus uniquement des suites de phrases. Ces dernières sont organisées *selon des règles propres* qui constituent une « super syntaxe » discursive, essentiellement caractérisée par l'emploi de connecteurs (donc, cependant, en effet, pendant ce temps-là, or, mais, c'est pourquoi, alors, pourtant, bien que), assortis de règles de reprise partielle des informations précédentes (référence aux informations précédentes, en particulier pronoms) et d'ajouts d'informations nouvelles. Cela contribue à la construction d'un tout structuré, hiérarchisé, porteur d'une macrosignification.

- Réseaux dédiés : zone de Broca.

[28] Les mots « pleins » réfèrent à une représentation mentale identifiable (noms, adjectifs, verbes) et s'opposent aux mots « vides » (dont le signifié, le sens est « vide ») ou « mots fonction » tels les mots grammaticaux : de, du, en, y, au, à, pour…

[29] Flexion : modification de la terminaison du mot (désinence) en fonction de ses caractéristiques grammaticales.

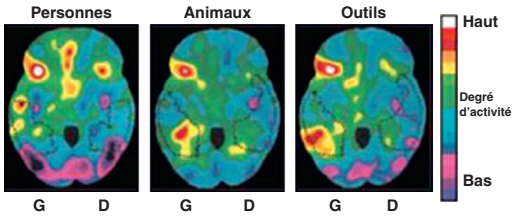


Fig. 2.4. Activation (jaune/rouge) de différentes régions cérébrales en *fonction de la catégorie* des images présentées.
Nommer des outils active les aires prémotrices frontales (identiques à celles qui s'activent lors de l'*utilisation* réelle de l'outil) ; nommer des animaux recrute des aires visuelles, et des personnes des aires temporales. *Source : www. le cerveau à tous les niveaux*

La sémantique : la signification

La compréhension du langage oral (discours, récits, dialogues, etc.) sollicite la collaboration étroite et coordonnée de nombreux réseaux (y compris dans l'hémisphère droit). En effet, les réseaux qui supportent l'accès à la signification des *mots* sont localisés dans différentes parties du cerveau, en fonction de leur *catégorie* : outils, animaux, personnes, couleurs, etc. Cependant, on note l'implication particulière de régions temporales de l'hémisphère gauche (fig. 2.4).

La pragmatique : l'efficacité de la communication

L'usage fonctionnel que les sujets font de la langue *en situation de communication* définit la pragmatique. On parle d'« actes de langage ». L'efficacité de la communication verbale dépend des buts poursuivis par le locuteur et des relations qu'il entretient avec ses interlocuteurs : on ne s'exprime pas de la même façon selon que l'on parle à son enfant, son voisin, son patron, un inconnu ; que l'on parle du beau temps, de philosophie ou de recettes de cuisine ; que l'on cherche à convaincre son interlocuteur ou que l'on sollicite un service, etc.

Le niveau de langage, le choix des mots et les intonations marquent ces différences et traduisent l'adaptation à la situation. Le « comment le dire », les gestes, regards ou attitudes accompagnant ses dires s'apprennent *implicitement* au cours d'interrelations sociales. Ces manières de dire dépendent fortement de l'éducation, des normes culturelles, de l'époque.

La signification d'un énoncé est donc loin de se déduire du couple lexique/syntaxe, qui la sous-tend sans la résumer.

- Réseaux dédiés : ceux qui sous-tendent la cognition sociale (chapitre 1) et les fonctions exécutives (chapitre 5).

En résumé

Chacun des sous-systèmes du langage repose sur des réseaux spécialisés de neurones dédiés qui, en liens dynamiques et étroits avec les autres, permet la compréhension en temps réel et/ou l'expression *automatiques* du langage. Ces différents niveaux sont remarquables sous différents aspects :

- ils sont *indépendants de la modalité* de langage utilisée, de sa forme de surface (orale, écrite, gestuelle) ;
- il existe :
  - un niveau non signifiant (infralexical), sortes de briques élémentaires servant à la construction de la langue, dont le substrat cérébral est *strictement supporté par l'hémisphère gauche*, fondateur des langues écrites alphabétiques,
  - un niveau porteur de sens (mots, phrases, discours), sémantique, dont le substrat cérébral, bien qu'essentiellement hémisphérique gauche, est bilatéral. L'hémisphère droit participe grandement au traitement sémantique du langage (et aux aspects communicationnels, telles les intonations) ;
- les processus qui permettent de passer d'un niveau à un autre sont des mécanismes de *combinatoire*. À chaque niveau linguistique, ces différentes combinatoires sont contraintes par des règles spécifiques.

On note bien entendu une forte influence *culturelle* à tous les niveaux, prédominante en ce qui concerne les aspects pragmatiques du langage.
Nous appelons aspects *structurels* ceux qui sont contraints par cette organisation cérébrale.

Aspects développementaux

Les bébés naissent équipés de « boîtes à outils » spécifiques (compétences précoces [chapitre 1]), de compétences préprogrammées (innées) qui leur permettent de traiter d'emblée certains aspects des informations linguistiques de leur environnement.

Le langage se construit *dans les interactions entre ces aptitudes innées et la relation au monde*, faite d'échanges affectifs, d'expériences, d'ajustements réciproques (compétences sociales).

Dès 1998 Dehaene-Lambert et Houston mettent en évidence chez le bébé l'existence de réseaux spécifiques du traitement des sons de parole (*versus* les bruits) : d'*emblée* la parole est distinguée des autres signaux auditifs. « Les résultats obtenus en IRM-f et en potentiels évoqués haute densité chez des nourrissons montrent que le cerveau est précocement organisé en réseaux fonctionnels proches de ceux de l'adulte. Ceci suggère que l'exposition à la langue maternelle ne crée pas de nouveaux réseaux, mais façonne des réseaux précontraints par notre patrimoine génétique » (Dehaene-Lambert, 2004).

C'est pourquoi, au-delà des grandes variations *interculturelles* et des importantes variations *interindividuelles*, le développement du langage oral chez l'enfant suit, sur le fond, de grandes étapes invariantes, universelles. Il n'est pas question ici de reprendre l'ensemble des éléments du développement du langage de l'enfant typique, car de nombreux ouvrages s'y consacrent auxquels le lecteur pourra se reporter (Chevrie-Muller et Narbona, 2007).

Nous voulons simplement mettre en exergue quatre points, qui nous paraissent particulièrement éclairants pour la compréhension de la pathologie :
- les processus d'identification des mots ;
- la construction du lexique ;
- l'appropriation de la syntaxe ;
- le développement des compétences pragmatiques.

En marge de ces aspects linguistiques, nous aborderons la production de la parole dans ses aspects practomoteurs.

Identifier les mots

Identifier les mots au sein des énoncés oraux n'est pas un processus trivial. Deux actions essentielles, automatiques, disponibles d'emblée, permettent au bébé d'identifier les mots :
- la compétence à *segmenter* le flux de paroles qui lui est adressé ;
- celle de *discriminer* les unités ainsi isolées pour les apparier à une signification.

Segmenter le flux de paroles

La parole adressée à l'enfant est d'abord perçue comme un flux ininterrompu de sons, un *continuum* qu'il faut découper pour en extraire syntagmes[30] ou mots. Pour scinder ce flux continu en unités de sens, le bébé utilise (principalement) la *prosodie* : accentuations de certains sons dans les mots, de certains mots dans la phrase, « musicalité » propre à la langue, rythme, marques intonatives.

La prosodie : un « ciseau » pour découper le flux de langage

Par exemple, les nouveau-nés français (Christophe et al., 1994) distinguent une même séquence syllabique (*mati*) selon qu'une frontière de mots est présente (« panorama typique ») ou non (mathématicien).

L'*amplification* de l'inflexion des contours prosodiques, associée à une simplification des énoncés, faciliterait la segmentation du discours en unités discrètes, focaliserait l'*attention auditive* sur les éléments ainsi isolés et signalerait leur caractère central au niveau du sens.

Le « mamalais » ou *motherese* (Pinker, 1999)

Dans toutes les langues et toutes les cultures, les adultes (et les grands enfants) s'adressent aux tout-petits en utilisant un langage spécialement approprié, fait de phrases courtes et simplifiées (lexique, syntaxe), mais surtout *en parlant plus lentement et en exagérant les intonations*. Ce « langage des mamas » facilite le repérage des unités de sens puis des unités mots par l'enfant.

[30] Un syntagme est un groupe de mots qui forme une unité par son sens ; il est souvent compris initialement par l'enfant comme « un seul mot ».

Discriminer les oppositions phonologiques

Chaque langue utilise un éventail fini et caractéristique de sons (la phonologie) dont certains sont, très proches, ne peuvent pas être discriminés sur des critères *acoustiques*. Ce sont les capacités cérébrales qui permettent de *discriminer* ces sons.

Discrimination acoustique (auditive) *versus* discrimination phonologique (cérébrale)

La différence entre ces deux modalités est plus facile à appréhender si l'on s'imagine dans la situation d'être dans un pays dont on ignore la langue. La « simple » répétition d'un mot étranger est problématique car nous « n'entendons » pas certains sons, ou nous les « entendons » de manière incomplète ou déformée. Or, nos capacités acoustiques sont bien évidemment les mêmes que dans notre pays natif, notre audition ne se dégrade pas à l'étranger ! Ce ne sont pas les capacités auditives qui permettent de distinguer les sons propres à chaque langue : c'est une capacité *cérébrale* (linguistique), acquise durant la petite enfance.

Discriminer les sons proches (les contrastes phonologiques dans *sa* langue) est fondamental pour différencier des mots qui, sinon, seraient confondus, tels des homophones (classe/glace, cage/cache, cadeau/gâteau, etc.).

De nombreux travaux effectués chez des tout-petits (0–2 mois) ont régulièrement montré la capacité universelle des bébés à discriminer *tous* les contrastes phonologiques *existants dans les différentes langues connues*. Ces étonnantes capacités des bébés sont génétiquement déterminées et font partie de l'équipement dont le petit humain dispose dès sa naissance.

Au fil des mois (fig. 2.5), en fonction de la durée d'exposition à leur langue maternelle (souvent appelé « bain de langage »), les bébés *perdent* peu à peu la capacité à discriminer les contrastes phonologiques qu'ils n'entendent jamais (mort neuronale et/ou régression de certaines connexions interneuronales) : ils se « spécialisent » dans ceux existants dans leur langue (création et/ou réarrangements des connexions interneuronales, sous l'effet de l'expérience et de l'apprentissage). L'enfant gagne en performance (déchiffrer sa langue maternelle) *parce qu*'il perd de ses potentialités universelles.

NB. Le développement ne consiste donc pas toujours en une « accumulation » de capacités, il résulte aussi d'une *spécialisation* progressive permettant de meilleures performances et une *adaptation* plus étroite à un environnement donné.

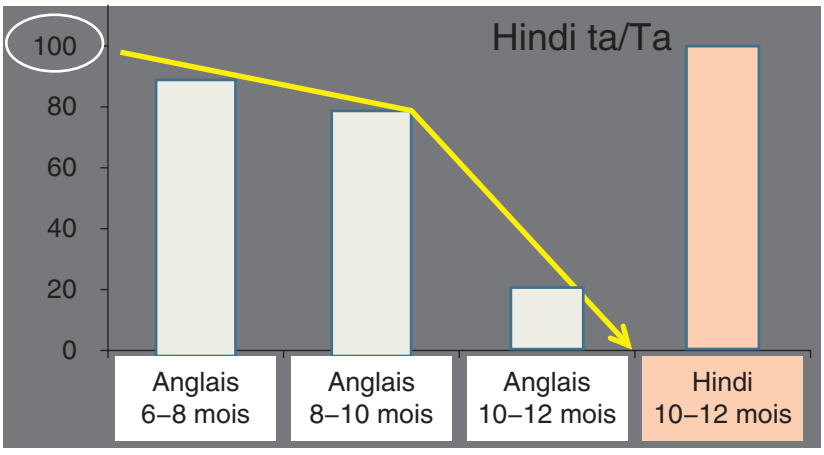


Fig. 2.5. Sélection des aptitudes phonologiques en fonction de la langue environnante.
Discrimination phonologique ta/Ta : /T/ interdental *versus* /t/ palatal existant en hindi et non en anglais : les bébés anglais perdent cette capacité vers 10–12 mois. Les jeunes hindis, qui entendent ce son dans leur langue maternelle, conservent cette possibilité intacte. *Source : Werker JF, Tees RC. Cross-language speech perception : evidence for perceptual reorganization during the first year of live. Infant Behavior and Development 1984 ; 7 : 49–63.*

Ainsi, dès 8–10 mois les babillages des bébés reflètent les caractéristiques prosodiques de leur langue maternelle. Dès 9 mois, les bébés « préfèrent » les séquences phonotactiques légales dans leur langue. Vers 11 mois (Snoeren et al., 2008), ils deviennent sensibles aux mots de la langue (canard, chaussure). S'ils acceptent certaines imprécisions phonologiques (ganard pour canard par exemple), ils ne reconnaissent pas des productions plus éloignées (chauture pour chaussure).

Construire le lexique

Une fois la suite phonologique isolée, celle-ci doit être *appariée à sa signification* (un objet, une situation, une émotion, un concept) et mémorisée (réseaux lexicaux ou lexico-sémantiques). Pour ce faire, le jeune enfant doit être capable d'une *attention conjointe* (10–16 mois [chapitre 1]) : le bébé peut alors focaliser son attention sur l'objet désigné par la ligne du regard (ou du doigt) de son interlocuteur pour partager alors précisément ce qui est dénommé.

Acquisition du lexique

Cet apprentissage se fait par imprégnation pour le vocabulaire élémentaire : l'enfant interroge, désigne, l'adulte dénomme. L'enfant associe alors objet (ou situation, événement, émotion, etc.) et mot (syntagme) produit par autrui. Mais il peut faire des erreurs de sens, effectuant des particularisations ou au contraire des généralisations abusives. Dans ces cas, lors de réutilisations erronées du mot, des informations complémentaires lui seront fournies, soit explicitement par des corrections ou précisions apportées par l'adulte, soit implicitement *via* les informations fournies par le contexte extralinguistique.

Les mots certes, servent d'abord à étiqueter les objets et à nommer des actions ou séquences d'actions de la vie quotidienne ; ils sont appris (puis produits) *dans un contexte* discursif et expérientiel partagé avec l'adulte. Mais il serait erroné de croire que l'enfant n'utilise initialement que des mots *concrets* ; précocement, les enfants peuvent signifier des notions telles qu'*encore* ou *fini*.

Entre 18 mois et 3–4 ans, le stock lexical s'accroît d'une façon spectaculaire : on parle d'*explosion lexicale* concernant surtout l'acquisition de verbes et d'adjectifs. Pour les enfants français cela semblerait plutôt se produire aux alentours de 24 mois (Kern, 2004). Cette brusque modification dans le rythme d'acquisition pourrait être reliée au développement de la mémoire (chapitre 4), en particulier la mémoire à court terme (Dapretto et Bjork, 2000). C'est aussi le moment où l'enfant prend conscience que « tout a un nom » : il désigne et attend qu'on lui nomme tout ce qui existe dans son environnement.

Vers 18 mois, on note l'émergence du mot phrase : « *biberon* » pouvant signifier *le biberon est là* ou *je veux mon biberon*. Vers 2 ans apparaissent les phrases à 2 mots juxtaposés (*biberon-fini*). Vers 3 ans, l'enfant peut produire *au moins* 100 mots (le plus souvent de 300 à 1 000).

Ce premier lexique est très lié aux situations de communication et aux échanges interpersonnels que l'enfant noue avec son entourage. Les variations interindividuelles sont importantes et la norme ne saurait être jugée en dehors de test étalonnés.

Le lexique *réceptif* commence à se construire dès la naissance, et particulièrement entre 10–12 mois. Il *précède* d'environ trois à six mois la production des mots compris.
Le lexique *expressif*, ce que dit l'enfant, ne peut donc *jamais* être investigué sans une évaluation *préalable* de son lexique réceptif.

Organisation du lexique en mémoire

C'est une conception *en réseau*, s'appuyant sur des modèles issus des théories connexionnistes,[31] qui permet d'envisager comment se fait la *mise en mémoire du lexique* et rend compte de l'égale disponibilité pour le sujet d'un nombre considérable de mots, dans des temps très brefs.

[31] Le connexionnisme modélise le fonctionnement cérébral comme des suites d'interactions (de connexions) entre éléments de base (neurones ou réseaux de neurones), d'où *émergent* les fonctions cognitives (au contraire des modèles cognitifs auxquels nous nous référons implicitement habituellement, et qui considèrent que les opérations cognitives de base sont les *représentations* mentales). Ces deux visions ne sont probablement pas aussi opposées qu'il y paraît et de nombreux points de convergence se font jour entre ces différentes théories du fonctionnement cérébral (voir aussi note nº 67, p. 130).

Réseaux sémantiques : description

La notion de réseau sémantique (fig. 2.6) insiste sur trois idées principales :

- chaque concept constitue ce que l'on appelle un *nœud* du réseau ;
- ce dernier est relié, connecté à un très grand nombre d'autres. La distance entre deux nœuds, appelée arc, n'est pas fixe : elle est d'autant plus faible, plus courte, que les concepts sont plus étroitement liés, par le sens, par l'expérience, par le son…
- l'*activation*, à partir d'un des éléments du réseau, *diffuse automatiquement* à l'intérieur du réseau. La diffusion de cette activation dépend de la distance entre deux nœuds, l'activation diminuant quand la distance augmente.

Dans cette conception, la *trace mnésique* n'est pas un élément matérialisé, existant « en soi ». L'information est présente seulement *si* le réseau est activé, au moment de la connexion entre les éléments. Le manque du mot, le mot « sur le bout de la langue » se comprendrait alors comme une difficulté *actuelle* d'accès à un nœud, en raison d'anomalies d'activation des connexions. Le mot est en effet présent dans le lexique, puisque quelques secondes ou quelques jours plus tard, par la même sollicitation ou par une autre, le mot est à nouveau disponible.

Réseaux sémantiques : fonctionnement

La notion de *diffusion automatique de l'activation* rend compte de plusieurs phénomènes observables en recherche, mais aussi en pratique clinique et en pathologie :

- lors des tâches d'associations libres (ex. : épreuve de fluence verbale), les mots évoqués dépendent non seulement du dernier mot évoqué, mais aussi des précédents ;
- alors même que le sujet a décidé d'abandonner la recherche d'un mot en mémoire, une fois lancée la recherche (activation du réseau) ne peut plus être stoppée volontairement ;
- en dénomination, on note l'émergence préférentielle et systématique de mots du lexique de base (fig. 2.7).

Si les réseaux sémantiques peuvent être imaginés comme propres à chaque individu, une organisation catégorielle du lexique en mémoire est cependant *commune à tous*. Ainsi, lorsqu'on demande à des sujets de dénommer ce dessin (fig. 2.7), personne ne donne jamais en première intention une réponse du type « c'est un végétal » ou « c'est une plante » (niveau catégoriel, dit super-ordonné), bien qu'il s'agisse évidemment sur le plan logique de réponses tout aussi justifiées. Mais ces mots ne viennent pas à l'idée : ils sont manifestement moins *disponibles* (dans

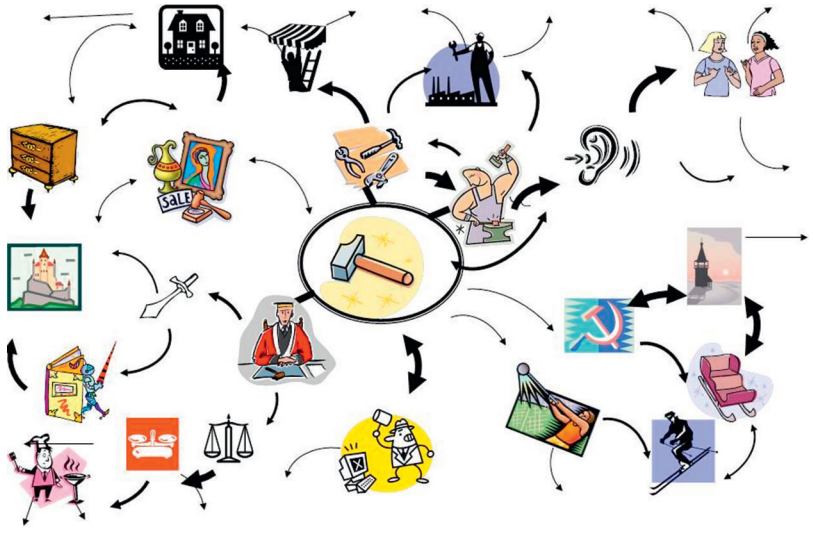


Fig. 2.6. Une construction unique et individuelle. Extrait d'un réseau sémantique : faire des liens (écologiques, expérientiels, conceptuels).



Fig. 2.7. Les réseaux sémantiques : une organisation catégorielle universelle.
Le lexique est organisé *par analogies autour d'un prototype* : tous les exemplaires d'une classe ne sont donc pas équivalents en termes de fréquence et d'accessibilité.

cette tâche précise) que « fleur » ou « marguerite » (exemplaire prototypique de la classe des fleurs), et ce chez *tous* les sujets.

Le lexique s'organise donc par classes autour d'un ou plusieurs prototypes qui servent à définir les éléments de la classe sur des *critères d'analogie* : on dit que les prototypes maximalisent la ressemblance intraclasse et minimisent les ressemblances interclasses.

Par ailleurs, on décrit *trois principaux niveaux* d'organisation dans le lexique :

- le niveau de base qui est celui du ou des prototypes ; lors de tâches de dénomination ou d'évocation, on constate une nette prédominance lexicale à ce niveau ;
- le niveau super-ordonné, généralement celui de la catégorie ;
- et le niveau subordonné ou spécifique, qui spécifie les différents exemplaires de la classe, niveau toujours le plus difficilement accessible.

Au total

Le lexique et tous les savoirs constitutifs de la signification des mots de la langue s'organisent progressivement dans la première enfance à partir de l'exposition langagière (acquisition implicite), complétée ensuite d'apprentissages explicites de la part de l'entourage (famille, école). Ce savoir est d'abord un *savoir mémorisé,* organisé en catégories régies par des critères d'analogie.

Développement de la syntaxe

Les processus d'acquisition de la morphologie et de la syntaxe, c'est-à-dire des *règles* qui régissent la langue sont très différents. Ils ne requièrent pas les mêmes compétences que la mise en place du lexique fondamental (d'où *en pathologie* une possible et fréquente dissociation entre les compétences lexicales et les compétences syntaxiques qui doivent donc être investiguées séparément).

L'enfant repère les structures de la langue environnementale à travers les énoncés des locuteurs qui l'entourent. Il extrait implicitement et progressivement, *en fonction de leur fréquence,* les lois qui fonctionnent dans sa langue. Les caractéristiques présidant au développement de la syntaxe sont donc :

- l'*extraction* d'invariants (les règles), à partir des milliers d'énoncés auxquels le sujet est exposé ; ceci souligne l'importance de la qualité, de la cohérence et de la structuration du « bain de langage » proposé à l'enfant (fonction du milieu socioculturel) ;
- le caractère *implicite* de ce savoir (ce n'est guère avant 8–10 ans que les enfants pourront réfléchir, comprendre, manipuler explicitement les notions syntaxiques et grammaticales, *cf. métalangage*) ;
- *son application automatisée* lors de la production langagière.

S'approprier la syntaxe est un travail progressif et long. On constate des maladresses syntaxiques jusque 4–6 ans, qui sont justement le reflet de ce travail de découverte implicite des règles de la langue, l'enfant produisant encore des énoncés illégaux par généralisation abusive d'une règle existante (erreur de *régularisation*), ou par méconnaissance des irrégularités et exceptions. On parle alors de *bonnes fautes* qui ne sont pas pathologiques mais, au contraire, assurent que le système morphosyntaxique est bien en cours de construction, selon des stratégies habituelles. L'enfant construit ce savoir par *analogie* (ils *couriront versus* ils finiront/il *disât versus* il raconta).

Les premières marques syntaxiques apparaissent vers l'âge de 2 ans ½–3 ans. L'enfant produit des phrases d'au moins trois éléments dans lesquels il peut inclure les premiers marqueurs syntaxiques : négation, marque du pluriel. L'intégration progressive de la syntaxe (3–7 ans) se traduit aussi par une

augmentation de la longueur moyenne des énoncés (LME) : 4 mots en moyenne aux alentours de 36 mois (au-delà de cet âge, la LME est très variable selon les individus et les contextes d'énonciation).

Au total

Pour que les performances syntaxiques puissent s'exprimer, il faut non seulement que les structures cérébrales dédiées soient intactes, mais encore qu'elles soient *confirmées* par l'expérience et *instruites* par l'exposition à une langue structurée de façon cohérente, afin que les divers énoncés fournissent une masse importante d'exemples et contre-exemples suffisamment congruents.

Développement des compétences pragmatiques

Sur le plan pragmatique, les compétences langagières de l'enfant sont d'abord le reflet de ses compétences sociales et relationnelles. D'emblée, le bébé dispose de compétences communicationnelles très efficaces : regards, mimiques, sourires, attitudes. Sur le plan linguistique, non seulement les bébés vocalisent plus en présence d'un adulte, mais dès 3–4 mois, ils savent prendre leur tour de parole. Ils vocalisent à tour de rôle, avec des séquences de vocalises et des silences durant lesquels ils laissent leur interlocuteur leur *répondre*.

Différents axes doivent être considérés simultanément pour étudier la compétence pragmatique du sujet et son évolution : l'intentionnalité, la gestion de l'échange, l'adaptation, l'organisation de l'information. Il est cependant très difficile de préciser une progression dans ces domaines, d'une part parce qu'elle est difficile à cerner précisément (il s'agit de l'ensemble des actes communicationnels, des stratégies relationnelles et de leur contexte), et d'autre part, car cela dépend du style relationnel de l'enfant (personnalité, niveau de langage, niveau de raisonnement, accès à la théorie de l'esprit, etc.) et des habitudes familiales et culturelles. Aussi, nous nous limiterons ici aux domaines qui donnent des repères utilisables par les cliniciens (Kail et Fayol, 2000), à savoir d'une part la pragmatique des énoncés chez l'enfant et d'autre part la production de discours et récits.

Pragmatique des énoncés (Bernicot, 2000)

- *La production des demandes* : les demandes de clarification (*quoi* ?) sont précoces, apparaissant dès 18 mois–2 ans. Les demandes de précisions (*où* ?), dès 3 ans. Entre 4 et 8–9 ans, l'enfant module ses demandes de plus en plus finement en fonction de l'interlocuteur.
- *Les engagements, les promesses* : ces énoncés concernent un futur plus ou moins proche et engagent les interlocuteurs sur une action à réaliser. Le futur proche (*je vais venir*) est compris dès 3–4 ans ; les adverbes de temps sont compris plus tôt que les marques temporelles des verbes (à partir d'environ 6 ans).
- *Les assertions et les états mentaux* : l'auteure propose six niveaux (tableau 2.1).
- *Le langage non littéral* (formes idiomatiques, ironie) : la compréhension des expressions idiomatiques en maternelle s'appuie essentielle-

Tableau 2.1. Assertions et états mentaux.

Évolutions	
1	Gestion de la production des énoncés. Par exemple, ajuster son langage à l'âge et au statut de l'interlocuteur. En cas d'échec de la communication, l'enfant ne reformule pas, au mieux, il répète mécaniquement.
2	Examen de l'effet produit par les énoncés. Par exemple, déterminer si l'auditeur a compris ou non et sinon, reformuler son énoncé.
3	Test face à la réalité : décider si un énoncé est adéquat, sinon le reformuler différemment.
4	Apprentissages délibérés : être capable de faire des jeux de rôle, c'est-à-dire de produire et reformuler des énoncés en fonction de caractéristiques attribuées à des personnages à la place desquels se met l'enfant.
5	Prédire les conséquences d'un énoncé : juger hors contexte si un énoncé est adapté à un locuteur donné ou une situation donnée, attribuer explicitement un état mental au personnage (paradigme de la fausse croyance).
6	Réflexions sur la production d'un énoncé : par exemple, expliquer pourquoi certaines phrases sont possibles et comment elles doivent être interprétées, expliquer l'attribution d'un état mental à des personnages (paradigme de la fausse croyance).

ment sur les éléments contextuels. L'accès au sens des expressions idiomatiques (5–9 ans), rigide et très conventionnel, dépend de leur « transparence », du contexte et de leur familiarité, mais aussi des intonations, de l'expérience culturelle.

Globalement, avant 6–9 ans, c'est essentiellement le *contexte* qui permet à l'enfant d'accéder à la compréhension langagière en situation.

Production de discours/ récits (Hickermann, 2000 ; Coquet, 2005)

« Pour que le discours soit cohérent, le locuteur doit réguler le flot d'informations d'un énoncé à l'autre, selon au moins deux principes d'organisation : le premier consiste à marquer le *statut de l'information*, qui correspond au caractère plus ou moins présupposé de l'information en fonction des connaissances mutuelles… Le deuxième principe d'organisation discursive est celui qui consiste à marquer les *plans du discours* en fonction du focus de la communication, faisant intervenir les procédures qui différencient l'avant-plan et l'arrière-plan du discours, et participe ainsi à l'expression des relations temporelles. »

À partir de 2 ans, 2 ans ½, l'enfant est capable de maintenir un thème conversationnel dans une relation avec l'adulte. Dans un premier temps, les discours (3–4–5 ans) sont souvent limités à des séquences d'événements familiers (ou *scripts*[32]) : à ce stade un étayage très important de l'adulte est nécessaire sans lequel il est difficile d'identifier dans le discours de l'enfant de quoi il parle et d'ordonner les événements. Vers 6 ou 7 ans, on voit l'émergence d'une stratégie consistant à organiser le récit ou discours *autour d'un thème* (personnage, événement) et à réserver les pronoms exclusivement pour ce référent.

En ce qui concerne la cohérence d'un récit les enfants s'appuient sur une représentation cognitive du *schéma narratif*[33] lors de tâches qui impliquent la production, le rappel ou la compréhension d'histoire. Globalement, c'est vers 7 ans qu'émergent les marques de cohésion du discours. Elles évoluent jusqu'à 10 ans (introduction du cadre spatial, utilisation des marques temporelles).

Développement du langage : synthèse

Le système langagier est complexe et constitué de sous-systèmes imbriqués qui ont chacun des caractéristiques propres, non seulement sur le plan fonctionnel mais aussi sur le plan développemental. Cette architecture est le socle qui permet de comprendre la pathologie développementale, les dysphasies (tableau 2.2).

Toutes ces compétences se développent à des rythmes individuels très personnalisés, influencés par différents facteurs (structurels ou psychoaffectifs) intimement mêlés (héritage génétique, environnement, histoire) qui confèrent à chacun un développement langagier unique.

L'objectif des échanges langagiers n'est pas la production d'énoncés académiques mais le *partage* d'informations, expériences, états mentaux…

La parole (aspects practomoteurs)

La parole représente la *sonorisation* du langage. Le langage en tant que *fonction cognitive*, n'est pas obligatoirement lié à la parole : les langages écrit, intérieur, signé, n'ont pas besoin d'être sonorisés. Le langage peut donc être investigué (en particulier dans son versant afférent, la compréhension) en dehors de toute parole produite par le sujet.

[32] Un script est une suite d'actions ou d'événements *familiers* pour les locuteurs (donc culturellement dépendant), séquence à laquelle on peut se référer sans avoir besoin d'en préciser les différents éléments. Exemple, le script *aller au restaurant* = entrer dans un établissement qui fournit des repas, regarder le menu, choisir des plats, commander, attendre, se faire servir… payer. Il suffit de dire *je suis allé au restaurant* pour que les locuteurs évoquent tout ou partie de cette séquence.

[33] Le schéma narratif est le squelette dans lequel s'inscrit tout récit : présentation des personnages et situation initiale, événement (rencontre, conflit…), action (aventure, épreuves…), résolution de l'événement, situation finale.

Tableau 2.2. Trois sous-systèmes bien différenciés.

	Type d'informations	Type de traitements	Processus développementaux
Phonologie	Éléments infralexicaux	Combinatoire ou Segmentation	Sélection
Lexique	Signes	Sémantiques (traitement analogique)	Inscription mnésique en MLT (réseaux lexico-sémantiques)
Syntaxe	Règles	Calculs statistiques (implicites)	Extraction d'invariants
Pragmatique	Situation, contexte, mimique, intonation, regard, posture, etc.	? (cognition sociale/ environnement culturel)	Interactions sociales

MLT : mémoire à long terme.

Motricité buccophonatoire

Les sons sont produits par la vibration du larynx et des cordes vocales (mise en tension) et la modulation de l'air venant des poumons au temps expiratoire (articulateurs et résonateurs[34]).

Articulation

Les voyelles sont produites par le passage de l'air dans les cordes vocales et modulées par la position de la langue et des lèvres.

La production des consonnes peut être caractérisée par trois éléments :

- leur point d'articulation, le lieu où il y a obstacle au passage de l'air (bilabiale ex. : /b/, labiodentale ex. : /v/, dentale, apicodentale ex. : /t/, …) ;
- leur mode d'articulation (occlusive /t/, nasale /n/, fricative /s/…) ;
- le voisement (vibration des cordes vocales), ex. : /b/ voisé, /p/ non voisé.

La production de sons de parole, l'accès aux sons articulés (modulations fines, sons complexes) n'est *anatomiquement* possible chez le petit enfant que vers 12-18 mois, quand la descente du larynx engendre un espace pharyngé suffisant pour l'autoriser (Laitman, 1986).

Pathologies neuromotrices (dysarthries)

On distingue, selon les mécanismes neurologiques qui affectent les organes buccophonateurs :

- les *troubles de la commande motrice*, avec paralysies et troubles du tonus (hyper- ou hypotonies) ; ce sont les dysarthries paralytiques ;
- les *mouvements anormaux* touchant la sphère orale : dystonies ou dysarthries athétosiques, secondaires à des atteintes des noyaux gris ;
- les *troubles du contrôle* (intensité, amplitude) et *de la régulation* (dyschronométrie et asynchronisme dans la contraction des divers groupes musculaires impliqués et entre souffle et parole), fonctions dévolues aux centres cérébelleux ; ce sont les dysarthries cérébelleuses.

Parole et déglutition

Pour parler, il ne faut ni inspirer ni avaler en même temps : ces trois actions doivent s'enchevêtrer, donc être régulées finement, *automatiquement*, sans jamais être simultanées. Les pathologies de la parole et celles de la déglutition, partageant de nombreuses structures anatomiques, sont inextricablement imbriquées.

Production de la parole

La parole n'est pas seulement une suite de sons articulés. Pour garantir sens et intelligibilité pour l'auditeur, elle doit être fluide et intégrer accentuations et musicalité propre à la langue.

[34] Les cavités de résonance sont constituées d'une part du *pharynx* et d'autre part de la *cavité buccale*. Les organes articulateurs, qui se mobilisent pour moduler finement les divers sons, sont le pharynx, le voile du palais, la langue, les lèvres, le maxillaire inférieur.

Coarticulation

L'articulation de chaque phonème est *contrainte et modifiée par les précédents et les suivants*. Des chevauchements se produisent : la réalisation d'un son dans un mot ou une suite de mots dépend des caractéristiques des sons voisins. Ces phénomènes de recouvrement et d'imbrication, non audibles, sont *nécessaires* pour assurer une parole mutuellement intelligible entre locuteurs. Certains segments vocaliques donnent en effet des informations implicites sur le segment suivant.

La coarticulation est à l'origine de phénomènes tels que :

- assimilation (un trait distinctif d'un son se propage au précédent ou suivant) très fréquente chez le tout petit (gâteau → /tato/), toujours présente chez l'adulte (absent → /apsent/) ;
- élision (au r'voir, j'veux bien) ;
- interversion (aéroport → aréoport, infarctus → infractus) ;
- ajouts (ours polaire → /oursepolaire/), etc.

Les liaisons contribuent aussi à la fluidité du discours (« il y est » : pas de production du son /t/ *versus* « il y est invité »).

Praxies buccophonatoires

La capacité à planifier, programmer et effectuer ces *enchaînements de gestes* buccophonatoires complexes (chapitre 3) est indissociable de la capacité de produire fluide des mots et énoncés (et non d'une succession de phonèmes isolés). Le trouble du développement de cette capacité est à l'origine de la dyspraxie verbale (trouble de la *parole*).

Développement

La mise en place et la maturation de ce système sont longues. Certains enfants parviennent à une parole claire très précocement, mais on rencontre, banalement, de nombreuses déformations qui peuvent être tolérées jusqu'aux alentours de 5–6 ans. Habituellement :

- 2–4 ans : duplication de syllabes (/tutu/ = voiture) ; omissions des finales (élisions (/watu'/ = voiture) ; occlusification (/ati/ = assis) ; nasalisation (/manane/ = banane) ;
- 3–3 ans ½ : difficultés avec les sons m/p/b (canion = camion, pato = bateau…) ;
- 4–4 ans ½ : problème résiduel avec d/t, g/k, j/gn…

Entre 5 et 7 ans, le système de production de la parole doit être intégralement en place.

Au total

De même que le langage ne peut être réduit à la parole, la production de la parole ne peut être réduite à la capacité de produire isolément des sons. L'intelligibilité, la modulation et la régulation fine du flux de parole et des intonations, résultat d'*actions complexes et coordonnées*, est indispensable à la réussite du « geste de parole ».

Soulignons la relative indépendance de la parole et du langage : parole intacte et absence de *langage* sous-jacent (ex. : psittacisme), et inversement (plus fréquent), langage masqué par une *parole* impossible, très altérée.

Dysphasies

« On désigne habituellement sous le nom d'entendants-muets, un petit nombre d'enfants qui n'acquièrent pas le langage, alors qu'aucun déficit de l'intelligence ou de l'audition ne peut justifier une telle anomalie. (…) Il est habituel de classer les entendants-muets en deux groupes. (…) L'audimutité d'*expression,* décrite sous différents noms (alalie congénitale ou idiopathique, aphasie motrice d'évolution ou *dysphasie*…) est caractérisée par un déficit important de l'expression linguistique chez un entendant aussi bien sensoriel que gnosique dont le niveau intellectuel est normal ou subnormal. La compréhension du langage est classiquement normale. (…). La surdité verbale congénitale (ou

idioglossie, surdité psychique, ou audimutité par imperception auditive congénitale, *agnosie auditive,* verbale, congénitale, etc.) est caractérisée par une incompréhension du langage parlé et par un désordre de l'expression verbale chez un enfant dont l'intelligence et l'audition sont relativement normales »[35].

J. de Ajuriaguerra. *Le groupe des audimutités*, 1958

Définitions et limites

Actuellement ces enfants sont désignés sous différents termes : dysphasies ou troubles spécifiques du langage (TSL) ou du développement du langage (TSDL) ou du langage oral (TSLO).

- Le terme de dysphasie est habituellement utilisé par les *cliniciens* francophones, alors que le terme SLI (*Specific Language Impairment* dans la littérature anglophone) est utilisé préférentiellement par les *chercheurs* et dans la littérature internationale. Ces termes ne sont cependant pas synonymes. Contrairement au terme de dysphasie, beaucoup plus restrictif, celui de SLI inclut l'*ensemble* des retards, difficultés et troubles spécifiques du langage oral (spécifique étant compris comme *non global* = ne relevant pas d'une déficience intellectuelle ou d'un TSA). Certaines études montrent alors 8 à 12 % d'enfants atteints de SLI…
- Le terme de dysphasie, lui, désigne une *pathologie structurelle* (neurodéveloppementale) qui se manifeste par un trouble sévère et durable du langage, excluant *toute difficulté rapportée* à un faible niveau socio-éducatif *et* les troubles supposés transitoires tels les « retards simples de langage ». C'est un trouble spécifique satisfaisant aux critères diagnostiques de dys- (chapitre 1). Le terme de dysphasie implique donc d'avoir diagnostiqué un *trouble* (démarche diagnostique, recherche étiologique). Sa fréquence est la même dans tous les milieux socioculturels, mono- ou multilingues.
- La *prévalence* des dysphasies serait de 3 à 7 % selon les critères utilisés, dont environ 1 % de troubles graves. Le rapport Ringard (2000) fait état d'une fréquence d'environ 2 % des enfants d'âges scolaire et préscolaire.

Évaluer la prévalence ?

« Toute donnée sur la prévalence suppose que la définition du trouble soit acceptée et qu'une méthode fiable soit établie pour déterminer si un enfant est affecté ou non (…). Deux types de diagnostics bien connus (DSM et CIM) comprennent des définitions et critères qui s'appliquent aux troubles de la parole et du langage chez les enfants. Toutefois, ils n'ont pas été validés par le milieu scientifique, ne sont pas en harmonie, diffèrent de façon marquée de ceux souvent utilisés en recherche et en pratique clinique. »

Johnson, *Prévalence des troubles de la parole et du langage chez l'enfant*, 2008.

Sur le plan neuropsychologique, ce qui définit le champ des dysphasies et fonde la distinction avec les autres pathologies du langage (sans exclure une éventuelle conjonction de plusieurs pathologies chez certains enfants), c'est la responsabilité des structures cérébrales spécifiquement impliquées dans les traitements linguistiques.

Nous appelons donc *dysphasie* tout désordre langagier résultant d'une anomalie de développement des systèmes ou sous-systèmes cérébraux spécifiquement mis en jeu lors du traitement de l'information langagière. Il est important de souligner d'emblée l'emploi du pluriel (les dysphasies). Il s'agit en effet d'un *groupe de pathologies* au sein duquel on distingue des tableaux très diversifiés dont le pronostic et les modalités de prise en charge diffèrent très sensiblement.

[35] Les termes en italiques sont soulignés par nous (et non par J. de Ajuriaguerra).

Des tableaux hétérogènes

Selon les systèmes ou sous-systèmes concernés, isolément ou en association, on observe une diversité de l'expression clinique de la dysphasie.

La figure 2.8 illustre, de façon schématique, l'organisation neurofonctionnelle du langage *oral*, constitué de trois composantes spécifiquement linguistiques :

- le premier élément (voie d'entrée, *afférente*) est consacré au décodage et à la reconnaissance de l'*input*, celui des sons du langage parlé dans une communauté (phonologie). La *compréhension* du langage oral emprunte ces voies (sensorignosiques) audivo-verbales ;
- le constituant central, dédié aux différents traitements linguistiques, « traduit » la pensée en mots/phrases/discours et inversement. Cet élément est composé des trois sous-systèmes précédemment décrits, étroitement imbriqués : représentations phonologiques, lexique, règles morphosyntaxiques, et donne accès à la signification (sémantique). Ces *compétences linguistiques* intrinsèques sont évidemment liées aux capacités du sujet : facteur g, cognition sociale, fonctions exécutives (notées ici « contrôle, inhibition, stratégie »), mémoires (de travail, à long terme) ;
- la voie de sortie, l'*output*, permet de programmer puis de transmettre concrètement un message oral *via* la parole. L'*expression* emprunte les voies practomotrices indispensables à la réalisation de la parole (voies *efférentes*).

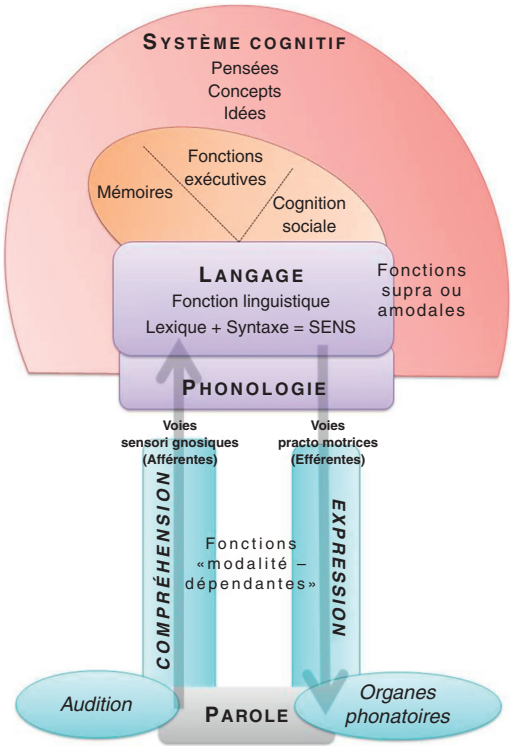


Fig. 2.8. L'organisation fonctionnelle du langage.

Compétences linguistiques

Les compétences linguistiques concernent l'ensemble des processus qui transforment les idées[36] en signes organisés, en langage, *quelle qu'en soit la modalité,* la forme de surface[37]. Elles sont communes à toutes les formes de langage ; elles sont *a-ou supramodales*, elles ne sont pas spécifiées pour une modalité langagière particulière (orale, écrite, signée). Ces réseaux traitent *toute* information qui a un format de type : signes (lexique) + règles (morphosyntaxe) = signification (sémantique).

Ceci implique qu'un dysfonctionnement du système « compétences linguistiques » (ou d'une partie de ce système), *amodal*, aura des répercussions dans *toutes les modalités* de langage.

Voies practomotrices et sensorignosiques dédiées au langage

Au contraire, les voies de la compréhension et de l'expression diffèrent *selon la modalité* de langage à décoder (compréhension) ou à encoder (expression).

Décoder ou encoder du langage oral, ou une langue écrite, ou des signes gestuels (LSF), ou… engage des voies modalités-dépendantes, qui font appel à des processus spécifiques *et* différents selon qu'il s'agit d'oral, d'écrit ou de langue des signes…

[36] Concepts, pensées, représentations mentales de toute nature.

[37] On appelle forme « de surface » l'apparence sous laquelle se manifeste le langage : oral, écrit, signé, sifflé…

Ceci implique que le dysfonctionnement de l'une ou l'autre de ces voies aura des répercussions *limitées à la modalité atteinte*. On pourra alors légitimement envisager d'utiliser une autre modalité pour permettre la compréhension et/ou l'expression, et faciliter l'accès à la composante « compétence linguistique » (remédiation).

Autres habiletés cognitives impliquées dans le langage

Évoquer le langage c'est bien évidemment parler des liens d'*interdépendance* qui l'unissent :

- aux compétences relationnelles, que nous avons regroupées sous le terme de *cognition sociale* (chapitre 1) ;
- au niveau intellectuel : le niveau de langage est habituellement lié au niveau de *facteur g*. L'enfant parle comme il raisonne ;
- aux *mémoires* (chapitre 4), qu'il s'agisse de la mémoire à long terme et/ou de mémoire de travail, indispensables à la compréhension du langage ;
- aux *fonctions exécutives* (chapitre 5), fonctions d'attention, de choix, de contrôle, de stratégie, de planification, d'adaptation à l'autre et à l'environnement.

Toute anomalie dans un de ces domaines cognitifs aura des conséquences qui infiltreront le langage (*sans* qu'il s'agisse de trouble *spécifique*, intrinsèque, du langage, donc sans qu'il s'agisse de dysphasie). Inversement, des anomalies initiales de structuration du langage (dysphasie) peuvent diffuser dans le développement de ces autres fonctions cognitives.

Diagnostic de dysphasie

Comme pour tous les dys-, il s'agit d'abord de s'assurer : que l'on est dans le domaine des *troubles* et que le trouble est *spécifique* au langage.

Ensuite, il faut *spécifier la nature et le type de dysphasie* dont souffre l'enfant, en évaluer les répercussions dans les autres secteurs de la cognition et dans les apprentissages, estimer le handicap afin d'ajuster et mettre en œuvre le projet thérapeutique.

Affirmer qu'il s'agit d'un trouble

Faire la preuve qu'il s'agit bien d'un trouble suppose de réunir simultanément plusieurs conditions :

- éliminer la responsabilité (essentielle ou prédominante) de *difficultés*, liées à l'environnement ;
- affirmer les critères d'intensité et de durabilité des anomalies constatées.

Troubles *versus* difficultés

C'est peut-être dans le domaine langagier que les limites entre troubles et difficultés sont les plus ténues. Les frontières ne peuvent se tracer aisément entre aspects « structurels » (d'origine neurodéveloppementale, particularité anatomo-fonctionnelle du sujet) et insuffisances liées à un environnement défavorable (social, linguistique, éducatif, psychologique…), tant ces deux versants du langage s'interpénètrent.

Les difficultés peuvent-elles engendrer des troubles ?

Ainsi, Sylvestre et Mérette (2010) montrent que la prévalence du *retard de langage* est significativement plus importante dans le sous-groupe d'enfants souffrant de déprivation affective.

Comment distinguer ce qui ressort de l'ordre d'un trouble ou plutôt d'une difficulté : une difficulté précoce et intense pourrait être à l'origine de modifications structurelles influençant négativement le développement (épigenèse [chapitre 1]) ? Des études anciennes posaient déjà la même problématique. O'Callaghan et al. (1995) s'interrogeaient sur la place respective des facteurs de risque sociaux et/ou biologiques dans une population d'enfants présentant des troubles de la compréhension du langage.

De même, chez certains enfants sourds qui ne disposent d'aucune langue durant leur première enfance, il semble légitime de relier leurs difficultés ultérieures à accéder de façon satisfaisante à la LSF (et plus encore à l'écrit) à des troubles structurels, secondaires à une déprivation linguistique prolongée.

Les troubles du langage ont longtemps été réduits à des aspects psychoaffectifs et/ou socio-éducatifs, la méconnaissance d'éventuels facteurs neurodéveloppementaux, leur négation, nuisant alors gravement aux dysphasiques. Ne commettons pas à présent l'erreur symétrique, en négligeant ou minimisant l'influence des facteurs psychoaffectifs et socio-environnementaux. Acceptons, dans certains cas, de ne pouvoir trancher sur l'origine *première* des troubles. Si des signes ou anomalies ressortent du diagnostic de dysphasie (*cf. infra*), il est alors licite de proposer les actions habituellement utiles aux dysphasiques, et de considérer que les déficits sociaux ou psychorelationnels initiaux précoces, intenses et durables ont pu être à l'origine d'atypies ou dysfonctionnements *structurels* (épigenèse), dont les manifestations ne sont malheureusement pas toujours positives pour le sujet.

Cependant, dans la grande majorité des cas, il reste possible – et très souhaitable pour une prise en charge correcte et adaptée des retards ou anomalies – *de distinguer troubles et difficultés*. Les cliniciens doivent donc disposer de repères pour distinguer au mieux ces deux situations, de nature différente, qui ne réclament pas le même type d'interventions auprès des enfants. Tout en sachant que l'association des deux éléments (difficultés aggravant les troubles) n'est pas chose rare…

Le programme « parler bambin » (Zorman et al., 2011)

Il s'agit d'un programme de renforcement langagier, conduit sur une durée de 6 mois, mis en place dans des crèches (enfants de 18–30 mois) situées en zone urbaine *sensible*, milieux très défavorisés de la région de Grenoble. Les stratégies utilisées par les personnels (après une formation adéquate) consistaient en incitation langagière (*que veux-tu* ?), enseignement explicite et renforcement à partir des énoncés produits par les enfants (reformulation, fourniture du modèle de la phrase ou du mot plus précis ou plus approprié), utilisation en petits groupes homogènes d'un imagier sur des séquences de 3 fois 20 minutes par semaine, servant de support à des jeux et des échanges langagiers, imagier donné à la famille afin de l'associer.

Les évaluations finales ont montré des progrès significatifs pour l'ensemble du groupe expérimental, alors qu'on ne notait pas d'évolution langagière significative dans le groupe contrôle. Les enfants qui avaient le plus faible niveau de langage initial ont le plus progressé par rapport au groupe témoin.

Effets d'un renforcement langagier non spécifique

Des actions de prévention et/ou de renforcement, de mise en œuvre de stratégies d'entraînements ciblés portant sur le langage (interactions, vocabulaire, complexité syntaxique), peuvent être proposées dans certaines crèches, écoles maternelles, quartiers défavorisés. Cette démarche détermine des progrès dans l'ensemble de la population visée, souvent plus importants encore chez les enfants ayant initialement le plus faible niveau de langage. Ceux qui n'en bénéficieraient pas (ou aux progrès minimes) seraient alors suspects de troubles structurels. Ils doivent être adressés pour un bilan neuropsychologique et orthophonique en vue d'un diagnostic de dysphasie. Ces programmes permettent donc de *différencier* troubles et difficultés, jouant un rôle de « filtre » signalant les dys-.

Une action individuelle peut aussi être envisagée (tutorat, renforcement pédagogique, écoute et production de récits…). Cette intervention non spécifique se propose de mettre l'enfant en situation de communiquer davantage, d'utiliser un niveau de langue plus approprié aux exigences scolaires et sociales en fournissant des stimulations linguistiques pertinentes plus fréquentes, intenses, complexes, cohérentes.

Aspects qualitatifs du langage

Le faible niveau de langage de l'enfant, lié à des insuffisances socio-éducatives, se traduit par des scores faibles et grossièrement homogènes en vocabulaire, syntaxe et longueur des énoncés. La préservation des capacités phonologiques et de mémoire de travail auditivo-verbale (mémoire phonologique à court terme) serait en faveur d'une difficulté.

Absence de signes positifs de dysphasie

On ne note pas, dans les difficultés de langage, les *déviances* et *dissociations* caractéristiques au sein des différents sous-systèmes langagiers caractérisant les dysphasies (*cf. infra*).

Intensité du déficit ou des anomalies

C'est l'association d'une part d'une performance pathologique (– 1,6 à – 2 DS) et d'autre part de signes pathognomoniques (les déviances) qui fonde le diagnostic de dysphasie.

- En l'absence de signe pathognomonique de dysphasie, des performances linguistiques situées entre – 1 et – 1,6 DS, peuvent simplement rendre compte de compétences très faibles au sein de la distribution normale des compétences linguistiques dans la population.
- Si des signes pathognomoniques sont présents, le diagnostic de dysphasie peut être posé quel que soit le niveau d'intensité des troubles : il existe dès lors la possibilité de diagnostiquer des dysphasies massives, sévères, modérées, mais aussi discrètes.

Durabilité du trouble et *retard* de langage

Enfin, la notion de durabilité du trouble est centrale pour le diagnostic de dysphasie, tenant compte de la variabilité extrême des rythmes individuels de développement, de l'interférence possible d'éléments à l'origine de *délais* hors norme dans le développement langagier.

On parle généralement de *retard* pour caractériser un décalage chronologique susceptible d'être comblé à court ou moyen terme. C'est pourquoi certains définissent le retard de langage comme un trouble *transitoire*.

Plusieurs remarques doivent être faites à ce propos :

- cette notion de retard et ce critère de durabilité des troubles avaient *initialement* contre-indiqué la pose du diagnostic de dysphasie avant l'âge de 6 ans. À l'époque, le diagnostic reposait exclusivement sur des signes d'exclusion (dits encore signes « négatifs » : exclusion de la déficience intellectuelle, d'un TSA). Ce critère d'âge n'a plus lieu d'être, *du moins* si l'enfant présente des *signes positifs* de dysphasie ;
- la notion même de troubles transitoires a été remise en cause par des études longitudinales récentes, qui montrent qu'il pourrait s'agir d'une récupération *illusoire*, ces enfants conservant en réalité des séquelles langagières à long terme.

On devrait désormais comprendre ces retards comme le signe d'un dysfonctionnement, certes discret mais susceptible de se manifester tout au long de la vie par de faibles talents dans *ce* secteur de la cognition, avec de potentielles répercussions scolaires et sociales.

Retard de parole/langage : un trouble transitoire ?

- Law et al. (2004) procèdent à une méta-analyse et montrent que 22 à 54 % des enfants diagnostiqués *retard de parole isolée* ont des troubles persistants, bien au-delà de 6 ans. Cinquante pour cent présentent des difficultés durables attestées par des épreuves de répétition et d'articulation, y compris à l'âge adulte. Ceux qui présentaient un retard de parole/langage, même lorsque le retard de langage semblait résolu, ont des difficultés dans le cursus scolaire, en lien en particulier avec une dyslexie apparue secondairement.
- Rescorla (2009) montre qu'en dépit d'un langage oral et écrit considéré comme normal, les enfants qui avaient consulté pour retard de langage entre 24 et 31 mois gardent, à 17 ans, des déficits significatifs dans certaines épreuves langagières (vocabulaire, grammaire, mémoire verbale) par rapport aux contrôles.

Spécificité du trouble (diagnostic d'exclusion)

Comme pour tous les dys-, il faut éliminer les troubles globaux du développement tels une déficience intellectuelle ou un TSA. Mais, concernant le langage, il faut aussi – *et d'abord* – éliminer une malaudition, une surdité.

Éliminer la malaudition

Les otites à répétition ont quelquefois été mises en cause ; la gêne perceptive, si elle est durable et intervient à certains moments clés du développement, pourrait mimer un « retard » de parole ou un « retard » de parole/langage.

Les surdités profondes sont habituellement reconnues précocement, alors que les surdités moyennes et légères sont plus difficiles à détecter car les symptômes en sont frustes : enfant ne répondant pas à la voix en milieu bruyant, enfant rêveur ou très remuant, parole modérément déformée.

Aussi devant toute suspicion de retard de parole/langage ou de dysphasie il est indispensable de prévoir une consultation ORL et de pratiquer un audiogramme.

Éliminer la déficience intellectuelle (vidéo 06)

En première intention, ce sont les épreuves de facteur g non verbales des échelles de Wechsler (Cubes, Matrices, Identification de concepts) qui permettront d'éliminer une déficience mentale. D'autres épreuves peuvent être utilisées : subtests Classification ou Analyse catégorielle des EDEI-R, subtest Catégorisation de la NEPSY-II…

Particularités des échelles de Wechsler chez l'enfant dysphasique

- Il ne faut cependant pas trop vite renoncer à des épreuves de facteur g *verbales* telles les Similitudes des échelles de Wechsler. Dans grand nombre de cas, les enfants dysphasiques produisent des énoncés maladroits et fautifs, mais compréhensibles, informatifs, pertinents.

Similitudes et langage oral

▪ « En quoi du jus de pomme et de l'eau se ressemblent ? » → « *e deux, a boit* ». Bien que mal formulée sur le plan linguistique, cette réponse est tout à fait correcte sur le plan conceptuel et peut être cotée exacte dans cette épreuve.

▪ De même certains enfants peuvent être assez informatifs pour obtenir un score correct au subtest C*ompréhension*. Ainsi, le jeune L. (Compréhension, NS = 11) peut expliquer que « si la maison brûle », il tape « un, huit » (18, numéro d'appel des pompiers) sur le téléphone. Ceci met en évidence des connaissances pratiques pertinentes et des capacités de communication efficaces.

Bien sûr, à l'inverse, si l'enfant échoue à ces épreuves, on ne peut statuer si c'est en raison du matériel verbal à traiter ou de son incapacité à effectuer l'opération mentale de catégorisation réclamée. L'échec est alors ininterprétable.

- Certaines épreuves de *catégorisation d'images* (donc a *priori* non verbales) réclament probablement quand même des compétences linguistiques, même si l'on ne demande pas à l'enfant de verbaliser, d'expliciter ses raisons ou ses choix.

Niveau super-ordonné et langage oral

Pour « mettre ensemble » (*Identification de concepts*) les dessins d'un bateau, d'un vélo et d'une montgolfière (par exemple), pour les réunir au sein d'une même catégorie, peut-être faut-il disposer du terme « moyen de locomotion ». Nous avons vu, en examinant l'organisation du lexique, que ces termes font partie du niveau super-ordonné et sont beaucoup moins disponibles que ceux du niveau de base (*cf.* fig. 2.7).

- *L'épreuve du Code* des échelles de Wechsler est souvent ratée alors qu'il s'agit d'une épreuve non verbale (fig. 2.9). Cette corrélation entre l'échec aux épreuves verbales et l'échec au Code n'est

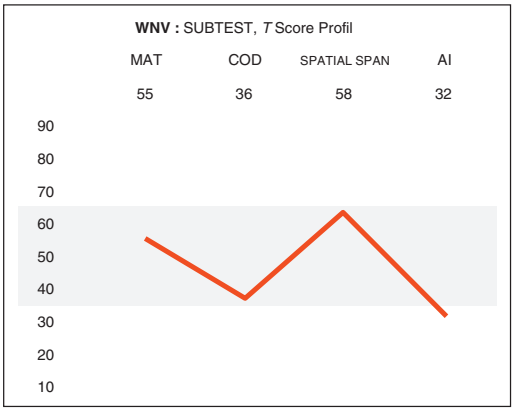


Fig. 2.9. Noémie, 9 ;9 ans, redouble son CE2 – Courbe caractéristique (WNV : échelles de Wechsler non verbales).
Notez, les bons résultats à Matrices et *Spatial Span*, avec une chute relative à Code et Arrangement d'images (AI). Le subtest *Arrangement d'images* (AI) sollicite lui aussi des aspects séquentiels et peut aussi comporter des aspects langagiers, linguistiques (alors même que le récit est *non oralisé*).

pas fortuite. Deux explications peuvent peut-être être avancées :

– le déficit en mémoire de travail : cela oblige l'enfant à revenir sans cesse au modèle, ce qui est la source à la fois de lenteur (épreuve chronométrée) et d'erreurs ;
– passer d'un code à l'autre est une activité liée aux symboles et aux règles qui les lient (ici, règles de transposition). Or, nous avons défini le système linguistique comme toute capacité abstraite (indépendante de la forme de surface) à traiter l'ensemble « signes + règles ».

Évolution des performances non verbales

Différentes études longitudinales ont entretenu l'idée d'un déclin cognitif chez les jeunes dysphasiques. Conti-Ramsden et al. (2012) dans une étude récente et particulièrement bien documentée (travail issu de la cohorte de Manchester constituée de 252 enfants SLI, suivis de 7 à 17 ans) montrent des résultats plus rassurants. Les auteurs ont constitué six sous-groupes d'enfants en fonction de leurs difficultés langagières, en particulier sur le plan réceptif. Les enfants du sous-groupe 6 ont les plus grandes difficultés en réceptif (et aussi les plus grandes difficultés en expression). Tous les autres sous-groupes montrent une grande stabilité sur le plan langagier durant les 10 années de suivi (fig. 2.10).

Les QI-performance (PIQ) ont été évalués avec les Matrices de Raven à 7 et 8 ans et avec les WISC-III à 11, 14 et 16 ans, avec la WAIS à 18 ans. Les résultats sont indiqués en écarts types par rapport à la moyenne notée 0.

Éliminer un trouble de la relation, un trouble du spectre de l'autisme

Classiquement, dans les dysphasies, la communication est préservée, les aspects relationnels et sociaux du langage sont investis de façon adéquate (intentionnalité, interactions), le contenu

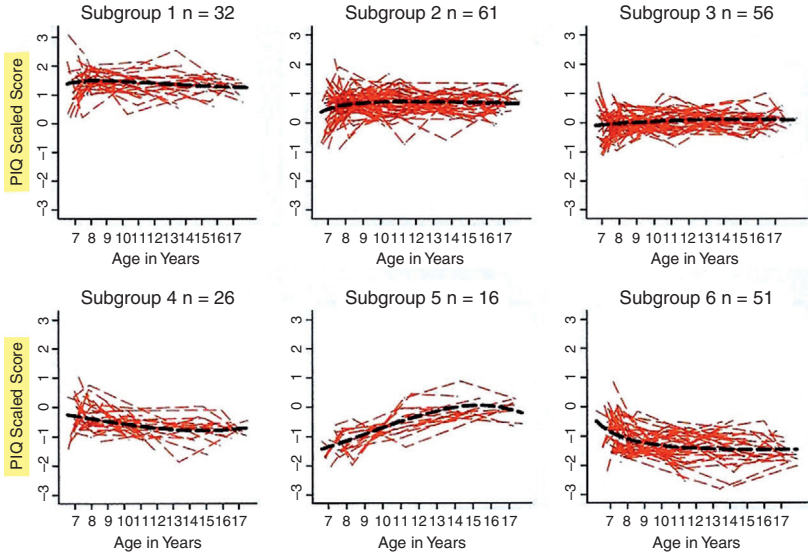


Fig. 2.10. Évolution sur 10 ans du quotient intellectuel de performance (QIP) dans une population de jeunes SLI (*Specific Language Impairment*).
On note que seul le sous-groupe 6 (dysphasies sévères avec atteinte importante du *versant compréhension*) présente en effet un fléchissement du QI non verbal avec le temps. Dans les autres groupes, les capacités intellectuelles des jeunes restent grossièrement stables, voire progressent (groupe 5). *Source : Conti-Ramsden G, St Clair MC, Pickles A, Durkin K. Developmental trajectories of verbal and nonverbal skills in individuals with a history of SLI : from childhood to adolescence. J Speech Lang Hear Res 2012 ; 55(6) : 1716–35.*

est cohérent et adapté (à l'interlocuteur et la situation), seule la *forme linguistique* du message (de l'énoncé, du discours…) est distordue. L'enfant parle de façon pertinente, à propos, mais il dit *mal* car il ne peut respecter (appliquer automatiquement) les règles constitutives de sa langue (ni d'aucune autre).

Geurts et Embrechts (2008) comparent les profils langagiers d'enfants avec TSA ou avec TSL et concluent : « les enfants d'âge préscolaire avec TSA et ceux avec TSL *présentent des patterns opposés*, ces derniers (TSL) ayant plus de difficultés avec les aspects structurels du langage qu'avec les aspects pragmatiques ».

D'une façon générale, c'est la préservation, absolue ou relative, des capacités de communication non verbale et de la fonction pragmatique du langage qui oriente le clinicien pour différencier l'enfant dysphasique et l'enfant souffrant de TSA.

Mais, si l'enfant dysphasique se caractérise par un *désir* intact de communication (verbale et non verbale), ce désir peut cependant être mis à rude épreuve par la pathologie. L'enfant ne disposant généralement pas des moyens d'utiliser le langage avec facilité et plaisir, ni pour se construire, ni pour échanger, la frustration est intense. Les parents, premiers interlocuteurs de l'enfant, désarçonnés par des troubles déroutants et difficiles à interpréter en l'absence de diagnostic précis, sont également en grande souffrance. Ils ont, eux aussi, besoin d'aide pour s'ajuster à cet enfant hors du commun.

Éliminer la responsabilité première d'autres fonctions mentales

La définition des dysphasies exclut les nombreux désordres communicationnels et/ou cognitifs qui *diffusent* dans le secteur langagier sans y prendre leur source : il s'agit alors des conséquences secondaires dans le langage d'un déficit autre.

Ainsi logorrhées ou au contraire mutismes psychogènes, incohérences discursives, *cocktail party* ou syndrome sémantique-pragmatique[38] n'affectent pas spécifiquement les compétences intrinsèquement linguistiques (phonologiques, lexicales, morphosyntaxiques), mais traduisent une pathologie fondamentale de l'acte de communication.

Les répercussions dans le langage des troubles mnésiques (MLT [chapitre 4]) et des troubles des fonctions exécutives (chapitre 5) sont décrites dans les chapitres correspondants.

En ce qui concerne la *mémoire de travail auditivo-verbale*, dans la mesure où le déficit est quasi constant dans les dysphasies, nous ne le considérons pas comme un trouble *autre* mais comme un déficit faisant *partie intégrante* des dysphasies (fig. 2.11).

Au total

On peut, à partir des conditions requises pour accéder au langage, schématiser la place des dysphasies parmi l'ensemble des troubles de l'acquisition du langage chez l'enfant. Identifier les dysphasies dans ce maquis de troubles et de difficultés possiblement associés réclame donc une enquête rigoureuse visant à exclure – de façon absolue ou relative – les nombreux diagnostics concurrents (tableau 2.3).

Simultanément il faut rechercher les *signes positifs* d'un trouble spécifique, en faveur d'une dysphasie.

Affirmer la dysphasie (diagnostic positif)

On dispose pour ce faire de quatre lignées de signes :

- d'abord ceux qui ont déclenché les consultations (*signes d'appel*) ;
- éventuelles *dissociations* intralinguistiques ;
- présence de *déviances* langagières ;
- déficit en *mémoire de travail* auditivo-verbale.

Les trois derniers doivent faire l'objet d'une recherche systématique lors de l'évaluation.

[38] Certains classent cependant ces troubles dans les troubles *spécifiques* du langage, d'où leur appellation de « *dysphasie* sémantique-pragmatique ». Nous les évoquerons dans le chapitre 5 (§ Fonctions exécutives).

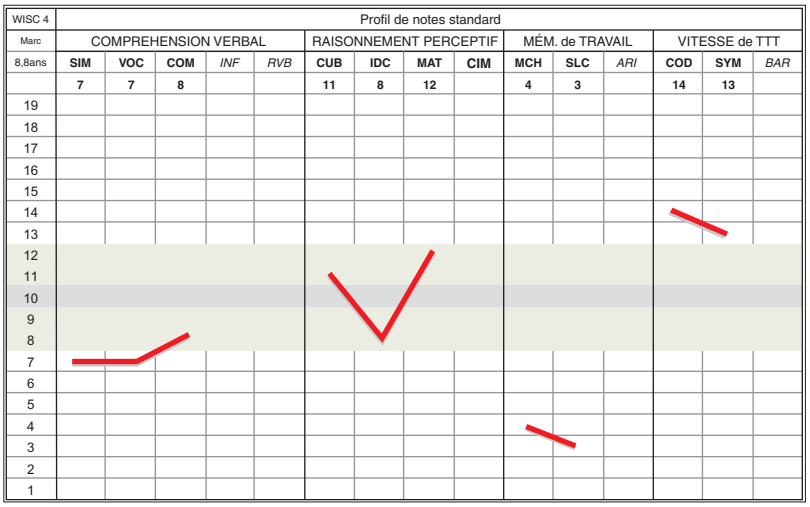


Fig. 2.11. Mathias, 8;8 ans, CM1 – Déficit en mémoire de travail et dysphasie.

Tableau 2.3. Conditions requises pour accéder au langage.

Conditions liées à l'environnement	Conditions propres au sujet	Troubles ou difficultés correspondants
– Environnement psychoaffectif et social – Bain de langage, (langue maternelle)	– Compétences relationnelles : cognition sociale	– TSA – Privation relationnelle, affective (enfant sauvage), – Faible niveau socio-éducatif
	– Compétences sensorielles : audition	– Surdité, malaudition
	– Compétences cérébrales générales (facteur g) – Compétences cérébrales spécifiques transversales	– Déficience mentale – Déficit en mémoires (MLT) – Syndrome dysexécutif
	– **Compétences cérébrales spécifiquement dédiées aux traitements linguistiques**	– **Dysphasies** (± troubles de réalisation de la parole)

TSA : troubles du spectre de l'autisme ; MLT : mémoire à long terme.

Signes d'appel

Ces premiers signes ne sont évocateurs d'une dysphasie *que* s'ils sont particulièrement sévères. On doit considérer comme inquiétant, chez un enfant entendant et manifestant des compétences relationnelles :

- la non-compréhension du langage oral aux alentours de 18–24 mois ;
- et/ou l'absence de langage oral et/ou de jargon intonatif (ex. : intonations interrogatives) à l'âge de 2 ans ;
- et/ou l'émission de moins de 50 mots reconnaissables à l'âge de 30 mois ;
- et/ou l'absence de phrases d'au moins 3 mots à 3 ans ;
- et/ou l'inintelligibilité par un tiers non familier au-delà de 3 ans ½.

Dans tous les cas, l'inquiétude des parents et/ou des professionnels, quel qu'en soit le motif, doit être prise en compte. Il faut alors revoir l'enfant après un délai de 3–4 mois (durabilité du trouble),

à la recherche de *dissociations en cours de constitution*. Si le doute persiste, il faut alors prescrire une rééducation de quelques mois. La mise en place de ce *renforcement* devrait permettre une évolution positive ou une nette amorce en ce sens. Si au contraire, dans certains secteurs langagiers (ou tous), *le retard se maintient ou se creuse*, cette évolution est très en faveur d'un trouble structurel (dysphasie).

Un signe pathognomonique : la dissociation intralinguistique

Il s'agit d'une dissociation des performances au sein du système « compétences linguistiques » entre certains sous-systèmes linguistiques atteints, déficitaires et d'autres intacts (*cf.* fig. 2.8 et tableau 2.4). Cette situation, très fréquente, *affirme* l'atteinte d'une partie des structures cérébrales spécifiquement dédiées aux traitements linguistiques, donc une dysphasie.

On voit mal en effet comment les aspects environnementaux, voire une surdité ou une déficience intellectuelle affecteraient plutôt le développement du lexique ou plutôt de la syntaxe, etc. Au contraire, ces pathologies affectent *globalement* l'ensemble des performances langagières, de façon grossièrement homogène.

Par exemple, au sein des performances expressives, on peut noter une atteinte très différenciée selon les sous-systèmes concernés, induisant des tableaux cliniques contrastés (tableau 2.4).

Tableau 2.4. Différentes dysphasies d'expression.

Phonologie	Lexique	Syntaxe	Type de dysphasie
↘ ↘	↘	↘ ↘ ↘	Dysphasie phonologique-syntaxique
↘ ↘ ↘	Normal	Normal ou ↘	Trouble de production phonologique
Normal	↘ ↘	Normal	Manque du mot

↘ déficit discret ; ↘ ↘ déficit notable ; ↘ ↘ ↘ déficit important.

Ces dissociations ne se manifestent *que* si l'on dispose d'épreuves étalonnées qui évaluent *séparément* chacune de ces composantes (ou si l'on extrait ces épreuves de batteries plus globales) : c'est la seule façon de pouvoir comparer, en notes standards, les performances de l'enfant dans chacun des sous-secteurs linguistiques.

Ces dissociations intralinguistiques doivent être systématiquement recherchées. Elles sont la clé du diagnostic du type de dysphasie et des pistes de remédiation. Ainsi, un bilan langagier doit comporter *au moins une* épreuve étalonnée dans *au moins* chacun des domaines suivants (tableau 2.5).

Tableau 2.5. Architecture du bilan.

	Phonologie	Lexique	Syntaxe
Voies afférentes compréhension	Discrimination Phonologique – sur image (1) – et/ou auditive (2)	– Désignation d'images	– Désignation images (3) – Jugement de grammaticalité, de conscience syntaxique (4)
Voies efférentes expression	– Production spontanée – Répétition (5)	– Dénomination images (±définitions de mots)	– Phrases induites verbalement (6) ou sur images (7)

Exemples d'épreuves : (1) Désignation d'images avec des mots en opposition : ex. : joue/chou. (2) Dire si deux mots entendus sont « pareil/pas pareil », ex. : cri/gri. (3) Compréhension morphosyntaxique : montrer l'image correcte parmi des distracteurs ; ex, montrer « tous les enfants portent un chapeau » ou « le chien n'est pas noir ». (4) Tu vas me dire si c'est comme ça qu'on dit : « le garçon est tombé ; elle pleure », ou « les enfants jouons au ballon ». (5) Répétition de mots et non-mots. (6) Expression morphosyntaxique : « tu vois, ici sur cette image, la dame coud et ici (image où il y a plusieurs dames qui cousent), les dames… ». (7) Idem, sans le support imagé : « le monsieur promène son chien → les messieurs promènent… ».

Cependant, bien que très fréquentes, ces dissociations ne sont pas constantes. Une atteinte concordante de l'*ensemble* des compétences linguistiques est plausible, réalisant alors une dysphasie mixte sévère qui écrête toutes les composantes linguistiques.

D'autres signes pathognomoniques : les déviances

On appelle déviances des anomalies de langage et/ou de parole que l'on ne rencontre normalement *à aucun moment* du développement typique du langage de l'enfant. C'est là une différence essentielle avec les retards de langage, au sein desquels on note au contraire essentiellement la persistance de formes immatures. Au même titre que les dissociations intralinguistiques, ces anomalies caractéristiques, lorsqu'elles existent, signent le dysfonctionnement, le déficit d'un ou plusieurs sous-systèmes du secteur langagier, donc affirment la dysphasie.

Déviances phonologiques

- Il peut s'agir de *complexifications* arthriques (ex. : /*cracrerole*/ pour casserole). Les plus jeunes produisent normalement au contraire des simplifications (/*cassole*/).
- On peut aussi entendre des *approches phonologiques* : l'enfant *cherche* la bonne forme sonore du mot par essais successifs (ex. : *panpagne* → *cancagne* → *campagne*).
- Enfin, les *persévérations* phonologiques, lorsqu'elles existent, sont très caractéristiques : un son, déjà produit à bon escient précédemment, contamine les productions ultérieures (ex. : évocation d'achats faits la veille : *acheté pantalon… aussi lon-kette, non ! lon… ra-quette*).

Déviances lexicales

- *Le manque du mot*, symptôme banal chez l'adulte, plus encore chez l'adulte vieillissant, ne se rencontre *jamais* au cours du développement de l'enfant. Ou bien l'enfant connaît et utilise le mot, ou bien il l'ignore, ne l'utilise pas, ne le cherche pas ! C'est la *fréquence* du trouble qui doit alerter, assez importante pour être notée en langage conversationnel et pour que l'enfant, vers 6 ans, manifeste sa gêne, son agacement. Plus caractéristique encore, le manque du mot qui finit par être remplacé par un terme plus recherché ou moins fréquent, ce qui affirme qu'il ne s'agit pas d'une méconnaissance (« *ils l'ont mis dans un… dans un… tu sais, les morts… comme un… sarcophage !* » ; mot recherché : cercueil).
- *Les paraphasies* sont des erreurs dans le choix du mot, un mot pour un autre. Il peut s'agir de paraphasies sémantiques (mots reliés par le sens, sarcophage/cercueil) soit de paraphasies phonémiques (reliés par des sons proches ; menton/mouton).
- Enfin les *persévérations lexicales* sont aussi toujours très pathologiques (« *on a pris l'avion, pi après on a nagé dans l'avion… dans la…la… l'avion… la mer* »).

Déviances syntaxiques

Ces dernières ne peuvent guère être notées avant 3–4 ans. Il faut en effet que l'enfant au développement typique soit en capacité d'utiliser suffisamment les marques morphosyntaxiques pour que les déviances pathologiques apparaissent.

- Contrairement aux maladresses habituelles ou aux *bonnes fautes* signalées plus haut, ce qui frappe ici, c'est la violation des règles morphosyntaxiques qui rendent les énoncés très ambigus, voire incompréhensibles. Ex. : « *mamie, vacances, pou' watu'* » ; « *ballon, fille-ga'çon* + geste de lancer ».
- Les *verbes* ne sont pas conjugués, les petits *mots fonctions* sont omis.
- Les *erreurs de genre* pour des mots courants (ex. : le table, la crayon) sont aussi très évocatrices.[39]

Roulet (2006), montre que *seuls* les enfants dysphasiques produisent des erreurs de genre ou des omissions de déterminants. En réception *aussi* ils sont plus lents que les contrôles et font plus d'erreurs pour catégoriser les discordances de genre (le banane).

[39] En effet, en français, le genre des noms est normalement automatiquement engrammé dans les réseaux lexicaux *en même temps que le nom*, il n'est pas « appris » isolément : c'est d'ailleurs là tout le problème des étrangers, en particulier anglophones qui, eux, doivent mémoriser le genre de chaque nom…

Déficit de la mémoire de travail

Le déficit en mémoire de travail auditivo-verbale est important, concomitant de quasiment toutes les dysphasies. Il rend compte des difficultés importantes à la répétition de logatomes en fonction de leur longueur (Gathercole, 2006 [fig. 2.12]), la répétition de phrases, la compréhension de consignes longues, de récits ou de textes. Il contribue aussi pour une part importante aux difficultés de ces enfants pour accéder au langage écrit (et à certains aspects de la numération et du calcul mental).

Ainsi, Hesketh et Conti-Ramsden (2013) montrent que *la répétition de phrases* est un excellent indicateur d'efficacité des processus langagiers. L'échec à cette épreuve étant pour eux un *marqueur* de TSL. Ces travaux, ainsi que certaines études en IRM-f (Weismer et al., 2005) confortent ceux qui considèrent le déficit en mémoire de travail auditivo-verbale comme le *mécanisme causal* sous-tendant les dysphasies (Adams et Gathercole, 2000).

D'autres symptômes (dans le domaine de la phonologie, du lexique, de la sémantique…) dépendent du type précis de dysphasie, d'autres encore signent *la répercussion* de la dysphasie dans les apprentissages (langage écrit, numération et calcul…).

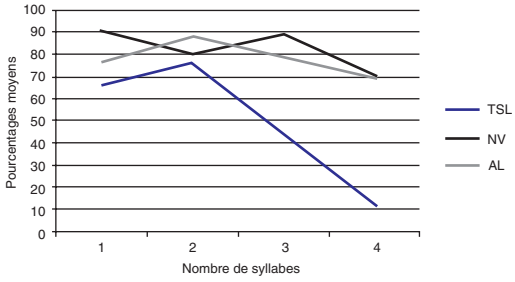


Fig. 2.12. Relations entre troubles du langage et mémoire de travail.
Répétition de pseudo-mots de 1 à 4 syllabes par des enfants atteints de troubles spécifiques du langage (TSL) et des contrôles appariés en niveau non verbal (NV) et en âge linguistique (AL). *Source : Gathercole S. Nonword repetition and word learning : the nature of relationship, Applied Psycholinguistics 2006; 27 : 513–43.*

Au total

C'est la conjonction de l'élimination de diagnostics concurrents et de la présence de signes caractéristiques (positifs) qui permet d'affirmer la dysphasie et de préciser son type.

La *précocité du diagnostic* est un important facteur pronostique. Elle favorise la mise en œuvre rapide d'une prise en charge adaptée car les répercussions des dysphasies sont toujours graves :

- elles distordent les premières relations de l'enfant avec son entourage ;
- elles réduisent le champ de la communication (avec l'entourage, avec les pairs), privant l'enfant d'une source vive pour se construire et interagir avec les autres ;
- elles retardent l'accès à l'écrit (et assez souvent l'accès à certaines facettes du nombre), rendant la scolarité laborieuse et problématique ;
- elles renvoient à l'enfant une image d'incompétence (scolaire, sociale, relationnelle) qui alimente la mésestime de soi.

Le diagnostic, posé avant que ne s'installent des dysfonctionnements et des incompréhensions graves, permet de proposer des aides communicationnelles tenant compte de l'ensemble des acteurs concernés (Monfort et Sanchez, 2000).

Causes des dysphasies

Comme pour l'ensemble des dys-, l'étiologie des dysphasies reste en grande partie inconnue. Les recherches sont très majoritairement orientées vers des *causes génétiques*. Tout un faisceau d'arguments converge en ce sens, mais il s'agirait d'un polygénisme (responsable, soit de dysphasie, soit d'une vulnérabilité se manifestant par une dysphasie en fonction de la rencontre avec certains facteurs de risques, personnels, environnementaux). Les recherches en ce domaine sont actuellement très actives (Lai et al., 2000 ; Fisher et al., 2003 ; Newbury et al., 2009). Les études familiales confortent ces hypothèses : des études sur les jumeaux (Bishop et al., 2006) confirment l'héritabilité des troubles. Par ailleurs, si un enfant souffre de TSL, il y a un risque de 25 % qu'un autre membre de la famille soit également atteint.

- En ce qui concerne les soubassements cognitifs des dysphasies, différentes hypothèses font toujours l'objet de travaux : troubles des traitements auditifs élémentaires, (Tallal, 1996) ; troubles de la mémoire phonologique à court terme (Montgomery, 2003 ; Montgomery et Windsor, 2007). Cependant, il semble peu probable qu'un processus *unique* soit à l'origine de la diversité des dysphasies.
- Sur le plan anatomo-fonctionnel, les études en IRM-f convergent globalement sur la mise en évidence d'anomalies dans les zones cérébrales spécifiquement dédiées au langage. de Guibert et al. (2011), dans une étude concernant 21 enfants TSL appariés à des contrôles, retrouvent un déficit significatif d'activation dans toutes les aires spécifiques du langage de l'hémisphère gauche, aussi bien dans les régions frontales que temporales (région de Wernicke).

Typologie des dysphasies

Certains contestent qu'une classification soit utile voire même possible. Ainsi Schelstraete (2011, p. 14 et suivantes) argue, comme d'autres auteurs, que ces catégories fluctuent chez un même enfant au fil de son évolution. Nous pensons qu'il s'agit là d'artefacts liés à différents problèmes, très fréquents :

- l'emploi du terme de SLI (ou TSLO en français) amène dans la grande majorité des études, à regrouper tous les enfants en délicatesse avec le langage sous une forme ou une autre (retards, difficultés) *et pas seulement des enfants dysphasiques*. Les sous-types effectués à partir de groupes hétérogènes sont alors sujets à caution, souvent basés sur la prédominance de tel ou tel symptôme à un moment donné de l'évolution de l'enfant ;
- les troubles expressifs majeurs font souvent obstacle à un diagnostic précis. Ce n'est que secondairement, lorsqu'ils régressent suffisamment, que se dévoile la dys-syntaxie. De même le manque du mot peut être initialement négligé, masqué derrière la réduction psycholinguistique. L'évolution, plus rapide ou plus lente dans tel ou tel secteur langagier, donner alors *l'impression* que l'enfant a changé de catégorie. C'est pourquoi l'exploration systématique et complète des voies *afférentes* (phonologiques, lexicales, syntaxiques, sémantiques, pragmatiques) telle que nous la préconisons (tableau 2.5) est indispensable : cela permettrait, dans la plupart des cas, d'appréhender précocement *l'ensemble* du tableau clinique ;
- enfin, les critères qui président à la classification dans tel ou tel type de dysphasie sont souvent incomplets et approximatifs, voire très différents d'un clinicien à l'autre.[40]

L'utilisation de sous-types, pour ses détracteurs, risquerait figer la perception qu'on a de l'enfant, de masquer des difficultés plus discrètes mais gênantes. De fait, ces risques sont les mêmes si on déclare que tel enfant souffre « de dysphasie » sans autre précision. C'est l'insuffisance ou l'incomplétude du bilan qui conduit à des approximations dommageables pour l'enfant.

Il existe par contre un consensus sur une idée forte, celle de « regrouper les enfants en fonction de forces et de faiblesses relatives à diverses épreuves langagières » (Schelstraete, 2011). Il est en effet indispensable de pratiquer un examen minutieux et étalonné de toutes les composantes langagières et non langagières (mémoires en particulier), en notant les caractéristiques qualitatives des anomalies.

Cependant, une classification permet de repérer les associations de troubles les plus fréquentes ; ces regroupements sont indispensables pour le travail épidémiologique, pour focaliser et interpréter les recherches tant cliniques que fondamentales, et surtout pour *évaluer l'impact des stratégies rééducatives et pédagogiques* utiles dans tel ou tel cas clinique.

Nous proposerons donc, très classiquement, de traiter :

- les *dysphasies d'expression*, où le trouble de production est prédominant (mais pas obligatoirement complètement isolé) : dysphasie phonologique-syntaxique ; trouble de production phonologique (ou dysphasie phonologique) ; anomie (ou manque du mot) ;
- les *dysphasies réceptives*, pour lesquelles le trouble de compréhension, de décodage du mes-

[40] *Cf.* par exemple Bishop (2004) propose une classification en trois volets : dyspraxie développementale verbale, dysphasie linguistique et troubles pragmatiques du langage.

sage linguistique est au premier plan, origine de tous les symptômes. Ces troubles entraînent en effet toujours un trouble expressif, qui est secondaire. Ces dysphasies, particulièrement sévères et rebelles, sont heureusement aussi plus rares ;
- les *dysphasies mixtes* associent à une dysphasie d'expression des troubles notables de la compréhension conversationnelle (atteinte aussi des voies afférentes).

Dysphasie phonologique-syntaxique

C'est la plus fréquente des dysphasies. Secondaire à une atteinte de la composante « compétences linguistiques » (*cf.* fig. 2.8), elle induit une constellation de symptômes variés car chacun des trois sous-systèmes (phonologie, lexique, syntaxe) peut être plus ou moins intensément touché. Nous distinguerons les symptômes qui constituent le *noyau* du syndrome, trilogie de *signes obligés* conduisant au diagnostic, de ceux *facultatifs*, pouvant ou non coexister chez un même patient.

Ce tableau réalise une dysphasie classée dans les *dysphasies d'expression* du fait de l'habituelle et très importante *prédominance* de la symptomatologie sur le versant expressif. Des troubles *discrets* de la compréhension syntaxique et/ou de la discrimination phonologique sont cependant possibles et ne doivent donc pas être négligés.

Trilogie caractéristique

Trois éléments, bien que d'intensité variable, coexistent *obligatoirement* : la réduction psycholinguistique, la dys-syntaxie et le trouble de production phonologique.

Réduction psycholinguistique

Elle se manifeste par une *hypospontanéité* du discours : l'enfant n'a que rarement l'initiative de la parole, ne s'exprime que sur incitation parfois insistante. On note une production majoritaire de phrases ou segments anormalement courts, sans expansion, sans développement, des phrases minimales avec très faible longueur moyenne des énoncés. On dit que l'enfant n'est pas « fluent » (son langage n'est pas fluide).

L'inhibition linguistique

Cette réduction linguistique n'a pas la valeur d'une caractéristique comportementale, *d'une inhibition au sens psychologique,* elle n'est pas secondaire à une structuration particulière de la personnalité. Elle est concomitante de *toutes* les dysphasies phonologiques-syntaxiques, partie intégrante du syndrome, quelles que soient par ailleurs les modalités psychologiques selon lesquelles l'enfant aménage ses échanges communicationnels et relationnels, ou exprime sa souffrance. L'hypospontanéité n'est pas non plus simplement une sorte de restriction *volontaire* plus ou moins secondaire à une prise de conscience par l'enfant de ses difficultés, elle n'existe pas dans d'autres types de dysphasies tout aussi compromettantes sur le plan relationnel (ex. : troubles de programmation phonologique massifs où certains enfants se montrent véritablement bavards, construisant des discours complexes dont, pourtant, le décodage par un tiers est particulièrement laborieux, voire impossible).

La réduction psycholinguistique n'est pas liée à l'intensité objective des désordres langagiers, mais bien au type de dysphasie dont l'enfant est victime.

NB. Parfois mutique ou quasi mutique (notamment si une dyspraxie buccophonatoire est associée), l'enfant étonne par une communication non verbale tout à fait préservée.

Dys-syntaxie, symptôme pivot

La syntaxe est très déficitaire, émaillée de violations des règles, voire absente.

Le trouble se manifeste *dans toutes les modalités* langagières, avec une nette prédominance en *expression* orale. Mais la dys-syntaxie touche aussi, à un moindre degré, la compréhension orale. En règle générale, la compréhension conversationnelle courante est satisfaisante.

Cependant la compréhension des consignes longues et complexes d'un langage soutenu, de discours (situation scolaire+++) est approximative, en lien avec le déficit en mémoire de travail.

La grammaire : un sous-système linguistique isolable

Une étude électrophysiologique (tâche : détection de violation de règles syntaxiques dans une phrase entendue) auprès de 18 enfants dysphasiques dys-syntaxiques fait état de réponses cérébrales anormales sélectivement chez ces enfants dans les réseaux traitant la grammaire. Certains font preuve de compensations partielles, sollicitant les réseaux sémantiques. Aucune anomalie n'est notée dans les autres réseaux auditifs *non-grammar-specific*. Les auteurs concluent, dans cette population, à l'indépendance et à la spécificité de l'atteinte syntaxique (Fonteneau et van der Lely, 2008).

L'hypothèse de la complexité du calcul syntaxique (CCS)

Certains postulent, pour rendre compte de l'importance centrale des troubles syntaxiques, que les enfants dysphasiques ne pourraient accéder aux calculs nécessaires pour comprendre ou produire les énoncés attendus pour leur âge et leur niveau intellectuel (Marshall et Van der Lely, 2007).

Un lien entre phonologie et syntaxe

De même en français, certains font l'hypothèse que le déficit phonologique affecterait l'accès aux marques syntaxiques, ne permettant pas les calculs adéquats (Parisse et Maillart, 2008).

On voit que ces différentes hypothèses sont actuellement difficilement compatibles, du moins en l'état.

Dans le langage conversationnel, le déficit syntaxique est flagrant, avec utilisation anormalement prédominante des formes verbales infinitives ou du participe passé, parfois non différenciable en français (travailler/travaillé), donnant un discours caractéristique pseudo-télégraphique. Le nombre des agents, le moment et la durée de l'action sont généralement indiqués par l'apposition de mots appartenant préférentiellement au lexique plein (ci-dessous, le mot vacances peut servir à dater l'action de partir).

Sonia (12 ans)

- Sonia : moi, papa-maman… mamie… partir-maison.
- L'interlocuteur : Vous allez déménager ?
- Sonia : Non !… vacances, partir-mamie.
- L'interlocuteur : Tu pars en vacances chez ta mamie, avec tes parents ?
- Sonia : Oui… Non, pas papa… voiture… papa travailler [travaillé ?].

Aram, 6;5 ans, raconte « Boucle d'Or » (vidéo 07)

Boucle d'or / c'est un cheveu jaune / est comme ça tourné / est comme des diab(les) aux cheveux… mais sont en fille / y en a trois l'ours / trois l'ours / petit, moy/yen… y a un moyen maman / y a petit garçon, y en a grand… papa / zé/zé mangé un soupe… et c'est man… / et sa chai… / assis à un chaise de l… petit l'ours / après après i y est / i y a papa lit i c'est trop… pas bien… maman c'est pas bien / petit l'ours… qu'entend / et si mande [il se demande ?] … après… et mais ! mangé ma soupe ! / i man… il ass… il m'a cassé ma chaise… i ma [il demande ?] y a quelqu'un ? … alors [nouelle] c'est le… allez je vais te tue… s'est caché après…

Le trouble syntaxique, en dehors de l'écoute du langage spontané ou suscité (récits, description d'images), est également mis en évidence par des épreuves de génération de phrases à partir de deux (ou trois) mots fournis par l'examinateur ou par des épreuves de complétion de phrases[41] à partir d'images qui permettent de préciser la structure attendue.

On note également des erreurs ou des omissions des petits mots fonctionnels, contribuant à l'ambiguïté des énoncés (jouer *sur* voiture ; aller *chez* taxi *pour* école), des déterminants non précisés (*voitu', cassée*) ou bien remplacés par un terme flou, générique, imprécis (*é ballon*). Il en est de même des pronoms (*é dit pas aller maison*), même en ce qui concerne les pronoms sujets fréquents (je/ il/ elle),

[41] Les tâches de complètement ou complétion de phrases, phrases ou textes « à trous », sont souvent désignées par le terme de *closure* emprunté aux Anglo-Saxons.

Raphaëlle, 8 ans, description d'une histoire en images

« Garçon, é pleure ; garçon… gentil ; petit garçon… é fleur(s) ; petit garçon pique z-abeille… é pleure… garçon mal ».

Kévin, CE1 (vidéo 07)

« Le petit chaperon rouge » : lé lé promené, le loup arrive… lé parti avec la (g)rand mère… et le loup/le loup le fer/me/mé/mé/ferme la porte.. né ouv(re) et le loup arrive dans la maison… après lé part lé cache… après i mi/cache et/et prend/mé/m : /mé è fait i ni/ni (dit ?) « to(c) to(c) ! » « est qui ? » [eu/yeu/yeu ?] après… est le loup… est dans l'lit… après lé cache… et lé parti !

Geoffrey, description d'images, « la chute dans la boue »

À 5 ;5 ans : « c'est garçon… c'est chien… i tombe… chien court… après, é sale… après lavé maillot, après, c'est fini. »

À 6 ;9 ans : « un garçon avec un chien… il marche… après, un garçon, il tombe… après, un garçon il est sale… après un garçon il est tout bien ».

Emeline, 8 ans, CE1, récit sur consigne : « le petit chaperon rouge »

Les déformations phonologiques ont été rétablies lors de la transcription, pour faciliter le décodage. « Une petite fille… appelait [er ? ée ?] chaperon rouge. Le loup. La maman a mis… on connaît pas… un petit sac. Était à…, vers la grand-mère. Et il t'a- [ta ?] pris des fleurs. Après, driing-driing. Le loup, i- [il ? y ?] mangé [er ?]. Et le loup, déguisé [-er ?]. C'était pas vrai !… Chaperon rouge, il disait… grosse voix, comme ça [en imitant la voix du loup]. Et le loup, i- [il, y ?] mangé- [er ?] encore. Les messieurs, y a coupé ses ventres, et sorti les petite fille et grand-mère ».

qui conduisent l'enfant à répéter les substantifs référents, juxtaposant les petites phrases très courtes.

On note les mêmes difficultés avec les mots du lexique construit, notamment l'utilisation des préfixes et suffixes. Ainsi dans les *épreuves d'antonymes*, les enfants trouvent assez facilement les contraires lexicaux (qui font appel à un substantif différent : *sale/propre, allumer/éteindre*), pouvant être appris et traités lexicalement de façon indépendante ; à l'inverse ils échouent aux contraires construits par préfixation de la base qui réclament une application de règles morphologiques (*utile/inutile ; obéir/désobéir*).

L'ordre des mots dans la phrase, généralement préservé, permet de repérer qui fait quoi, du moins lors de segments courts. Cependant si l'enfant se lance, assez exceptionnellement, dans quelque explication étoffée, il peut alors arriver que l'interlocuteur n'ait plus assez d'éléments pour repérer *qui fait quoi à qui*. L'absence de tout connecteur (et puis, alors, après) et de tous les petits mots phatiques[42] qui, sans contenu sémantique, assurent cependant la continuité et la fluidité du discours, accentue l'impression générale d'un discours pauvre et laborieux.

Mais l'idée générale, le thème central, l'événement principal, l'information importante, les éléments affectivement marquants sont cependant transmis et globalement décodables pour un interlocuteur de bonne volonté. On dit que le discours, dys-syntaxique (ou agrammatique) est cependant informatif.

La dissociation entre les performances morphosyntaxiques effondrées et les performances lexicales, imparfaites mais largement préservées, est un élément diagnostique capital.

Chez l'enfant bilingue

En cas de bilinguisme on retrouvera les mêmes symptômes dans la langue maternelle et la langue première : l'enfant est dysphasique, *dans toutes les langues,* mais souvent avec des *intensités différentes*. Habituellement les désordres sont plus sévères dans la *langue la moins pratiquée*.

Il faut donc être vigilant et ne pas interpréter trop vite comme le reflet d'une médiocre insertion socioculturelle, comme conséquence du bilinguisme, des anomalies langagières structurelles, qui, dès le premier interrogatoire de la famille, se révéleront exister *aussi et d'abord dans la langue maternelle*. D'ailleurs, les frères et sœurs ne présentent pas ces anomalies persistantes et spécifiques.

[42] Mots ou syntagmes sans signification intrinsèque (allô !, heu, hé bien, j'te raconte pas, tu sais…) qui émaillent normalement le discours oral et servent à maintenir le contact entre les interlocuteurs ou à lier le discours.

Kohl et al. (2008), dans une étude rétrospective concernant 47 enfants TSL, confirment que les enfants bi- ou multilingues ne présentent pas plus fréquemment de TSL que les monolingues.

Trouble phonologique

D'intensité variable, le trouble de production phonologique compromet l'*intelligibilité* d'un discours déjà décrit succinct et agrammatique.

Tester aussi le versant afférent

Pour certains (Maillart, 2004), il s'agit d'un trouble touchant tous les versants de la phonologie – afférent et efférent – car ce serait un trouble des *représentations phonologique*s en mémoire à long terme. Ces enfants, ayant une moindre sensibilité aux traits distinctifs, aux contrastes phonologiques fins, engrammeraient[43] des représentations phonologiques sous-spécifiées.

Dans une grande majorité des cas, le trouble est strictement expressif. Plusieurs études chez des enfants TSLO montrent en effet de bonnes capacités perceptives des discriminations des contrastes phonologiques, du moins lors des études en parole naturelle et signifiante. Ainsi, Coady et al. (2007) concluent (étude concernant 20 enfants SLI d'environ 9 ans et 20 contrôles) : « les enfants avec SLI perçoivent les données du langage naturel de façon comparable aux contrôles appariés quand ils écoutent des mots dans des conditions *qui limitent la charge en mémoire* ».

Les altérations phonologiques présentent les caractéristiques suivantes :

- il ne s'agit pas systématiquement de simplifications (comme c'est le cas dans les retards de parole). Au contraire, les *complexifications* paradoxales sont nombreuses ;
- les déformations sont multiples, non stables. Selon le moment, l'évocation spontanée ou non, le contexte phrastique (et émotionnel), le mot sera produit plus ou moins correctement, et les altérations pouvant être *variables* d'un essai à l'autre ;
- l'enfant peut être capable de prononcer la quasi-totalité des phonèmes (y compris les sons complexes) s'ils sont *isolés* (en répétition de syllabes, par exemple). Lorsque ces mêmes phonèmes doivent se combiner, se succéder, *réaliser un enchaînement* (par exemple, associations de syllabes, mots longs, etc.), l'enfant échoue : la difficulté semble donc bien résider dans la programmation séquentielle ordonnée des différents sons du mot. Les troubles sont d'autant plus marqués que le mot est plus long ;
- les mots sont mieux (moins mal) réalisés que les non-mots (par exemple, en répétition), l'accès lexical et la fréquence du mot ayant une influence favorable nette sur les processus de mise en sons ;
- l'enfant (vers 6 ans) est *conscient* du fait que sa production ne correspond pas à son projet de parole. Il effectue alors spontanément des essais successifs de correction, avec *approches phonologiques* itératives. Exemple, mot cible : *animaux* → *amomo/ami… amo… amimo, a-ni-mo*. Ce comportement, très caractéristique, traduit le fait que l'enfant a normalement accès à la représentation mentale de la forme sonore du mot : c'est bien la phase ultérieure, d'encodage séquentiel phonémique, qui est perturbée (c'est un trouble de la mise en sons et non un trouble de l'évocation de la forme sonore du mot).

Comme dans toutes les dysphasies, *la mémoire à court terme*, la mémoire de travail auditivo-verbale (et donc phonologique) sont déficitaires.

Symptômes éventuellement associés

D'autres troubles peuvent *éventuellement* être observés, diversement associés selon les enfants, et aggravant alors le pronostic :

- un *manque du mot* : trouble d'accès lexical discret ou intense constituant un obstacle supplémentaire aux performances communicationnelles déjà faibles de l'enfant ; on parle alors quelquefois de dysphasie lexico-syntaxique ;
- un trouble de *discrimination* phonologique, qui peut contribuer à un certain flou en compréhension (confusion de mots phonologiquement proches) ;

[43] Engrammer : inscrire cérébralement.

- des troubles (modérés) de la *pragmatique*, en particulier une incapacité à accéder au sens des expressions idiomatiques (Laval et al., 2009) ;
- des anomalies de la programmation ou de la réalisation de la *parole* : un certain degré *d'apraxie buccofaciale*, une dysarthrie.

Conséquences de la dysphasie phonologique-syntaxique dans les apprentissages

Accès au langage écrit (lecture)

L'apprentissage de l'écrit, en fonction de la gravité de l'atteinte, sera lent et laborieux (quelquefois inaccessible). Simultanément et paradoxalement c'est souvent une *aide* pour l'enfant, une autre modalité qui lui permet de prendre conscience de certains aspects auxquels il n'a qu'un accès limité (phonologie, syntaxe).

C'est pourquoi le langage écrit doit être abordé *précocement*, avec l'idée d'allers et retours incessants entre oral, écrit, images/pictogrammes et expérimentation (actions, mimes, dessins, etc.), et ce tant en compréhension qu'en production.

Une prise en charge précoce permet de limiter les conséquences négatives dans l'accès au langage écrit et la scolarité.

- La *voie d'assemblage* est souvent le choix initial. Or ces enfants présentent de grandes difficultés à travailler sur des segments de mots, unités non signifiantes, infralexicales, de l'ordre du phonème (difficultés d'accès ou non-accès à la conscience phonologique), ce qui rend laborieux l'apprentissage de l'écrit par des voies de conversion phonographologique (chapitre 4). On pourrait alors conseiller des *méthodes syllabiques*, moins inaccessibles sur le plan phonologique et surtout moins exigeantes en mémoire de travail.
- Le recours aux *voies d'adressage* (ou logographiques ?) est fréquent dans ce contexte. Pour certains enfants, tout se passe en effet comme si seules les unités lexicales, les mots pleins pouvaient être traités ; comme si l'ensemble des traitements linguistiques était limité aux traitements sémantiques, ne pouvant alors concerner que l'unité porteuse de signification, insécable. Cela pourrait rendre compte du non-accès aux mots fonctions qui, pris isolément, ne peuvent donner lieu à un traitement sémantique.

Ces méthodes « globales ou semi-globales » peuvent alors permettre que l'enfant mémorise un certain vocabulaire écrit qui correspond à un stock plus ou moins important de mots (choisis de préférence en fonction de la fréquence des mots écrits dans la langue). Mais la charge en mémoire à long terme, les confusions de mots morphologiquement proches et le déficit d'interprétation des aspects syntaxiques, phrastiques et contextuels limitent rapidement les progrès.

Selon l'analyse qui sera faite – au décours d'un bilan langagier détaillé – des processus les plus lésés (en contrepartie de ceux partiellement respectés qui seront utilisables), on sera amené à choisir des modes d'approches de l'écrit différenciés ou habilement mêlés.

Arithmétique

L'enfant, bien que compétent sur le plan du raisonnement logique, peut être gêné à différents niveaux (chapitre 7).

Numération et calcul

Les anomalies résultent de l'importance, sur le plan développemental, des aspects liés à la linguistique du nombre et aux connaissances déclaratives (verbales) : importance de la comptine des mots nombres dans les premières approches du concept de nombre, de la réussite des conduites de comptage, de la mémorisation des faits numériques, de la *mémoire de travail* lors des petits calculs.

Dans ce cas, on pourra utiliser, sur-utiliser, les autres versants du nombre :

- opérations logiques de sériation, catégorisation, inclusion ;
- travail à partir de supports visuospatiaux : tableau cartésien, tableaux à double entrée ; représentation schématique des collections, de leurs transformations (dessins, images, utilisation de jetons, bûchettes) ; évaluation de la numérosité et comparaison de collections (ordre de grandeur), etc.

Résolution de problèmes

Elle se heurte directement à la compréhension des énoncés, obligatoirement surchargés en indications d'ordre syntaxique, et par nature peu redondants.

Les termes exprimant les comparaisons (*plus* grand *que*, *le plus*, 4 *de plus que*, 4 *fois plus de*, 4 *fois plus que*, etc.), les relations, les opérations… ne peuvent être compris que dans une analyse syntaxique fine et précise. Par exemple le sens du mot « un » dans les expressions suivantes : Il achète *un* crayon à… – Ils coûtent 3 euros l'*un* – Il achète quatre crayons *dont un*… – On lui fait une remise de *un* pour cent – Ils achètent *un* crayon *chacun*.

Outre l'explicitation systématique des termes employés, dans divers contextes, on rendra de grands services à l'enfant en lui proposant des problèmes en images (schémas, dessins…) et en sollicitant, en alimentant, ses capacités de raisonnement et de déduction par l'exposition à des situations problèmes à partir d'expérimentations variées en fonction de son âge (balances, Lego-techniques®, engrenages, etc.).

Grands axes du projet thérapeutique

Le projet doit établir, en lien avec l'enfant et sa famille, les *priorités* d'action, en fonction des performances communicationnelles, de l'âge et du niveau scolaire.

L'obtention d'énoncés grammaticalement corrects ou d'une production phonologique satisfaisante ne devrait pas être des impératifs risquant alors d'induire une aggravation de la réduction psycholinguistique.

L'efficacité de la communication et la lutte contre la réduction psycholinguistique sont toujours prioritaires. Ce sont la *fluidité* du discours, l'*informativité* et le plaisir dans les interactions verbales qui sont prioritairement recherchés et encouragés.

C'est pourquoi on distinguera clairement les exercices des moments d'échanges, en évitant soigneusement de transformer toute conversation en occasion de rééducation. Il est souhaitable d'informer la famille de ces choix stratégiques. Car les parents à la maison ou l'enseignant à l'école, peuvent croire qu'il est de leur devoir de reprendre l'enfant systématiquement à chaque faute, alors même qu'il est compréhensible et qu'il fait en permanence des efforts (sous-estimés, ignorés) pour s'exprimer.

En rééducation, on encouragera les exercices et jeux favorisant l'expression, nécessitant des désambiguïsations et des précisions, en individuel ou en groupe, en situation la moins artificielle possible (interlocuteur réellement ignorant des informations à venir, jeux de rôles, devinettes, etc.). Les activités d'éveil et les récits sur des sujets captivant l'enfant sont un support privilégié pour favoriser le récit, l'argumentation, la prise de parole, la transmission d'informations, le langage conversationnel.

L'amélioration de la structuration de la phrase et du discours (dys-syntaxie) passe par une prise de conscience de la perte d'information et de l'ambiguïté sémantique qui résultent de la dys-syntaxie. On propose alors un travail *explicite* de la syntaxe, *via* par exemple la manipulation de différents énoncés (oralement, par écrit, en images, en pictogrammes, mimés…) où seule change une marque syntaxique (singulier/pluriel, masculin/féminin, présent/passé, présence ou absence ou modification d'une préposition, etc.), et en mettant en évidence les différences de sens ainsi provoquées (importance des aspects expérimentaux et pragmatiques dans l'accès à la signification). On peut aussi utiliser la méthode des jetons (Ortho Editions), affectant une couleur différente aux mots selon leur fonction dans la phrase.

L'imitation d'énoncés contenant la structure visée (répétition), le modelage (construire des énoncés sur un modèle donné), la production évoquée (à partir de questions, d'images), les reformulations, sont utilisés en séance et en situation conversationnelle (feedback situationnel). Mais, *in fine*, le travail favorisant une meilleure structuration de la phrase doit toujours concourir à *améliorer l'informativité* de l'enfant.

Évaluer les interventions rééducatives

- Cirrin et Gillam (2008) mettent en évidence des résultats globalement positifs des interventions et insistent sur l'importance d'un *partenariat avec les enseignants et les familles*.
- Law et al. (2004), cherchent à évaluer l'efficacité des traitements proposés et présentent une méta-analyse incluant 36 études. Ils concluent à des effets positifs nets sur la phonologie et le vocabulaire expressif, et des résultats plus mitigés sur *la morphosyntaxe*.

Ces études portent sur des types d'interventions très hétérogènes (et non sur des protocoles précisés).

Il n'y a en effet pas d'intervention type, chaque orthophoniste possède ses propres outils forgés par l'expérience. Surtout, chaque enfant est unique en fonction de son âge, de l'intensité de ses troubles, de la plus ou moins grande exigence environnementale (familiale, mais aussi scolaire, sociale…), des palliatifs spontanément mis en œuvre, de leur efficacité fonctionnelle et relationnelle, de ses expériences rééducatives antérieures, de sa propre tolérance face aux difficultés et à l'échec, etc.

Enfin, lors de ces rééducations *plurihebdomadaires* s'étendant sur de nombreuses années, la diversité des matériels proposés, la variété des exercices et des « jeux », la multiplication des supports (impliquant la motricité, l'oral, les images, l'ordinateur), leur adaptation constante à l'évolution de l'enfant sont indispensables pour maintenir un niveau d'intérêt, de plaisir et de progression suffisant, sans lequel ces rééducations se révèlent inutiles.

En ce qui concerne la scolarité nous avons évoqué plus haut les stratégies à privilégier en ce qui concerne la lecture et l'arithmétique. D'une façon générale, pour les apprentissages il faut privilégier la voie visuelle (observations, schémas et dessins, courtes vidéos, mises en situations et expérimentations). La grande majorité de ces jeunes suivra une scolarité ordinaire, éventuellement avec des aides et adaptations pensées au cas par cas (auxiliaire de vie scolaire, matériel informatique, aménagements pédagogiques adéquats, rééducations orthophoniques à long terme). Mais certains – du fait de la nature ou de l'intensité de leur dysphasie, d'un retard particulièrement important ou d'une fragilité personnelle – ne pourront pas bénéficier des apprentissages proposés aux enfants tout-venant, en grand groupe, au rythme imposé par les programmes. En effet, dans le cadre scolaire, l'essentiel des savoirs scolaires est transmis par le langage oral (du professeur) et écrit (livres, exercices…). Certains jeunes dysphasiques peuvent avoir besoin, à un moment de leur évolution ou en permanence, de beaucoup plus de temps que les autres pour certains apprentissages fondamentaux (lecture, écriture) et, surtout, de pédagogies très adaptées qui permettent un travail en partenariat avec les rééducateurs, en complémentarité étroite avec les soins. Pour ces enfants, des classes spécialisées menées par des enseignants informés de la nature des troubles et des remédiations adéquates (CLIS, ULIS) doivent continuer d'exister. Elles seules permettent alors de faire les acquisitions auxquelles ils peuvent légitimement prétendre lorsque soins et enseignement sont véritablement coordonnés.

Trouble de production phonologique (dysphasie phonologique)

Sous cette appellation, on regroupe différentes conceptions de ces troubles expressifs :

- des troubles d'*encodage phonologique* : dans l'incapacité de planifier/programmer la sériation séquentielle des phonèmes (concaténation), ces enfants sont *aidés par la répétition,* situation dans laquelle ils produisent moins d'erreurs qu'en spontané, la production de l'examinateur constituant pour eux un modèle pertinent de programmation ;
- des troubles du *contrôle* de la production phonologique : bien que présentant la même symptomatologie, ces enfants-là ne sont *pas aidés par la répétition* ;
- un défaut d'accès à l'image articulatoire induisant des anomalies dans la sélectivité du choix des points d'articulation.

Des ajouts de phonèmes, des erreurs multiples compromettant gravement l'intelligibilité, une grande instabilité des productions, constituent des critères de sévérité.

Description, diagnostic

La clinique montre des tableaux sensiblement différents selon la sévérité des troubles qui se traduisent toujours par une production phonologique déviante, un langage partiellement (ou totalement) inintelligible.

Le trouble de programmation phonologique va donner lieu, par la production de sons riches et variés, à *un jargon riche et fluent*[44] d'installation tardive (l'enfant a parlé tard). Le débit langagier

[44] Fluent : ce terme caractérise un langage fluide (par opposition à l'inhibition psycholinguistique). Le langage *coule* correctement qu'il s'agisse de l'initiative des prises de parole, du débit, de la longueur des énoncés, des intonations, etc.

est normal, fluide et intonatif, la prosodie est agréable et informative (interrogations, exclamations, demandes), mais le sens précis est difficilement compréhensible pour un tiers du fait de la déformation des mots. Ce trouble d'expression contraste avec l'excellente compréhension de l'enfant.

À différencier d'un « retard simple » de parole

La limite entre *retard* et *trouble de production phonologique* peut être difficile à établir dans les cas de trouble modéré et avant l'âge de 5–6 ans (âge où la production doit être mature). On note cependant, en faveur d'un trouble de production phonologique :

- le contraste entre la production floue ou erronée de certains mots alors que la production de phonèmes isolés est possible et correcte ;
- le déficit significatif en mémoire de travail ;
- la variabilité de la production pour un mot ou un syntagme donné ;
- l'altération de l'intelligibilité perturbant les relations sociales au-delà de 3 ans–3 ans ½.

L'examen fait la preuve de la normalité des voies afférentes (compréhension lexicale, syntaxique et de la discrimination phonologique) *et* du module « compétence linguistiques » (*cf.* fig. 2.8).

L'écoute du langage spontané ou provoqué (épreuves de dénomination, récit, description d'images) et les épreuves de répétition (syllabes, mots et non-mots de fréquence, longueur et complexité contrôlées) permettent le diagnostic. On notera si la *répétition* améliore ou non la production phonologique, si elle peut être utilisée en rééducation (en complément d'autres stratégies).

En raison de leur importance pronostique (Schelstraete, 2011, p. 67–9), il est intéressant de compléter le bilan en calculant :

- l'indice d'instabilité lors de la répétition d'un même mot à différentes reprises (Holm et al., 2005, 2007) ;
- la longueur moyenne des séquences phonologiques correctes produites, reflet de l'écart entre le mot cible et la production de l'enfant (Ingram, 2002).

Le pronostic est en général favorable. La rééducation soutenue par l'apprentissage de *l'écrit* permettra une communication orale satisfaisante. Une certaine lenteur du débit, une tendance à la syllabation dans le langage conversationnel peuvent persister, séquelles mineures et bien tolérées. C'est l'âge de l'accès à des productions orales intelligibles et l'âge de l'accès à l'écrit qui détermineront le pronostic sur les plans scolaire et social.

Un certain degré de dys-syntaxie éventuellement associé

Lorsqu'elle existe, la dys-syntaxie reste discrète. Elle n'en traduit pas moins un dysfonctionnement affectant les compétences langagières de haut niveau, et ne sera donc pas sans conséquence sur le pronostic tant oral qu'écrit. La distinction d'avec un syndrome phonologique-syntaxique, dans lequel les troubles phonologiques seraient prédominants, peut être alors difficile. Dysphasie phonologique-syntaxique et trouble de production phonologique entretiennent en effet des rapports de proximité sur le plan symptomatologique.

Le tableau 2.6 résume leurs différences : il s'agit en fait essentiellement de l'importance respective des troubles syntaxiques et phonologiques. C'est l'hypospontanéité (réduction psycholinguistique), très caractéristique de la dysphasie phonologique-syntaxique, ou au contraire la relative fluidité, qui fondent la différence.

Rééducation

La rééducation porte essentiellement sur l'obtention d'unités courtes et correctement réalisées (en

Tableau 2.6. Critères de distinction des deux types de dysphasies.

	Dysphasie phonologique-syntaxique	Dysphasie phonologique
Lexique	±	Normal ou ±
Syntaxe	+++	Normal ou ±
Production phonologique	+ (+)	+ + +
Fluence	**Réduction +++**	**Normal ou ±**

± indique un trouble facultatif et/ou discret ; à l'opposé, + + + indique un trouble important.

répétition si cela est une aide, ou bien avec une aide visuelle et/ou tactile pour favoriser la production attendue), séquences que l'on allongera progressivement.

On aidera l'enfant :

- en « visualisant » les *gestes buccophonatoires* requis, et leur enchaînement – prise de conscience, visualisation et exagération des mouvements à faire, utilisation des gestes de la méthode Borel-Maisonny,[45] LPC.[46] Il s'agit de coder visuellement le niveau phonologique, sublexical (*et non* le niveau lexico-sémantique) ;
- en enseignant l'*écrit* dès que possible.

Apprentissage de la lecture

L'apprentissage de la lecture, urgent et indispensable pour favoriser l'oral, pose problème car le trouble de programmation phonologique perturbe la subvocalisation initialement indispensable (chapitre 6). Il faut donc prévoir une aide ciblée à ce stade :

- initiation *précoce* (grande section de maternelle, CP), de préférence par des méthodes d'assemblage (apprentissage systématique des correspondances graphèmes-phonèmes, de leur succession ordonnée dans la transcription des mots), selon une progression rigoureuse, soutenue par des gestes *codant les unités phonologiques* (ex. : méthode Borel-Maisonny, lecture en couleurs[47]) ou les syllabes ;
- utilisation systématique, en début d'apprentissage, d'un système informatisé assurant l'oralisation correcte de syllabes et petits mots que l'enfant écrit (en dictée ou en copie) à l'ordinateur. Il s'agit d'automatiser les correspondances graphèmes/phonèmes avec production correcte des sons en cours d'apprentissage (apprentissage sans erreur).

En effet, dès le stade de la fusion syllabique, mais plus encore lors de la compaction plurisyllabique (assemblage), il convient d'éviter la constitution d'erreurs de production en cascade, qui, induisant des non-sens ou des contresens, vont à leur tour déclencher des conduites de corrections itératives et d'approches successives. L'enfant ne sait plus où il en est, il ne trouve dans son lexique auditif aucune entrée lexicale signifiante correspondant à ses émissions, il ne peut conserver en mémoire de travail l'ensemble des sons produits (dont une grande partie est fautive).

Des stratégies facilitatrices

Une fois l'apprentissage de la lecture bien débuté, on peut proposer une *lecture accompagnée*[48] : le rééducateur (ou un parent) *fournit l'information sonore correcte* correspondant à la concaténation syllabique, en lisant à haute voix en même temps que l'enfant (ou avec un minime décalage, en *écho*). Ces techniques, que l'on peut aussi mettre en œuvre avec des synthèses vocales dont on réglera convenablement la vitesse d'oralisation du texte, permettent des progrès motivants et réguliers en lecture.

Production écrite

En ce qui concerne la production écrite, on notera, au cours de l'évolution, l'installation d'une dissociation à deux niveaux :

- la lecture, où la programmation de la suite sonore est *donnée*, est de meilleure qualité que la production d'écrits, altérée par une dysorthographie phonologique persistante ;
- à l'intérieur même des tâches écrites, la dictée, où la suite séquentielle des sons est donnée (comme en répétition, comme en lecture), est de meilleure qualité que l'expression écrite spontanée dans laquelle c'est l'enfant qui doit programmer la suite de sons à transcrire. Les approches phonologiques en situation d'encodage mais aussi la variabilité de transcription d'un même son, conduisent à des transcriptions fluctuantes, quelquefois à peine décodable (jargon écrit).

[45] Méthode phonétique et gestuelle créée par Mme Borel-Maisonny. *Bien lire et aimer lire*. Paris : ESF.

[46] Le langage parlé complété est une aide à la lecture labiale.

[47] Caleb Gattegnio, 1962 (www.uneeducationpourdemain.org/caleb-gattegno/).

[48] Cette technique dite de *lecture accompagnée* est bien décrite dans un ancien livre de F. Le Huche, toujours d'actualité : *Les apprentissages de la communication*. Paris : Ramsay . 1990. p. 154–6.

Steven, 14 ans
Au sein d'un même texte *bien* est transcrit *piein*, *piun*, *biein* ; *ça va* est écrit tantôt *tafa*, tantôt *sapta*. On note aussi des ajouts de sons lors de l'évocation des diconsonantiques, le son *cr* est subvocalisé *keu-reu* et transcrit */ce/ re/* : crise → *cereiz*.

Rééducation de l'oral à partir de la lecture

L'oral est ensuite rééduqué à partir de la lecture. Il est alors flagrant que, lorsqu'il n'a pas à programmer lui-même les séquences sonores (elles sont préprogrammées au sein du stimulus écrit qui lui est fourni), l'enfant est capable d'une production phonologique de bien meilleure qualité. La lecture à haute voix sera donc utilisée *dans un second temps* (une fois réglées les difficultés initiales d'acquisition) pour automatiser la production orale (au moins pour les mots courants).

On complétera la rééducation en apprenant à l'enfant à contrôler son débit oral, à marquer des pauses dans la phrase. Cela induit un ralentissement de l'élocution mais autorise de meilleures performances de production phonologiques et une meilleure intelligibilité.

La collaboration des familles et des enseignants est fondamentale.

Il faut éviter de placer l'enfant en situation *permanente* de rééducation. Les interruptions d'échanges par des demandes réitérées de production ou de répétition *correctes*, non motivées par une incompréhension, peuvent exercer une pression excessive et décourager les relations verbales spontanées aussi bien avec les adultes qu'avec ses pairs. Au contraire, il faut laisser à l'enfant le temps de s'exprimer, inciter les échanges verbaux, encourager l'expression.

Un cas particulier : la dyspraxie verbale (ou de la parole)

Il s'agit d'une pathologie de la réalisation de *la parole* (fig. 2.13), rare, qui s'intègre dans cette section dans la mesure où elle affecte la communication langagière dans son versant expressif et où la symptomatologie ressemble beaucoup à celle d'un trouble de production phonologique. Mais la dyspraxie verbale peut être isolée, non accompagnée de troubles affectant les compétences linguistiques. Ainsi, au décours des dyspraxies verbales, discrimination phonologique, syntaxe et lexique sur leur *versant afférent* sont intacts : c'est là la clé du *diagnostic* devant cet enfant sans langage oral ou à l'expression très réduite et difficile à comprendre.

Ces enfants ont en effet un discours quasi inintelligible lié à un trouble important des praxies affec-

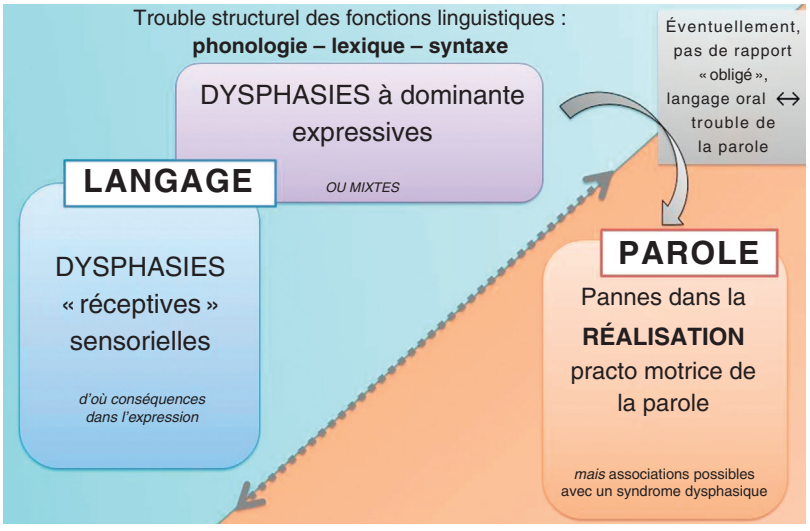


Fig. 2.13. Langage *versus* parole.

tant la sphère buccofaciale (éventuellement gestuelles). Le langage peut être réduit à l'installation très tardive de quelques sons, voire quelques mots isolés et déformés, au sein duquel seuls les proches (mère, fratrie, camarades) repèrent quelques productions stables auxquelles ils peuvent accorder un sens défini. La détérioration de la production augmente avec la *longueur* de l'énoncé. Quelquefois l'enfant peut prononcer certains sons isolés mais il ne peut pas les associer pour réaliser un mot. Dans les cas sévères, le trouble peut réaliser un pseudo-mutisme.

Farid, 4 ans, une dyspraxie verbale isolée

Farid pouvait répéter *isolément*, /ta/ et /to/, mais ne pouvait dire « tato » pour demander ou désigner un gâteau, et ce au grand dam de sa mère qui y voyait la marque d'une certaine mauvaise volonté : « je comprends bien qu'il ne peut pas dire /gâteau/, puisqu'il ne peut pas dire /ga/ ; mais il peut tout de même au moins dire comme son petit frère qui n'a que 2 ans et qui dit /tato/ ! ».

Pourtant l'enfant « comprend tout » et est très communicant[49] : *mimiques et gestes* constituent un palliatif spontané, qui permet souvent d'instaurer au sein de la famille un système de communication *a minima*.

L'examen retrouve les troubles des praxies bucco-linguo-faciales. Cela se traduit par une impossibilité à réaliser les mouvements *volontaires* complexes concernant la face (siffler, cligner des yeux, se moucher), dont les mouvements phono-articulatoires (souffler, gonfler les joues, mobiliser sur consigne les lèvres, la langue). Les tentatives successives pour un même geste donnent lieu à des productions instables, réussies parfois mais non reproductibles.

Concernant les gestes buccophonatoires (liés à la production de sons langagiers), c'est encore la complexité des tentatives motrices qu'ils induisent (l'enfant fait de nombreux essais, réalise des mimiques désordonnées et inappropriées) et l'instabilité des réalisations d'un essai à l'autre qui confirment la nature praxique du trouble.

Les mouvements automatiques sont souvent conservés, réalisant la classique *dissociation automatico-volontaire*. Cette dissociation souvent nette est très déroutante pour la famille et les professionnels non avertis.

Farid, suite…

Farid ne peut ouvrir la bouche sur ordre, malgré ses efforts et sa bonne volonté manifeste (il fait des tentatives motrices mal adaptées, réalisant plutôt des grimaces) mais, plus tard au cours de l'examen, il va bâiller largement… De même en ce qui concerne le sourire, ou le baiser dont il me gratifiera en fin de consultation !

Les trois marqueurs les plus saillants de cette pathologie sont la *variation de production* pour une même cible, la non-intelligibilité et la dissociation automatico-volontaire.

La qualité des *gesticulations* buccofaciales résultant des efforts de recherche du *bon* geste articulatoire, la non-stabilité des productions et la dissociation automatico-volontaire contribuent à la différenciation clinique d'avec les troubles de commande motrice (dysarthries).

L'évolution de ces troubles est très hétérogène :

- certains enfants *semblent* évoluer vers une dysphasie de type phonologique-syntaxique. Cet apparent « changement de catégorie » est en fait lié à une évaluation initialement *incomplète* des troubles. La dyspraxie buccofaciale, inhabituellement intense, a masqué les signes d'une authentique dysphasie phonologique-syntaxique. Les troubles de la *compréhension* syntaxique et le déficit significatif en MT auraient probablement dû alerter… ;
- beaucoup conservent un trouble expressif sévère.

Le pronostic dépend de la précocité du diagnostic, de la pertinence des aides proposées et des capacités d'accès à l'*écrit*.

Les aides doivent être adaptées à l'intensité du trouble.

Des méthodes spécifiques de rééducation ont été mises au point (Williams Pam,[50] Charron et MacLeod, 2010) qui permettent de progrès notables. En cas de persistance d'une production très réduite et/ou peu intelligible, le recours aux

[49] Cela permet aussi d'éliminer un autisme, quelquefois évoqué devant cet enfant quasiment sans production verbale.

[50] NDP3 (www.ndp3.org/dyspraxia-treatment-difference.html).

systèmes augmentatifs de communication (codes, synthèses vocales [Cataix-Negre, 2011]) ou l'apprentissage du français signé sont justifiés.

Les moyens augmentatifs de communication

La prescription des aides techniques a pour objectif de permettre à l'enfant d'entrer en relation avec des étrangers à la famille (enseignant, copains, orthophoniste, commerçants…), de sortir d'un système restreint où la relation est entièrement assujettie aux liens affectifs, d'entrer dans une communication plus décontextualisée. Contrairement aux craintes fortement exprimées par les familles (et quelquefois même par certains professionnels), l'octroi de ces substituts (d'ailleurs bien pauvres au regard du langage oral), qu'il s'agisse de codes, d'aides informatisées ou de signes gestuels, n'entrave ni ne retarde *en rien* l'éventuel accès simultané ou ultérieur à l'oral.

L'apprentissage de l'écrit, bien que quelquefois long et laborieux (du fait de l'impossibilité de produire les correspondances graphophonologiques), doit être proposé *précocement*, avec des stratégies d'accès adaptées (aides visuelles), inspirées de ce qui est proposé aux jeunes souffrant de troubles de production phonologique.

Anomie ou manque du mot (dysphasie mnésique)

Il s'agit là d'une impossibilité répétée et ponctuelle (à cet instant) à trouver le signifiant (pourtant connu du sujet) d'un objet, d'un concept. C'est un *défaut d'accès* au mot, pourtant acquis, inscrit dans ses réseaux lexicaux. Ce trouble s'appelle aussi *trouble d'évocation lexicale*.

Louis, 5 ans ½, dénomination d'images
Brosse à dent → mime le geste. Escabeau → *tu montes*. Réveil → désigne sa montre. Sifflet → mime et émet le bruit. Fer à repasser → *fait maman… tee-shirt l'a fait.* Cadenas → *clik, et ça sort.* Bouilloire → *pou' café*. Peigne → *une chose pour cheveux.*

Ce trouble peut constituer à lui seul l'entièreté de la pathologie langagière de l'enfant, ou bien ne constituer qu'un symptôme parmi d'autres dans les autres tableaux de dysphasies d'expression.

NB. Lorsqu'il est associé à une dys-syntaxie (comme dans l'exemple précédent, Louis), certains auteurs parlent de *dysphasie lexico-syntaxique.*

Le diagnostic repose sur l'important écart de performance de l'enfant entre les épreuves de désignation d'images, bien réussies et gage d'un niveau lexical d'*entrée* dans la norme, et celles de dénomination, lexique *de sortie*, échouées, lacunaires. Ceci nécessite de distinguer manque du mot et méconnaissance.

Plusieurs arguments assurent cette distinction :

- lors d'épreuve de *reconnaissance* de mots (par exemple en désignation d'images), l'enfant fait la preuve qu'il connaît les mots qu'il ne peut évoquer ;
- en conversation informelle, ou ultérieurement, spontanément il va pouvoir énoncer un mot précédemment *introuvable* ;
- certaines aides fournies par l'examinateur *déclenchent* la dénomination recherchée. Ces aides sont de deux ordres :
  - l'*ébauche orale* consiste à montrer le mouvement articulatoire du premier phonème du mot et/ou à le sonoriser (*c'est une v v v…* → "*vache*, dit l'enfant triomphant) ; mais quelquefois, l'ébauche orale peut induire des *paraphasies* (erreur de choix du mot cible), par exemple : *une j j j…*, induisant *jupe* à la place de *girafe* !
  - le *contexte*, la *complétion de phrase* : L'animal qui donne du lait et fait meuh, c'est une… *vache* !
- certains enfants s'expriment par périphrases, montrant là encore leur parfaite connaissance de l'objet et du mot qui le désigne, ou par approches successives, preuve qu'ils possèdent sur ce mot des connaissances phonologiques et/ou sémantiques. Ex. : mot cible, téléphone → « *C'est un…, pour "allô", qui sonne, c'est toujours papa qui appelle* ». Ces comportements peuvent, dans le cadre des modèles de réseaux sémantiques (*cf.* fig. 2.6), être interprétés comme une tentative d'activer le mot cible par divers *chemins* ;

- si, cherchant à aider l'enfant, on propose des mots dans le champ proche du *mot cible*, l'enfant refuse les synonymes ou mots voisins, montrant à quel point il *sait précisément* quel est le mot pour lequel la recherche avait été entreprise.

Le manque du mot ne doit pas être assimilé à « un vocabulaire pauvre ». Trouble d'*accès* au signifiant, il ne se manifeste quasi exclusivement qu'en expression.

Tableau clinique

Lorsque le manque du mot est isolé et qu'il constitue à lui seul la dysphasie de l'enfant (*anomie*), il peut être difficile d'en faire le diagnostic. Si la pathologie n'est pas massive : *en langage conversationnel* l'enfant contourne spontanément son trouble en choisissant les mots ou périphrases auxquels il a facilement et automatiquement accès, et le trouble passe inaperçu. Ce diagnostic est ainsi largement sous-estimé chez l'enfant si l'on n'interroge pas systématiquement la différence entre reconnaissance et dénomination d'images.

Manque du mot *versus* stock lexical réduit

Un stock lexical anormalement réduit peut être lié :

- à un environnement socio-éducatif peu stimulant (*difficulté*) ;
- et/ou à un déficit d'apprentissage de mots nouveaux et spécifiques. Cette situation peut être secondaire à un trouble réceptif (dysphasie réceptive ou sensorielle [*cf. infra*]) et/ou, le plus souvent, à un trouble phonologique et/ou à un déficit en mémoire de travail auditivo-verbale.

Un déficit lexical (modéré) s'installe donc très habituellement au fil de l'évolution des dysphasies (Gray, 2006), et rend compte des importantes difficultés pour apprendre une langue seconde. Mais dans ces cas, le mot n'est pas engrammé *au contraire du manque du mot* où le mot est engrammé, la récupération en étant momentanément inaccessible.

C'est souvent à l'occasion d'un bilan de langage motivé par une autre inquiétude (en particulier, une suspicion de dyslexie) que l'on découvre le manque du mot. En effet, quelquefois, c'est spécifiquement l'accès à la forme *phonologique* du mot qui fait défaut : ces anomies sont alors souvent associées à une dyslexie/dysorthographie, qui sera assez souvent le motif initial de la consultation.

Un lien entre manque du mot et dyslexie

Les jeunes qui présentent une dyslexie phonologique échouent très habituellement aux épreuves dites de *dénomination rapide* où il s'agit de dire très *rapidement* certaines caractéristiques (taille, forme, couleur) d'un dessin (ex. : grand/carré/vert – petit/rond/rouge/, etc.). Cet échec, très corrélé à ces dyslexies, est interprété comme reflétant un trouble (une lenteur anormale) d'accès au lexique (ce qui est la définition du manque du mot).

Lorsqu'il est important, le manque du mot peut gêner la communication, la rend laborieuse, entrecoupée de mots sans signification (*un truc, un machin*), de phrases avortées (*c'est un…, c'est pour…, tu sais bien*), de périphrases successives, emboîtées, dans lesquelles l'interlocuteur se perd.

Exemple, Jean-Marc, 14 ans
C'est *un…* [cherche le mot « livre »], *pour…, comme à l'école, la…* [cherche le mot « maîtresse » qui devait lui servir à expliciter le mot « livre »]*… elle… dans la… pas la grande salle* [cherche le mot « classe »], *en bas* [classes en rez-de-chaussée]*… heu…, ça fait rien* [renonce].

Certains, malgré leurs difficultés, se lancent dans des explications profuses, d'autres s'arrêtent dès le manque du mot, silencieux, n'ayant pas l'initiative ou la possibilité d'user de périphrases. Lorsqu'enfin, de façon imprévisible ou par bonheur, l'enfant trouve le mot qu'il cherchait, son soulagement est manifeste. Cet aspect *fluctuant* des troubles donne quelquefois l'impression à un observateur non averti soit qu'il s'agit de troubles relationnels (souvent interprétés en termes d'anxiété ou d'inhibition), soit que l'enfant est réticent, voire opposant, qu'il refuse de répondre ou de s'expliquer.

Effectivement, l'intensité des troubles s'aggrave en situation d'examen, lorsqu'on interroge en posant des questions fermées, lorsque la tâche réclame une réponse précise. Les épreuves de *dénomination* (sur image, ou définitions orales) et de *fluence verbale* (évocation d'une série de mots, en temps limité, choisies dans un champ sémantique ou catégoriel *imposé*) sensibilisent le manque du mot (Jambacqué et Dellatolas, 2000).

La dysphasie mnésique

Dans quelques cas plus exceptionnels, le manque du mot peut également être constaté en *compréhension*. Le sujet marque alors son incompréhension par des mimiques et, interrogé, fait état d'une impression de mot familier mais dont il ne peut trouver le sens précis, alors même qu'il s'agit d'un mot courant. Souvent il répète le mot d'un air perplexe (exemple donné par une maman : « je lui dis *donne moi un oignon* et il me regarde en répétant *oignon ? … oignon ? … c'est bizarre comme mot, non ? Je connais, mais là, je vois pas* »).

Là encore, la signification du mot peut être récupérée ultérieurement, de façon inopinée et imprévisible. Lorsque le manque du mot se manifeste *à la fois* sur les voies de la compréhension *et* sur le versant expressif, on parle de *dysphasie mnésique*. La question de savoir s'il s'agit d'une pathologie spécifique du domaine langagier *ou* du domaine mnésique (les réseaux lexico-sémantiques étant stockés en mémoire à long terme) sera discutée au chapitre 4 (Mémoires).

Axes rééducatifs

On préconise un travail systématique par catégories *écologiques* (associations d'idées et de mots en fonction de l'expérience personnelle de l'enfant, reflet de la construction de *ses propres réseaux* sémantiques *cf.* fig. 2.6]), dans l'objectif de multiplier les liens fonctionnels entre les divers concepts, augmentant ainsi le nombre de situations où chaque mot peut être sollicité, directement ou indirectement, facilitant l'accès au mot par des chemins diversifiés.

Les paraphrases sont encouragées, et l'on suscite des jeux (verbaux, à partir d'images, de pictogrammes…) où seuls les indices *autour* du mot peuvent être énoncés, indices sémantiques, fonctionnels, expérientiels ou phonologiques (ex. : faire deviner à l'autre le mot /livre/ sans jamais le prononcer).

Bogliotti (2012) note que « les praticiens rapportent que le *déficit du manque du mot est très résistant* à la remédiation ». L'acquisition de la lecture, ou si l'enfant est non-lecteur, la mise à disposition d'un recueil de pictogrammes, permet de laisser une *trace* à laquelle il pourra se référer en cas de besoin, et qu'il utilisera comme aide à l'évocation. En situation conversationnelle ou d'interaction spontanée, on évitera d'inciter systématiquement l'enfant à rechercher le mot manquant. *Il est beaucoup plus efficace de lui fournir le mot recherché* (si on le devine) et de favoriser ainsi des échanges fluides et de bonne qualité.

Dysphasies réceptives

Ces dysphasies – dites réceptives ou sensorielles – traduisent l'atteinte des voies afférentes, sensorignosiques (*cf.* fig. 2.8). Elles se caractérisent par la présence de *troubles de compréhension du langage* oral, à l'origine d'un important retard de langage qui constitue généralement le motif de consultation.

Elles ne peuvent en aucun cas être évoquées sans s'être préalablement assuré de la qualité de l'audition de l'enfant.

Elles ont en commun de pouvoir être *contournées* par le choix d'une autre modalité langagière non auditive (écrit, pictogrammes, LSF…), ce qui permet de renseigner, alimenter et développer le système central « compétences linguistiques ».

Ces dysphasies sont de deux types :

- l'une – le trouble de discrimination phonologique – est banale, fréquente et sa réelle gravité

réside dans la construction d'un stock lexical réduit puis, à l'âge scolaire, dans les liens qu'elle entretient avec *la dyslexie* phonologique ;
- l'autre – la surdité verbale – est rare mais très grave, compromettant l'accès de l'enfant au langage oral, induisant des troubles sévères de la communication (souvent assimilés à tort à un TSA).

Trouble de discrimination phonologique

C'est un trouble d'une grande fréquence que l'on peut rencontrer *isolé* mais qui peut aussi être associé, selon des intensités variables, à toutes les autres formes de pathologies du développement du langage. Il doit donc être recherché *de façon systématique* chez tous les enfants en difficulté langagière, qu'il s'agisse de langage oral ou écrit.

C'est aussi la raison pour laquelle tout retard notable d'installation du langage chez l'enfant, toute inquiétude dans le secteur du langage oral *ou écrit*, quel qu'en soit le motif, doit *toujours* conduire à investiguer d'*abord* les voies de discrimination auditive et de compréhension orale.

La théorie motrice de la parole (TMP)[51]

Liberman et al., en 1967, ont contribué à diffuser cette théorie qui postule que les informations issues de la vision (les mouvements buccofaciaux) *et* les informations auditives (le signal acoustique) sont codées par le système perceptif sous forme de représentations des *gestes articulatoires* (leur programmation, leur *simulation anticipatrice* [chapitre 3]). Ce modèle permet entre autres de rendre compte de l'*invariance perceptive* en dépit des importantes variations que peut subir le signal acoustique, par exemple lors des phénomènes de coarticulation.

Par exemple (fig. 2.14) : les propriétés *acoustiques* des deux syllabes /du/ et /di/ sont très différentes (en fréquence, amplitude et *transition formantique*[52]), mais au niveau perceptif, nous percevons comme une évidence qu'il s'agit du *même* phonème initial /d/. La théorie motrice de la parole postule que le récepteur récupère l'invariance du /d/, non au niveau acoustique – puisqu'elle n'existe pas – mais *dans l'évocation des commandes neuromotrices* pour effectuer un /d/.

Par ailleurs, voir un geste articulatoire (voir quelqu'un prononcer /ba/) non congruent avec le son émis (son émis /da/) contraint la perception (on croit entendre /ba/, ce qui correspond au geste articulatoire vu et non au son réellement émis).

Enfin, la découverte des neurones miroirs (chapitre 3) a conforté cette hypothèse en montrant que la vision de l'action d'autrui contribue à la perception de la signification de l'action.

Certains travaux en IRM-f plaident aussi en faveur de l'implication du système moteur dans la perception de la parole (Wilson et al., 2004), de même que des études en *transcranial magnetic stimulation* (TMS) (Sato et al., 2010).

Cette implication du système moteur serait très précoce : « Nos recherches en imagerie cérébrale chez le nourrisson montrent qu'il existe un couplage rapide entre régions frontales et temporales, et que l'acquisition de la langue maternelle ne se limite sans doute pas à une analyse de l'information auditive, mais que l'analyse articulatoire pourrait rapidement être prise en compte par le nourrisson (…). Pour conclure, notre travail suggère l'importance de la région de Broca et *donc de l'information articulatoire* dans l'acquisition du langage chez l'enfant typique. » (Dehaene-Lambertz, 2012).

[51] Inspiré de Fort, 2011.

[52] On désigne par formant d'un son de parole, l'un des *maxima d'énergie du spectre sonore de ce son* ; les formants se mesurent en Hz (hertz) ; ils sont variables au cours du temps, dépendant de la façon dont le son est prononcé (extrait de : http://fr.wikipedia.org/wiki/formant). Transition formantique : « Au moment de l'explosion de l'occlusive, la résonance du conduit vocal *change rapidement* ; ce changement est communément appelé "transition formantique" avec une voyelle après ». (http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2008.jacquier_c&part=148472).

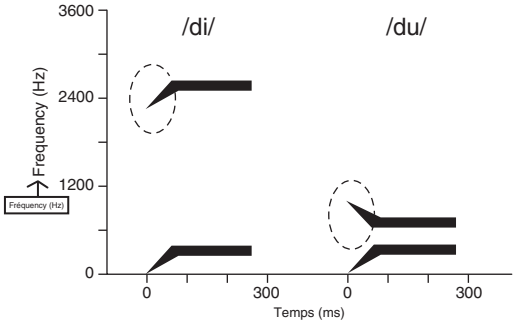


Fig 2.14. Les formants F1 et F2 pour /di/ et /du/ : les pointillés indiquent que la transition formantique est très différente pour les deux syllabes, alors qu'ils impliquent une même information articulatoire.
Galantucci, B, Fowler CA. The motor theory of speech perception reviewed. Psychonomic Bulletin & Review 2006; 13 : 361–77.

La théorie de la perception pour le contrôle de l'action (PACT)

La PACT stipule elle aussi que perception et action sont liées, en interaction obligée. Mais si l'évocation de l'action (des gestes buccophonatoires) affine et désambiguïse la perception (TMP), cela ne peut cependant expliquer l'entièreté des phénomènes de *perception catégorielle*. Par exemple, pour passer de la production du son /i/ au son /u/, l'exécution articulatoire se modifie *progressivement* alors que la perception change *brusquement* entre /i/ et/u/ (perception catégorielle). Ce ne sont donc *pas uniquement* les représentations motrices qui participent à cette perception catégorielle.
La PACT propose donc que, réciproquement, le système moteur articulatoire soit activé par la perception des sons de parole. Des travaux en IRM-f (Grabski et al., 2010) appuient l'hypothèse d'un couplage fonctionnel, bidirectionnel, des systèmes de perception et de production de la parole. Il y aurait donc « liage » entre les informations auditives et visuelles présentes dans les signaux de parole. La fusion de ces informations serait sous la dépendance de *facteurs attentionnels* et permettrait d'accéder à des percepts cohérents, non ambigus.

La perception de la parole n'est donc pas « purement » auditive. Lorsqu'une difficulté se manifeste (environnement bruyant, médiocre ou mauvaise discrimination phonologique), *la situation de face à face*, la vision des articulateurs faciaux de l'interlocuteur deviennent indispensables au décodage des sons de parole et donc, à la compréhension.

Symptômes – Diagnostic

L'anamnèse révèle que :
- l'enfant a parlé tardivement ; c'est même habituellement ce *retard* qui est l'objet de la consultation ;
- les débuts du langage sont (ou on été) constitués d'un *jargon* persistant, généralement *fluent*, à débit fluide et intonatif, où l'enfant est bavard mais plus ou moins inintelligible du fait de la déformation des mots.

Dans les cas habituels, de gravité moyenne, la compréhension conversationnelle de l'enfant est globalement satisfaisante, mais émaillée de confusions ou quiproquos souvent considérés par les adultes avec une indulgence amusée.

Les confusions de sons proches, la non-perception des oppositions de phonèmes qui ne se différencient que par un trait distinctif induisent des confusions de sens qui peuvent gêner la communication, puis avoir des conséquences néfastes au moment de l'apprentissage de la lecture/écriture.

Exemples

- Une mère : « j'avais dit *je me balade sur la plage*, et il s'est écrié tout excité : *hein ? des baleines sur la plage* ! » (Arnaud, 8 ans)
- Un père : « je lui demande *s'il te plaît, va me chercher ma cravate*, et il me dit : *ta savate ? Quelle savate ?* » (Simon, 9 ans)
- César, 10 ans, le jour de son anniversaire, très déçu, devant sa tante qui apporte un énorme gâteau décoré de bougies : « *oh… tu m'avais dit que tu m'apporterais un cadeau* » (confusion cadeau/gateau).
- Une jeune fille (14 ans) parlant de son frère de 10 ans : « *il est énervant, il comprend tout de travers* ».

Le diagnostic repose sur l'échec aux épreuves qui testent les capacités de *discrimination* auditive et de *compréhension* de parole (mots, phrases, discours et récits).

Parmi les *tests de discrimination phonologique*, on distingue les tests lexicaux *versus* non lexicaux.

- *Les tests lexicaux* demandent à l'enfant de désigner l'image représentant le *mot isolé* prononcé par l'examinateur. Les images, proposées en choix multiple, illustrent des mots fréquents mais proches phonologiquement (*classe/glace, canif/caniche, clou/clown, balai/palais*). Il s'agit d'une épreuve sensibilisant le déficit car en situation de compréhension naturelle, le contexte phrastique et les indices extralinguistiques contribuent grandement à désambiguïser les mots. Ainsi, s'il est possible de comprendre /*bouton*/ au lieu de /*mouton*/ en présentation orale de mots isolés, cette confusion est totalement exclue si l'on participe à un méchoui.
- *Les tests non lexicaux* proposent à l'enfant des paires de *syllabes* identiques ou présentant un trait phonologique distinctif (*cla/gla, tri/dri, man/mon*). L'enfant doit dire s'il a entendu deux fois la même syllabe ou si elles étaient différentes (*pareil/pas pareil*). L'enfant n'a alors pas d'accès lexical et doit opérer des distinctions phonétiques *pures*. Du fait des capacités d'attention requises, du maintien nécessaire des informations phonologiques en mémoire de travail, de la nature même de la consigne, ce type d'épreuves ne peut guère être proposé avant l'âge de 5 ans.

L'expression est également infiltrée de troubles de production phonologique, conséquence obligée du trouble d'*entrée*.

- *La répétition* de mots peut mettre en évidence les mêmes approximations phonologiques. La répétition de mots rares et de logatomes est plus ratée encore. On note aussi un effet lié à la longueur du mot ou du logatome. Des épreuves de répétition de phrases mettent aussi en évidence les déformations phonologiques et l'effet de longueur.

La mémoire de travail auditivo-verbale, dont l'évaluation est indispensable, montre habituellement un déficit notable.

Trouble phonologique : expressif ou réceptif ?

Lorsque l'enfant *produit* une parole floue, infiltrée de déformations phonologiques, on peut se trouver face à deux situations très contrastées :

- les épreuves de discrimination et de compréhension de mots phonologiquement proches sont réussies, et il s'agit alors d'un trouble de *production* phonologique (*cf. supra*) ;
- ou bien ces mêmes épreuves sont déficitaires et *donc* les épreuves d'expression orale ne font *que refléter* le trouble de discrimination phonologique en amont.

Axes rééducatifs

Ces enfants sont grandement aidés si on fait appel à une autre modalité sensorielle que l'audition pour la prise de conscience de la distinction de ces sons proches.

La *modalité visuelle* est exploitée préférentiellement par :

- l'utilisation de gestes codant chaque *son* de la langue, chaque phonème (*et non* de gestes codant le niveau lexical, tels ceux de la LSF). On peut utiliser les gestes de la méthode Borel-Maisonny, mais aussi les gestes articulatoires (travail en face à face, devant la glace), le *cued-speech* (ou LPC), etc.
- l'apprentissage de l'*écrit*, qui doit être entrepris dès que possible (dès 5–6 ans). Il convient de préférer des *méthodes phonologiques*, par assemblage, qui constituent un choix rééducatif d'une grande efficacité, insistant sur l'autonomie des phonèmes, leur transcription graphique, les règles de conversion. Ces dernières sont soutenues par les mêmes méthodes visuo-gestuelles.

Il s'agit donc de cas où, loin d'attendre que l'enfant parle bien (ou mieux) pour commencer à lui enseigner l'écrit, on l'exploite au contraire le plus précocement possible comme un support rééducatif privilégié *permettant l'amélioration de l'oral.*

Surdité verbale

Certains enfants sont dans l'incapacité plus ou moins importante de comprendre les énoncés oraux. Lorsque cette difficulté compromet gravement d'emblée l'accès à la compréhension du langage en situation naturelle, on parle alors de surdité verbale. C'est une forme d'agnosie auditivo-verbale (dysfonctionnement des voies afférentes [*cf.* fig. 2.8]). Il d'un *trouble de l'identification* des mots oraux, d'une difficulté à segmenter la chaîne parlée, ne permettant pas l'isolement des unités mots.

Surdité centrale *versus* périphérique

Le mot « surdité » est bien mal choisi puisqu'il entretient, auprès des parents et des non-spécialistes, la confusion avec un déficit auditif périphérique (touchant l'oreille ou le nerf auditif). Or il est facile (et indispensable) de vérifier que l'*enfant entend bien* (audiogrammes et/ou potentiels évoqués auditifs [PEA] normaux), mais qu'il ne peut pas décoder ni attribuer du sens à ce qu'il entend. Il s'agit donc bien d'un trouble central (cérébral), gnosique (concernant le décodage de la signification d'une entrée sensorielle).

L'adjectif *verbal* caractérisant cette agnosie auditive est indispensable, marquant la spécificité du trouble *pour les sons de langage* (analyse et décodage phonétiques). On désigne par surdité *corticale* les difficultés de décodage gnosique de l'*ensemble* des stimuli sonores (parole *et* bruits *et* musique). Ces troubles sont rares dans la population tout-venant. Ils sont beaucoup plus fréquents dans la population des enfants autistes sans (ou quasiment sans) langage oral…

Symptômes - Diagnostic

Dans les cas sévères, l'enfant ne reconnaît pas son prénom, ne comprend pas les consignes simples (viens, donne, prends, se promener, manger, se laver…). Il se comporte comme un enfant sourd, cherchant du *regard* les lèvres de son interlocuteur ou cherchant à comprendre la situation plutôt que les mots énoncés. Les parents ont d'ailleurs souvent déjà consulté un ORL pour suspicion de malaudition et ont été rassurés (un temps !) par des audiogrammes normaux.

L'enfant a besoin du *soutien de gestes* iconiques qui accompagnent le langage (monstration, ébauche de mimes). En situation de groupe (crèche, école), il *regarde* ce que font les autres enfants et les imite. L'enfant, dont le comportement est adapté, s'appuie essentiellement et de façon pertinente sur tous les *indices extralinguistiques* : situation, intonations, rituels de vie.

Ces observations attestent que l'enfant cherche bien à communiquer ; qu'il s'aide spontanément des afférences visuelles qu'il interprète bien, c'est l'afférence auditivo-verbale qui le handicape.

Ces symptômes peuvent quelquefois être difficiles à repérer ou interpréter :

- *le diagnostic peut être longtemps méconnu* car les parents adoptent spontanément et inconsciemment une attitude qui leur permet d'être compris le mieux possible (contact oculaire, gestes, monstrations, mise en place d'habitude de vie et de routines) ;
- *le diagnostic peut facilement être confondu avec d'autres*. L'enfant se désintéresse complètement de toute parole autour de lui, sauf si l'on s'adresse à lui de façon insistante et personnalisée (enfant en face de soi, contact oculaire) *et* que l'on assortit le discours de *gestes* (gestes naturels, spontanés, iconiques). Ce comportement, associé à l'absence de développement du langage oral expressif, rappelle énormément celui d'enfants autistes, avec lesquels ils sont souvent confondus.

Par ailleurs, il est évident que nombre d'enfants présentant un syndrome autistique se présentent comme des enfants ne comprenant pas le langage oral (Mawhood et al., 2000). L'intrication des troubles est d'autant plus forte que le diagnostic (de dysphasie réceptive aussi bien que d'autisme) est tardif. C'est la préservation de comportements de communication (attention conjointe, monstration, demandes gestuelles, mimiques…) et de signes de frustration (colères…) qui permet de s'orienter vers un diagnostic de surdité verbale. Cependant le trouble peut rapidement (dès 3–4 ans) se com-

pliquer de troubles de la relation, donnant alors un tableau mixte difficile à interpréter.

Le critère le plus significatif, sur le plan diagnostique, est la dissociation du comportement de l'enfant en fonction de la *modalité* utilisée pour communiquer avec lui : incompréhension verbale contrastant avec une bonne compréhension de toutes les autres modalités visuelle, gestuelle, expérientielle, intonative, etc.

Lors des épreuves de bilan destinées à *évaluer ses capacités non verbales*, il réussit parfaitement, souvent à hauteur de son âge réel, pourvu que les consignes puissent se déduire naturellement du matériel proposé ou que *l'on amorce* la tâche.[53] Cependant une détérioration, tant intellectuelle que comportementale et relationnelle, peut s'instaurer rapidement (dès 5–6 ans) si des mesures adéquates ne sont pas précocement mises en place.

La dissociation entre la reconnaissance des bruits et la non-reconnaissance du langage, quand elle existe (fréquente mais non constante), a une grande valeur diagnostique. La reconnaissance et le décodage des sons non langagiers font appel à des épreuves de désignation d'objets ou d'images que l'enfant doit apparier au bruit caractéristique qu'on lui fait entendre simultanément : bruits familiers de la vie quotidienne (eau qui coule, voiture qui démarre, bruits de pas, de clés), cris d'animaux, instruments de musique, etc.

En ce qui concerne l'expression, l'*absence de langage* propositionnel est constante : l'enfant ne parle pas ou s'il dit (de façon plus ou moins intelligible) quelques mots, ce sont les rares mots et syntagmes qu'il décode et comprend dans le langage oral. Beaucoup comprennent en effet quelques mots *isolés*, le plus souvent *en situation*, ou même des segments de phrases qui sont formulés de façon strictement identique par la famille. Si l'on remplace un mot par un autre, l'enfant est perdu. Au fil des mois et des années, il repère un nombre croissant de ces structures qu'il traite globalement mais cela reste toujours dramatiquement insuffisant au regard de son appétence communicationnelle, son niveau de performance, son âge réel.

[53] Citons, par exemple, une épreuve telle l'Analyse catégorielle, des EDEDI-R et, plus généralement, toutes les épreuves de catégorisation, classement (d'images, d'objets, de plaques logiques).

Le diagnostic repose sur la constatation de cette double dissociation (lorsqu'elle existe) entre d'une part une compréhension verbale très déficitaire (ou quasi nulle) *versus* une communication non verbale possible, et d'autre part le non-accès au sens du langage *versus* l'accès à la signification des bruits.

Agnosie verbale et identification des bruits

Lors d'une consultation, le jeune Jonathan, 4 ans, dessinait, tandis que sa mère et moi discutions. L'enfant ne prêtait aucune attention à nos discours, semblait ne rien entendre, ne réagissant même pas à la formulation de son prénom. À un moment donné, sa mère a sorti un bonbon de son sac et commencé précautionneusement à en déplier le papier. À ce bruit, l'enfant, sans se retourner, tout en continuant son dessin d'une main, a tendu son autre main en arrière, en direction de sa mère, dans un geste indiquant clairement qu'il réclamait l'objet, prouvant ainsi non seulement qu'il avait entendu, mais qu'il avait parfaitement *décodé la signification* de ce bruit.

Une surdité verbale *acquise* : le syndrome de Landau-Kleffner

Bien qu'il s'agisse d'une aphasie *acquise*, en lien avec une *épilepsie* particulière (pointes-ondes continues du sommeil), nous en faisons état ici, car elle se manifeste par une surdité verbale de survenue secondaire chez un très jeune enfant qui peut consulter dans des conditions proches de celles d'une surdité verbale « développementale ». L'enfant a eu un premier développement normal, y compris sur le plan langagier : c'est la survenue secondaire d'une *détérioration* du langage, rapide ou progressive, qui alerte. Là encore, les parents rapportent l'impression que l'enfant *devient* sourd : la compréhension verbale se détériore, ce qui se répercute dans l'expression verbale qui se délite.

Il est important d'en faire le diagnostic et de traiter au plus tôt l'épilepsie causale.

Principes rééducatifs

Dans tous ces cas, il est indispensable de proposer du langage *via* une modalité *visuelle* pour alimenter le module « compétences linguistiques » (*cf.* fig. 2.8), limiter les répercussions délétères sur l'ensemble du fonctionnement cognitif et sociorelationnel.

Il est donc urgent d'exposer l'enfant à la *langue des signes* (LSF) : les stimuli verbaux du langage signé seront traités par l'analyseur langagier afférent visuel et contourneront (partiellement) le trouble de décodage spécifiquement auditivo-verbal, permettant la constitution progressive d'un langage oral. L'orientation vers une structure dédiée aux enfants sourds et malentendants et pratiquant la LSF peut être très positive, mettant l'enfant en contact non seulement avec des professionnels formés mais surtout avec toute une communauté (d'adultes et de pairs) avec laquelle le langage signé pourra être partagé, dans de réels échanges langagiers riches *et structurés*.[54]

Contrairement à la crainte fréquemment exprimée par les parents (ou certains professionnels), le recours à la LSF n'empêche aucunement l'accès à la *langue orale*. Au contraire, en permettant que se construisent des compétences véritablement linguistiques, il en facilite l'accès. On observe ainsi couramment que les enfants *progressent en expression orale* au fur et à mesure qu'ils entrent dans le système linguistique par le biais de la LSF.

L'association à un travail à base de *pictogrammes* illustrant et matérialisant la segmentation du discours en mots peut aider à la prise de conscience et à l'extraction des unités pertinentes du langage (un mot, suite de sons inanalysable du point de vue de l'enfant, est remplacé par un pictogramme, unité visuelle perçue, autorisant un accès sémantique). La permanence des traces et la visualisation de la suite séquentielle des unités sont des aides irremplaçables pour ces enfants, en particulier pour leur permettre un accès (partiel) au *langage écrit*, lui-même support de développement du langage oral.

Cependant, les espoirs concernant l'oral doivent être mesurés. Ces enfants restent généralement dépendants d'une afférence visuelle pour la compréhension et ne produisent oralement que des énoncés limités et peu élaborés.

Troubles associés et comorbidités

Les dysphasies sont fréquemment associées à d'autres troubles cognitifs, en particulier des troubles attentionnels (chapitre 5) et des TAC (chapitre 3).

La place des troubles d'accès au langage écrit (chapitre 6) est plus complexe.

Dysphasies et dyslexies (Vidéo 07)

Il est certain que nombre d'enfants dysphasiques seront en difficulté lors de l'apprentissage de l'écrit. Ainsi Catts et al. (2008) trouvent que cela concerne plus de la moitié des enfants diagnostiqués avec SLI en maternelle. La problématique des relations entre les pathologies du développement de l'oral et l'accès à l'écrit est d'autant plus complexe que certains des symptômes qui sont constitutifs du syndrome dysphasique sont, *évidemment*, à l'origine de troubles de l'accès à l'écrit (c'est le cas par exemple des troubles phonologiques et des déficits en mémoire de travail phonologique ou auditivo-verbale) alors qu'au contraire l'écrit sera un recours pour accéder à l'oral.

Les liens dysphasies/dyslexies

- Snowling et al. (2000), mènent une étude longitudinale concernant 56 jeunes diagnostiqués avec SLI en maternelle. Leurs performances en langage écrit sont globalement très faibles comparées aux contrôles de leur âge. Cependant 35 % de ces jeunes ont des habiletés *normales* en lecture, et ceux qui

[54] Ce qui n'est évidemment pas le cas du Makaton, méthode qui propose d'accompagner les mots oraux de pictogrammes et de signes *isolés* de la LSF, utile dans d'autres indications.

souffrent de troubles isolés en *production* phonologique ont particulièrement un bon pronostic (en dépit de difficultés initiales, en début d'apprentissage).

- Goulandris et al. (2000), comparant deux groupes de jeunes dyslexiques, les uns sans antécédents langagiers et les autres ayant des antécédents de SLI, constatent que les enfants dyslexiques sans antécédent de SLI ont une meilleure compréhension en lecture que ceux avec antécédents de SLI.
- Catts et al. (2005), se demandent si TSLO et dyslexie sont deux pathologies distinctes ou non, et concluent que oui. Les enfants atteints de dyslexie isolée, ou de dyslexie + TSLO, ont des performances significativement plus faibles dans les épreuves qui testent les processus phonologiques que les enfants avec TSLO isolé et les enfants au développement typique. « Le déficit dans les processus phonologiques est étroitement associé aux dyslexies *mais non aux TSLO qui ne s'accompagnent pas de dyslexies* ».

Les troubles d'accès à l'écrit peuvent être compris comme (fig. 2.15) :

- ressortant d'un *déficit commun en amont*, source des deux lignées de symptômes, oral et écrit (fig. 2.15A). Par exemple, lorsque la dysphasie comporte une composante phonologique importante et un important déficit de la mémoire de travail, on peut alors légitimement considérer la dyslexie comme en lien direct avec les racines mêmes du trouble langagier initial ;
- une réelle comorbidité, à savoir l'association d'une dysphasie avec un autre trouble dys- sans lien connu ou évident avec le premier, et lui-même fréquent, la dyslexie (fig. 2.15B). Par exemple, lorsque la dysphasie s'accompagne d'une dyslexie de type visuel ou visuo-attentionnelle (chapitre 6), les liens entre la pathologie du développement de l'oral et celle de l'écrit n'apparaissent pas : il est alors licite de parler de comorbidité.

Au total

De nombreux enfants dysphasiques apprendront à lire et à écrire, en particulier ceux qui présentent un trouble de *production* phonologique. Cependant, du fait de l'implication majeure des processus phonologiques dans l'accès au langage écrit, ceux dont la dysphasie comporte d'importants troubles phonologiques d'entrée (afférents) ou des troubles globaux des représentations phonologiques (dysphasie phonologique-syntaxique, manque du mot, troubles de discrimination phonologique) courent un grand risque de développer aussi une dyslexie *phonologique*.

Dysphasies et TDA/H

L'association de troubles de l'attention et de TSLO est souvent alléguée ; mais sa fréquence est impossible à estimer même grossièrement :

- en raison du flou concernant la population d'enfants dits *avec SLI* dans les publications anglophones ou *avec TSLO* dans les publications francophones ;
- et du même flou concernant la population dite *avec TDA/H*, les critères diagnostiques étant très variables d'un auteur à l'autre (DSM, questionnaires aux familles, utilisation ou non de batteries normées).

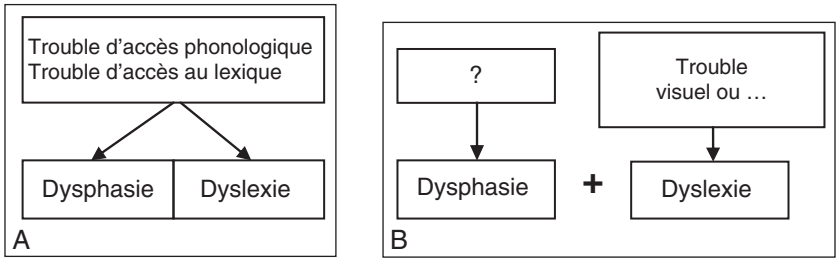


Fig. 2.15. Différentes façons d'envisager les liens dysphasies/dyslexies.

La question se pose donc, du moins dans nombre de cas, de *la réalité de l'association* de deux pathologies.

Le déficit en MT (constant dans les dysphasies) peut-il en imposer pour un TDA/H ?

Plusieurs études mettent en avant le *déficit en mémoire de travail*, celui-ci se retrouvant aussi bien dans les dysphasies que dans les syndromes dys-attentionnels.

Mémoire de travail, TDA/H et TSL

- Cohen et al. (2000) étudient les profils de 166 jeunes de 7 à 14 ans répartis en quatre groupes : TDA/H + SLI ; TDA/H + langage normal ; SLI + diagnostic psychiatrique (autre que TDA/H) et diagnostic psychiatrique sans SLI. Leurs résultats indiquent que les troubles de la MT, pourtant réputés être au cœur de la problématique des TDA/H, sont *plus étroitement liées aux SLI* qu'aux TDA/H. Et ils concluent : « il faut donc être prudent et ne pas attribuer à ces enfants avec TDA/H ce qui pourrait *n'être qu'un reflet de leur incompétence langagière* ».
- Jonsdottir et al. (2005), cherchant quel est l'impact de l'association TDA/H + SLI sur la MT, concluent eux aussi que « les déficits en MT ne sont pas une caractéristique spécifique des TDA/H, mais ils sont *associées aux troubles langagiers*. Cela met en relief l'*importance de dépister les troubles du langage* dans les travaux sur le fonctionnement cognitif des enfants avec TDA/H ».
- Enfin, Martinussen et Tannock (2006) montrent, concernant les enfants TDA/H, que ce sont les *symptômes d'inattention* (non d'impulsivité et d'hyperactivité) qui sont corrélés à la performance en MT.

Donc, enfants avec TDA/H et enfants dysphasiques partagent, pour des raisons différentes, des déficits de la MT. Certains enfants dysphasiques peuvent donc être *perçus* à tort comme inattentifs du fait de leur dysphasie, des conséquences comportementales qui peuvent en découler *et du déficit en MT qui y est associé* ; et ce d'autant que ce sont les types *inattentif strict* de TDA/H qui sont majoritairement associés aux TSL…

Chez les enfants avec TDA/H, des troubles langagiers qui ne sont pas des dysphasies ?

Dans un nombre non négligeable de cas, les troubles langagiers identifiés chez les enfants avec TDA/H traduiraient plutôt la diffusion dans le langage des troubles attentionnels et dysexécutifs, qu'il s'agisse du déficit en MT et/ou de troubles du contrôle et de l'adaptation du discours (troubles de la pragmatique). Or ces enfants avec TDA/H sont présentés comme relevant de la catégorie *avec SLI*.

Les anomalies langagières ne sont dans ces cas qu'un des *symptômes* du syndrome dysexécutif (chapitre 5), et non une comorbidité.

Des troubles spécifiques du langage ou des troubles dys-exécutifs infiltrant le langage ?

Redmond (2004), par exemple, constate : « les tests standardisés servent de base pour caractériser les enfants avec TDA/H qui présentent des risques de TSLO. Les études utilisant des tests psycholinguistiques rapportent un recouvrement considérable entre enfants avec TDAH et ceux avec TSLO ». Mais sa propre étude le conduit à différencier clairement les deux populations : l'analyse du langage conversationnel montre qu'il y a plus de différences que de similarités entre la population d'enfants avec TDA/H et celle d'enfants avec TSLO. Par exemple, les enfants avec TDA/H produisent des *digressions* alors que les enfants avec TSLO sont limités dans leur vocabulaire et ont des *difficultés à marquer le temps des verbes*. « L'expression des déficits conversationnels des TDA/H pourraient être la marque de la dysfonction exécutive ».

Au total

Peut-être encore plus que pour d'autres associations de dys-, il convient d'être prudent et très exigeant avant de parler de comorbidité. Il faut faire la preuve que l'ensemble de la symptomatologie ne peut être expliquée par un seul diagnostic en amont et montrer qu'il y a coexistence de symptômes spécifiques au TDA/H *et* d'autres spécifiques aux dysphasies.

Dysphasies et troubles d'acquisition de la coordination (TAC)

L'association de troubles du développement moteur ou TAC aux TSLO est connue, fréquente et bien documentée.

Il est vraisemblable que la fréquence de l'association « dysphasie + TAC » est un peu surestimée, car beaucoup d'études considèrent qu'elles peuvent évoquer un TAC si les évaluations motrices situent l'enfant à la limite inférieure de la norme…

Fréquence de cette association

- Webster et al. (2005), parmi 43 enfants diagnostiqués avec SLI à l'âge préélémentaire, en trouvent 52 % qui présentent un trouble moteur (motricité fine et motricité globale considérées comme pathologiques à – 1,5 DS) et concluent sur l'importante comorbidité entre SLI et dysfonction motrice.
- Visscher et al. (2007), trouvent la même proportion (51 %) d'enfants présentant un développement moteur *limite* ou pathologique (testés au M-ABC) au sein d'une cohorte de 125 enfants de 6–9 ans présentant des TSLO. Mais ils affinent ces résultats en fonction du type de trouble langagier dont souffrent les enfants. Les enfants atteints d'un trouble de parole ou d'un trouble de parole/langage ont des problèmes de motricité plus fréquents et plus intenses que ceux qui présentent un trouble *pur* du langage. Quand il y a des troubles de parole, le trouble moteur est nettement plus intense.
- Cheng et al. (2009) utilisant le M-ABC (déficit à partir *de* – 1,12 DS) retrouvent la comorbidité fréquente entre TSLO et TAC. Mais ils précisent que, parmi les épreuves du M-ABC, c'est la dextérité manuelle qui corrèle le plus avec les TSLO.

Quels processus pathologiques sous-jacent à cette association ?

- Albaret et de Castelneau (2009) présentent les thèses de Doyon et al. (2003) qui rapportent ces comorbidités à des défaillances du système procédural, impliquant les boucles cortico-striatale (liées au TSLO et au TAC) et cortico-cérebelleuse (liées aux dyslexies et TDA/H de type inattentif prédominant).
- Zelaznik et Goffman (2010) étudient 14 enfants SLI de 6–8 ans et retrouvent la comorbidité entre SLI et faibles capacités en motricité fine et globale. Paradoxalement, les habiletés manuelles *rapides* (tapping, rythme, dessin de cercles en rythme avec un métronome ou une cible visuelle) sont préservées, avec des performances comparables aux contrôles.

Au total

La comorbidité « dysphasie + TAC » concernerait peut-être une moitié de la population des jeunes dysphasiques. Cependant, ces troubles du développement moteurs auraient quelques particularités : une fréquence reliée à celle des troubles moteurs de la sphère buccophonatoire (non aux troubles spécifiquement linguistiques) et un respect des activités rapides et rythmiques.

Conclusion

Les troubles spécifiques du développement du langage prennent de multiples formes dont le diagnostic, la remédiation, les conséquences (communicationnelles et dans les apprentissages) et le pronostic sont fort différents.

- Un enfant qui *parle tard et/ou « mal »* (versant expressif) peut être en difficulté pour développer son langage (rôle prédominant de l'environnement) ; ou souffrir d'une dysphasie phonologique-syntaxique, d'un trouble de production phonologique, d'un trouble de discrimination phonologique, d'un manque du mot.
- Un enfant qui ne *parle pas* à 2–2 ans ½ peut être sourd ou malentendant ; souffrir d'une dyspraxie de la parole ; d'une surdité verbale ; avoir des troubles de la communication ou encore de la cognition sociale (troubles du spectre de l'autisme).
- Un enfant en délicatesse avec *le langage écrit* peut manifester ainsi les séquelles d'un trouble spécifique du langage oral qui n'a pas été diagnostiqué ou d'un *retard* qui était supposé s'être *résorbé*.

Or on entend dire quelquefois que point n'est besoin d'un diagnostic, toujours long et difficultueux dans ce domaine, suggérant qu'on pourrait *s'en tenir aux symptômes*, sans chercher à les rapporter aux mécanismes neuropsychologiques sous-jacents.

C'est prendre là un risque important, car un même symptôme peut ressortir de différents mécanismes, de différents diagnostics, et donc réclamer des remédiations et aides très différentes.

Par exemple, une parole infiltrée de flous et de déformations peut :

- être la conséquence d'un trouble de production phonologique (voies efférentes) ;
- masquer une dys-syntaxie ; cette dernière, associée au trouble de représentation phonologique, signe alors une défaillance du secteur « compétences linguistiques » ;
- refléter un déficit de discrimination phonologique (voies afférentes) ;
- être un trouble isolé de la parole (sans déficit langagier), apraxie verbale ou dysarthrie.

Appréhender au mieux les mécanismes sous-jacents en proposant un bilan structuré et complet est fondamental pour *choisir les stratégies* susceptibles d'être efficaces dans tel ou tel cas clinique.

Cette connaissance des meilleures stratégies pour rééduquer tel ou tel sous-système linguistique est indispensable (Schelstraete, 2011).

Cependant il faut, pour chaque enfant, appréhender l'entièreté de sa pathologie, percevoir les *interactions* entre les différents niveaux. Ainsi, des troubles syntaxiques *ne s'ajoutent pas* à des troubles phonologiques, ils se potentialisent mutuellement pour rendre l'enfant plus ou moins incompréhensible. De même, la présence d'un manque du mot important peut modifier notablement le tableau d'une dysphasie syntaxique, etc. C'est l'*ensemble du tableau et de ses répercussions* qui doit être apprécié et donner lieu à un projet d'intervention coordonné et cohérent.

De même, l'*association de troubles* de différentes lignées (comorbidités) ne doit pas conduire à juxtaposer ou à superposer en couches successives les remédiations de tel et tel trouble. Selon l'intensité relative des symptômes, l'âge de l'enfant, l'importance des difficultés communicationnelles, le projet scolaire, il faudra tracer les priorités, hiérarchiser les objectifs puis ajuster les propositions en fonction de l'évolution.

D'une façon générale, l'*apprentissage du langage écrit* doit être proposé *précocement*. Il ne faut pas attendre que l'enfant *parle bien* (cela pourrait repousser indéfiniment cet apprentissage !). L'écrit :

- peut, dans un nombre non négligeable de cas, être une aide et un support pour améliorer l'oral ;
- représente un acquis indispensable dans la scolarité, plus encore pour un enfant en délicatesse avec l'oral. Ce sera souvent la clé de son avenir professionnel et social.

Simultanément, la *communication* doit être facilitée dans tous les secteurs de la vie de l'enfant.

- *La famille* est le premier interlocuteur de l'enfant. Or, le handicap langagier distord les relations. L'enfant a peu l'initiative des échanges langagiers et ses réponses, réduites, laborieuses ou peu intelligibles découragent les proches. Les interactions risquent de s'appauvrir, de se réduire à des échanges minimaux concernant le quotidien ou à des demandes de répétition correcte. Des programmes de guidance familiale (Maillart et al., 2011) peuvent favoriser des interactions enrichies, participer au développement du langage, de la communication, dans un climat compréhensif et

chaleureux. Les conseils alors donnés aux proches sont de commenter verbalement leurs actions, leurs émotions, de même que celles de l'enfant. De l'inciter, par des questions adaptées, à s'exprimer. De reformuler ses énoncés (en les corrigeant et/ou en les allongeant) *sans briser la communication,* sans rompre la conversation, l'échange.

- *À l'école*, pour faciliter les apprentissages, on conseillera d'utiliser des phrases courtes et une consigne à la fois. Ralentir le rythme de la parole et accentuer les intonations peut faciliter la compréhension dans une situation de face à face. Les apprentissages et l'acquisition des connaissances doivent être soutenus par des informations visuelles et expérientielles : démonstrations, exemples, tâches amorcées, manipulations, expérimentations, schémas, tableaux, mots ou textes écrits, pictogrammes, vidéos et programmes pédagogiques télévisuels…
- Pour tous et partout, le respect de la parole de l'enfant impose de *lui laisser le temps* de s'exprimer, tout en apportant éventuellement une aide discrète dès que besoin, lorsqu'il y a risque de rupture dans l'échange ou de renoncement.

Le devenir à l'âge adulte

Une enquête réalisée en 2010 par l'association AAD[55] auprès de 81 de ses adhérents âgés de 14 à 31 ans (20 filles et 61 garçons) fait état des résultats suivants[56] :

- les parcours scolaires : plus de la moitié fait ou a fait ses études en milieu ordinaire : 21 sont encore au collège ou au lycée (4 au collège, 2 en ULIS et 14 au lycée), 20 sont ou ont été en lycée professionnel et 9 dans des centres d'apprentis, en alternance, en stage…
- la grande majorité a obtenu le CFG,[57] environ 1/3 a eu le brevet et 7 ont un baccalauréat. Vingt-trois ont obtenu un diplôme de l'enseignement professionnel, CAP ou BEP ;
- les parcours professionnels : 19 travaillent en milieu ordinaire, sans aménagement particulier, dans divers secteurs. Huit personnes travaillent en milieu adapté (ESAT) et sont satisfaites de ce type d'insertion sociale et professionnelle. Neuf sont demandeurs d'emploi ;
- sept jeunes sont en établissement spécialisé (IMP, IME, IMPro).

Le pronostic de ces dysphasies est bien sûr lié à l'intensité et la gravité des troubles du langage. Mais la *précocité* de la prise en charge et sa *pertinence* (axée sur la rééducation, mais aussi beaucoup sur les compétences communicationnelles et sociales, sur l'accès au langage écrit favorisant l'insertion scolaire), associées à l'implication des parents, sont un facteur décisif pour l'avenir des jeunes dysphasiques.

55 AAD : Association Avenir Dysphasie France (www.dysphasie.org).

56 Il est à noter que seuls 20 % de cette cohorte présentent une comorbidité. Il s'agit d'une dyslexie associée pour moitié, d'une dyspraxie ou TAC pour l'autre moitié.

57 CFG : certificat de fin d'études générales, niveau fin de primaire.

Vademecum

Il y a plusieurs dizaines de milliers d'années, en dotant l'homme du langage oral, l'Évolution lui offre la possibilité de transmettre et d'échanger pensées, affects, savoirs… Aujourd'hui la société de communication place l'enfant dysphasique, parlant peu et/ou mal, dans une situation de distorsion précoce de ses interactions avec ses semblables. Dès lors, comment se construire, développer estime et confiance en soi, être capable d'engranger et de restituer les savoirs scolaires obligés ?

Tout retard, stagnation ou faible développement des capacités langagières doit sérieusement être pris en compte, sans attendre, dès que la surdité est écartée.

L'histoire de l'enfant dysphasique débute souvent par une incompréhension. En négligeant ses capacités de compréhension, de communication, d'interactions et de raisonnement *non verbaux*, l'enfant risque d'être confondu avec un jeune déficient intellectuel et/ou autiste. Or, l'analyse raisonnée des dissociations intralinguistiques et des particularités pathognomoniques des productions langagières (fig. 2.16) permet de révéler l'atypie développementale responsable du langage déviant et peu fonctionnel. Il s'agit d'une dysphasie, le plus souvent expressive.

L'investigation permet également de montrer – pour un nombre plus restreint d'enfants – un déficit portant *aussi* sur la capacité de décoder, donc de comprendre, le message linguistique. Il s'agit d'une dysphasie réceptive, impactant logiquement l'expression.

La prise en charge des dysphasies est discutée quant aux méthodes. Il semble que nombre d'entre elles soient valides. Cependant, les interventions *globales* non ciblées, comme le traditionnel *bain de langage*, sans sollicitation explicite de la participation de l'enfant et celle de sa famille, s'avèrent d'une efficacité très limitée. Lorsque l'aide en orthophonie, intensive, bien comprise et relayée par l'entourage, n'aboutit pas à une communication verbale fonctionnelle, l'enfant dysphasique demeure dans une privation relationnelle difficile à vivre.

Paradoxalement, quand bien même cela peut paraître délicat (voire saugrenu) pour les familles et/ou les enseignants, c'est l'acquisition du langage écrit qui peut lui permettre de progresser à l'oral. Aussi, l'entrée précoce dans le langage écrit ne doit pas être retardée, au contraire elle doit être favorisée, voire anticipée, fournissant enfin à l'enfant l'occasion de « visualiser » le langage.

L'évolution des dysphasies est variable, mais elle peut s'avérer de bon pronostic. C'est le type de *déficit linguistique* sous-jacent, le *profil cognitif global* du sujet, les capacités d'accès à l'écrit et le *contexte* qui déterminent le pronostic, considérablement influencé par l'existence éventuelle de comorbidités.

Les questions clés en matière de dysphasie interrogent :

- sur le plan social, la capacité à développer une informativité communicationnelle (peu importe le média, peu importe la forme « académique » ou non des énoncés) ;
- l'école, où le langage soutenu restera difficile à traiter pour l'enfant dysphasique. Souvent sous-estimée, source d'échecs dans les apprentissages, cette réalité légitime l'octroi d'aide humaine (auxiliaire de vie scolaire) et d'adaptations pour pouvoir apprendre.

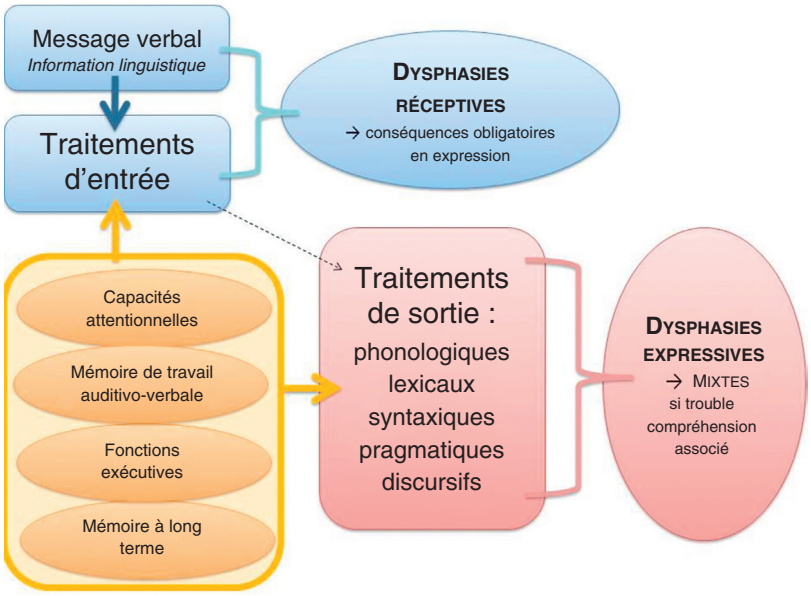


Fig. 2.16. Les différents mécanismes sous-jacents aux dysphasies.

Pour aller plus loin

Chevrie-Muller C. Le langage de l'enfant, aspects normaux et pathologiques. Paris : Masson ; 2007.

Hagège C. L'enfant aux deux langues. Paris : Odile Jacob ; 2005.

Kail M, Fayol M. L'acquisition du langage, de la naissance à 3 ans. Paris : PUF ; 2000.

Leroux MN, Touzin M. 100 idées pour venir en aide aux enfants dysphasiques. Paris : Tom Pousse ; 2012.

Liégeois-Chauvel C, Gueguen B, Chauvel P, Kahane P. Neurophysiologie du langage. Paris : Elsiever ; 2006.

Maillart C, Schelstraete MA. Les dysphasies. Paris : Elsevier Masson ; 2012.

Pinker S. L'instinct du langage. Paris : Odile Jacob ; 1999.

Schelstraete MA. Traitement du langage oral chez l'enfant : interventions et indications cliniques. Paris : Masson ; 2011.

Références

Adams AM, Gathercole SE. Limitation in working memory implications for language development. Int J Lang Commun Disord 2000 ; 35(1) : 95–116.

Albaret JM, de Castelnau P. Place des troubles de la motricité dans les troubles spécifiques du langage oral. Développements 2009 ; 1(1) : 5–13.

Barner D, Inagak S, Li P. Language, thought and real nouns. Cognition 2009 ; 111(3) : 329–44.

Bernicot J. La pragmatique des énoncés chez l'enfant. In : Kail M, Fayol M, editors. L'acquisition du langage, Tome 2. Paris : PUF ; 2000. p. 45–82.

Bishop DVM, Adams CV, Norbury CF. Distinct genetics influences on grammar and phonological short-term memory deficits : evidence from 6-year-old twins. Genes Brain Behavior 2006 ; 5(2) : 158–69.

Bogliotti C. Les troubles de la dénomination. Langue Française 2012 ; 174 : 95–110.

Cataix-Negre E. Communiquer autrement : accompagner les personnes avec des troubles de la parole ou du langage : les communications alternatives. Marseille ; Solal : 2011.

Catts HW, Adlif SM, Hogan TP, Weismer SE. Are specifis language impairment and dyslexia distinct disorders ? J Speech Lang Hear Res 2005 ; 48(6) : 1378–96.

Catts HW, Bridges MS, Little TD, Tomblin JB. Reading achievement growth in children with SLI. J Speech Lang Hear Res 2008 ; 45(6) : 1142–57.

César M. Comorbidité dysphasie développementale, TAC et trouble anxieux. Mémoire en vue de l'obtention du DE de psychomotricien. Université Paul Sabatier (Toulouse) ; 2011.

Charron L, MacLeod AAN. La dyspraxie verbale chez l'enfant : identification, évaluation, intervention. Glossa 2010 ; 109 : 42–54.

Cheng HC, Chen HY, Tsai CL, Chen YJ, Cherng RJ. Comorbidity of motor and language impairments in preschool children in Taiwan. Res Dev Disabil 2009 ; 30(5) : 1054–61.

Chevrie-Muller C, Narbona J. Le langage de l'enfant. Aspects normaux et pathologiques. 3e édition, Paris : Masson . 2007.

Cirrin FM, Gillam RB. Language intervention practices for school-age children with spoken langage disorders : a systematic revue. Lang Speech Hear Serv Sch 2008 ; 39(1) : S110–37.

Coady JA, Evans JL, Mainela-Arnold E, Kluender KR. Children with SLI perceive speech most categorically when tokens are natural and meaningful. J Speech Lang Hear Res 2007 ; 50 : 41–57.

Cohen NJ, Vallance DD, Barwick M, Im N, Menna R, Horodezky NB, Isaacson L, et al. The interface between ADHD and language imparment : an examination of language, achievement, and cognitive processing. J Child Psychol Psychiatry 2000 ; 41(3) : 353–62.

Coquet F. Pragmatique, quelques notions de base. Rééducation Orthophonique 2005 ; 221 : 13–28.

Conti-Ramsden G, St Clair MC, Pickles A, Durkin K. Developmental trajectories of verbal and nonverbal skills in individuals with a history of SLI : from childhood to adolescence. J Speech Lang Hear Res 2012 ; 55(6) : 1716–35.

de Ajuriaguerra J, Borel-Maisonny S, Diatkine R, Narlian S, Stamback M. Le groupe des audimutités. Psychiatr Enfant 1958 ; I(1) : 7–63.

Dehaene-Lambertz G, Houston D. Faster orientation latency toward native language in two-month-old infant. Lang Speech 1998 ; 41 : 21–43.

Dehaene-Lambertz G. Bases cérébrales de l'acquisition du langage : apport de la neuro-imagerie. Neuropsychiatr Enfance Adolesc 2004 ; 52 : 452–9.

Dehaene-Lambertz G, Dehaene S, Hertz-Pannier L. Functional neuroimaging of speech perception in infants. Science 2002 ; 298 : 2013–5.

Dehaene-Lambertz G. Une réévaluation du rôle de la bouche et des mouvements articulatoires dans l'acquisition de la langue maternelle. Motricité Cérébrale 2012 ; 33(1) : 2–3.

Drapetto M, Bjork E. The development of word retrieval abilities in the second year and its relation to early vocabulary growth. Child Dev 2000 ; 71(3) : 635–48.

Fisher SE, Lai CSL, Monaco AP. Deciphering the genetic basis of speech and language disorders. Annu Rev Neurosci 2003 ; 26 : 57–80.

Fonteneau E, Van der Lely HKJ. Electrical brain responses in language impaired children reveal grammar-specific déficits. PLoS One 2008 ; 3(3) : e1832.

Fort M. L'accès au lexique dans la perception audio-visuelle de la parole. Thèse de doctorat en sciences cognitive, psychologie et neurocognition. Université de Grenoble ; 2011.

Gathercole S. Nonword repetition and word learning : the nature of relationship. Applied Psycholinguistics 2006 ; 27 : 513–43.

Geurts HM, Embrechts M. Language profiles in ASD, SLI and ADHD. J Autism Dev Disord 2008 ; 38(10) : 1931–43.

Goulandris NK, Snowling MJ, Walker I. Is dyslexia a form of SLI ? A comparison of dyslexic and language impairment children as adolescents +++. Ann Dyslexia 2000 ; 50(1) : 103–20.

Grabski K, Lamalle L, Schwartz JL, Vilain C, Vallée N, Tropres I, et al. Corrélats neuroanatomiques des sytèmes de perception et de production des voyelles du français. XXVIII[e] Journées d'étude sur la parole Mons ; 2010.

Gray S. The relationship between phonological memory, receptive vocabulary and fast mapping in young children with SLI. J Speech Lang Hear Res 2006 ; 49 : 955–69.

de Guibert C, Maumet C, Jannin P, Ferré JC, Tréguier C, Barillot C, et al. Abnormal functional lateralisation and activity of language brain areas in typical SLI (developmental dysphasia). Brain 2011 ; 134(Pt 10) : 3044–58.

Hesketh A, Conti-Ramsden G. Memory and Language in Middle Childhood in Individuals with a History of Specific Language Impairment. PLoS One 2013 ; 8(2) : e56314.

Hickermann M. Le développement de l'organisation discursive. In : Kail M, Fayol M, editors. L'acquisition du langage, Tome 2. Paris : PUF ; 2000. p. 83–115.

Holm A, Crosbie S, Dodd B. Treating inconsistent speech disorders. In : Dodd B, editor. Differential diagnosis and treatment of children with speech disorders. London : Whurr ; 2005. p. 182–201.

Holm A, Crosbie S, Dodd B. Differentiating normal variability from inconsistency in children's speech : normative data. Int J Lang Commun Disord 2007 ; 42 : 467–86.

Ingram D. The measurement of whole-word productions. J Child Lang 2002 ; 29 : 713–33.

Jambacqué I, Dellatolas G. Épreuves de fluence verbale et de dénomination chez l'enfant d'âge scolaire. ANAE 2000 ; 56 : 13–6.

Johnson CJ. Prévalence des troubles de la parole et du langage chez les enfants. L'encyclopédie du langage et de l'alphabétisation. 2008. http://literacyencyclopedia.ca/index.php ? fa=items.show&topicId=24&switchlanguage=FR.

Jonsdottir S, Bouma A, Sergeant JA, Scherder EJA. The impact of SLI on working memory in children with ADHD combined subtype. Arch Clin Neuropsychol 2005 ; 20(4) : 443–56.

Journet N. Le langage. Introduction aux sciences du langage. Auxerre : Éditions Sciences Humaines ; 2010.

Kern S. Semantic distribution of french-speaking children's first words. In : Drevillon J, Vivier J, Salinas A, editors. Actes du colloque ISAPL 2000. Paris : Europia ; 2004. p. 179–80.

Kohl M, Beauquier-Maccota B, Bourgeois B, Clouard C, Donde S, Mosser A, et al. Bilinguisme et troubles du langage chez l'enfant. Psychiatr Enfant 2008 ; 51(2) : 577–95.

Lai CSL, Fisher SE, Hurst JA, Levy ER, Hodgson S, Fox M, et al. The SPCH1 region on human 7q31 : genomic characterization of the critical interval and localization of translocations associated with speech and language disorder. Am J Hum Genet 2000 ; 67(2) : 357–68.

Laitman JT. L'origine du langage articulé. In : La Recherche ; 1986. p. 181.

Laval V, de Weck G, Chaminaud S, Lacroix A. Contexte et compréhension des expressions idiomatiques : une étude chez des enfants présentant une dysphasie de type phonologique syntaxique. Swiss Journal of Psychology 2009 ; 68(1) : 51–60.

Law J, Garrett Z, Nye C. The efficacity of treatment for children with developmental speech and language delay/disorder : a meta-analysis. J Speech Lang Hear Res 2004 ; 47(4) : 924–43.

Liberman AM, Cooper FS, Shankweiler D, Studdert-Kennedy M. Perception of speech code. Psychol Rev 1967 ; 74 : 431–61.

Maillart C. Les représentations phonologiques des enfants dysphasiques. Enfance 2004 ; 56 : 46–62.

Maillart C, Leroy S, Quintin E, Quintin E, Ranc L, Derouaux F. Des interactions enrichies qui soutiennent le développement du langage. ANAE 2011 ; 112–113 : 223–30.

Marshal C, van der Lely H. The impact of phonological complexity on past tense inflection in children with grammatical-SLI. Advances in Speech Language Pathology 2007 ; 9(3) : 191–203.

Martinussen R, Tannock R. Working memory impairments in children with ADHD disorders with and without comorbid language learning disorders. J Clin Exp Neuropsychol 2006 ; 28(7) : 1073–94.

Monfort M, Sanchez AJ. L'intervention centrée sur l'interaction familiale dans le cas de troubles graves du développement chez l'enfant. Rééducation Orthophonique 2000 ; 203 : 31–62.

Montgomery JW. Working memory and comprehension in children with SLI. J Commun Disord 2003 ; 36 : 221–31.

Montgomery JW, Windsor J. Examining the language performances of children with and without SLI : contribution of phonological short term memory and speed of processing. J Speech Lang Hear Res 2007 ; 50 : 778–97.

Newbury DF, Winchester L, Addis Paracchini S, Buckingham LL, Clark AL, et al. CIMP and ATP2C2 modulate phonological short-term memory in language impairment. Am J Hum Genet 2009 ; 85(2) : 264–72.

O'Callaghan M, Williams GM, Andersen MJ, Bor W, Najman JM. Social and biological risk factors for mild and borderline impairment of language comprehension in a cohort of five-years-old children. Dev Med Child Neurol 1995 ; 37 : 1051–61.

Ojeman GA. Brain organization for language from the perspective of electrical stimulation mapping. Behavioral and Brain Sciences 1983 ; 6 : 189–230.

Parisse C, Maillart C. The interplay between phonology and syntax in French-speaking children with SLI. Int J Lang Commun Disord 2008 ; 43 : 448–72.

Planton S, Démonet JF. Neurophysiologie du langage : apports de la neuro-imagerie et état des connaissances. Revue de Neuropsychologie 2012 ; 4(4) : 255–66.

Rapin I, Allen D. Developmental language disorders : nosological considerations. In : Kirk U, editor. Neuropsychology of language, reading and spelling. NY : Academic Press ; 1983. p. 155–84.

Redmond SM. Conversational profiles of children with ADSD, SLI and typical development. Clin Linguist Phon 2004 ; 18(2) : 107–25.

Rescorla L. Age 17 language and reading outcomes in late-talking toddlers. J Speech Lang Hear Res 2009 ; 52 : 1–30.

Roulet L. L'accord grammatical de genre dans la dysphasie de développement. Psychologie Française 2006 ; 52(1) : 55–70.

Sato M, Buccino G, Gentilucci M, Cattaneo L. On the tip of the tongue : modulation of the primary cortex during audiovisual speech perception. Speech Communication 2010 ; 52 : 533–41.

Schelstraete MA. Traitement du langage oral chez l'enfant : interventions et indications cliniques. Paris : Elsevier Masson ; 2011.

Snoeren N, Segui J, Hallé P. Perceptual processing of partially and fully assimilated words in French. J Exp Psychol Hum Percept Perform 2008 ; 34 : 193–204.

Snowling MJ, Bishop DVM, Stothard SE. Is preschool language impairment a risk factor or dyslexia in adolescence ? J Child Psychol Psychiatry 2000 ; 41 : 587–600.

Sylvestre A, Mérette C. Language delay in severely neglected children : a cumulative or specific effect of risk factors ? Child Abuse Negl 2010 ; 34(6) : 414–28.

Tallal P, Miller SL, Bedi G, Byma G, Wang X, Nagarajan SS, et al. Language comprehension in language-learning impaired improved with acoustically modified speech. Science 1996 ; 271(5245) : 81–4.

Visscher C, Houwen S, Scherder EJ, Moolenaar B, Hartman E. Motor profil of children with developmental speech and language disorders. Pediatrics 2007 ; 120(1) : 158–63.

Webster RI, Majnemer A, Platt RW, Shevell MI. Motor function at school age in children with a preschool diagnosis of developmental language impairment. J Pediatr 2005 ; 146(1) : 80–5.

Weismer ES, Plante E, Jones M, Tomblin JB. A functional magnetic resonance imaging investigation of verbal working memory in adolescents with SLI. J Speech Lang Hear Res 2005 ; 48 : 405–25.

Werker JF, Tees RC. Cross-language speech perception : evidence for perceptual reorganization during the first year of live. Infant Behavior and Development 1984 ; 7 : 49–63.

Wilson S, Saygin AP, Sereno MI, Iacoboni M. Listenig to speech activates motor areas involved in speech production. Nat Neurosci 2004 ; 7 : 701–2.

Winawer J. Russian blues reveal effects of language color discrimination. Proc Natl Acad Sci U S A 2007 ; 104(19) : 7780–5.

Zelaznik HN, Goffnan L. Generalized motor abilities and timing behavior in children with SLI. J Speech Lang Hear Res 2010 ; 53 : 383–93.

Zorman M, Duyme M, Kern S, Le Normand MT, Lequette C. « Parler bambin », un programme de prévention du développement précoce du langage. ANAE 2011 ; 112–113 : 238–45.

Le geste : aspects normaux et troubles développementaux

CHAPITRE 3

PLAN DU CHAPITRE

Le geste (cognition motrice)

Définitions

Projet de geste ou intention préalable (fixer les buts)

Planification du geste (établir le « plan général »)

Programmation du geste (spécifier les plans locaux, mettre au format moteur)

Exécution (les modalités de la mise en œuvre)
- Simulation anticipatrice (obligée, constante)
- Image motrice (facultative, mobilisable à la demande)
- Réalisation effective de l'action

Régulation du geste (derniers ajustements)

Décision (passer à l'acte)

Synthèse

L'action, support de la conscience de soi et de la relation à l'autre
- Conscience de soi
- Représentation de l'action de l'autre : les neurones miroirs

Au total

Geste, vision, espace

Fonctions visuospatiales (cognition spatiale)
- Différents espaces
- Différents référentiels
- Développement des compétences spatiales : quelques repères

Réseau pariéto-hippocampique

Fonctions visuomotrices
- Intégration des données spatiales à la motricité
- Réseau pariéto-frontal

Habiletés gestuelles : développement

Aptitudes sensorimotrices sélectionnées par l'Évolution

Apprentissage des gestes enseignés (praxies)
- Observation et imitation
- Imagerie mentale : image motrice
- Pratique, entraînement
- Instructions verbales
- Apprentissage procédural implicite

Processus sous-jacents aux apprentissages gestuels

Au total

Dyspraxies

Une terminologie opaque
- TAC ou dyspraxie ?
- Trouble cognitif spécifique ou trouble spécifique des apprentissages ?

Causes
- Causes génétiques
- Prématurité
- Des anomalies du système des neurones miroirs
- Une défaillance de la mémoire procédurale
- Rôle des fonctions cérébelleuses
- Des troubles dans les traitements visuels
- Dysfonction pariétale
- Synthèse

Diagnostic
- Diagnostic d'élimination
- Diagnostic positif : les épreuves spécifiques
- Épreuves gestuelles
- Épreuves graphiques
- Démarche diagnostique

Hétérogénéité clinique des dyspraxies : divers essais de classification
- Classification de Gérard (1991, 2001)
- Classification de Dewey et Kaplan (1994)
- Classification de Vaivre-Douret (2011)
- Au total

Conséquences, personnelles et scolaires : le handicap

Répercussions scolaires et professionnelles
- Dysgraphie dyspraxique
- Dyscalculie secondaire (dyscalculie spatiale)
- Dyslexie « visuelle »
- Autres apprentissages académiques

Répercussions dans la vie quotidienne et personnelle
- Activités journalières
- Loisirs et vie sociale

Grands axes thérapeutiques

Rééducations
- Approche « écologique » ou « dynamique »
- Approches cognitives
- Au total

Construire le projet
- Au total

Comorbidités

Association avec une dyslexie phonologique

Association avec un TDA/H ou syndrome dys-exécutif

Association avec une dysphasie

Autres associations
- Troubles de l'adaptation sociale
- Dyspraxie et haut potentiel

Un cas particulier : les dysgnosies visuelles

Conclusion

Conclusion

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

« Chacun d'entre nous est un génie.
Mais si vous jugez un poisson à sa capacité à grimper aux arbres,
il croira toute sa vie qu'il est stupide. »

Maxime attribuée à Albert Einstein

Sous ce titre, nous traiterons du geste et de l'action sous leurs différents aspects :

- nous montrerons en quoi ces fonctions sont « cognitives » (cognition motrice) et quels sont leurs liens obligés avec les traitements spatiaux ;
- nous envisagerons ensuite les modalités de développement du geste chez l'enfant ;
- avant de décliner les causes des troubles (hypothèses actuelles) et les critères diagnostiques.

Nous décrirons ce qui en fait la gravité, à savoir leurs conséquences scolaires et dans la vie quotidienne, avant de donner des pistes concernant les préconisations thérapeutiques.
Enfin, nous consacrerons un dernier développement aux situations, fréquentes, où la dyspraxie est associée à d'autres troubles cognitifs.

Le geste (cognition motrice)

Définitions

Le geste – ou l'action (enchaînement de gestes) – se définit *non* par les mouvements qui sont effectués, mais par l'*intention* de son auteur qui en décide l'exécution en fonction de son but, de sa finalité. Il s'en représente les effets (sur son environnement, sur l'autre, sur lui) et en contrôle la réalisation.

Définitions[58]

- Action : 1) Ce que fait quelqu'un qui *réalise une volonté, une intention*. 2) Exercice de sa capacité d'agir, par opposition à la pensée. 3) Production d'un effet par un corps ou un agent quelconque sur un autre.
- Geste : mouvement du corps ou d'une partie du corps *pour faire ou exprimer quelque chose*.
- Mouvement : 1) Déplacement, changement de position. 2) Manière de mouvoir le corps.

Tout geste comporte en effet deux composantes, l'une motrice et l'autre cognitive. Les aspects cognitifs du geste comprennent tous les aspects *préparatoires* de l'action (fig. 3.1).

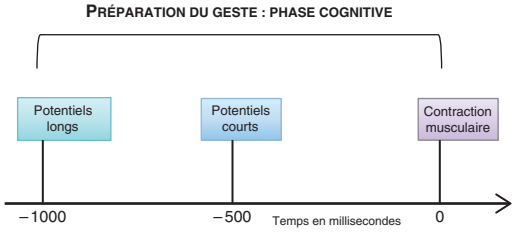


Fig. 3.1. Chronométrie du geste.
La phase cognitive du geste (préparation) est longue et complexe.

Cette phase *cognitive* a fait l'objet de nombreux travaux ces dernières décennies (Berthoz, 1997 ; Jeannerod, 2009) et nous savons mieux désormais comment se conçoit et s'élabore le geste « normal », résultat du développement typique.

Cette période préparatoire, cognitive, déclenche, si la décision d'agir en est prise, la réalisation *coordonnée* dans le temps et l'espace de *mouvements* (déplacements de segments de membres) et d'*ajustements posturaux* concomitants qui permettent la réalisation effective de l'action, du geste, c'est-à-dire la phase neuromotrice (ou sensorimotrice).

Cette distinction entre phase cognitive et phase neuromotrice du geste est fondamentale puisqu'elle fonde le groupe des dyspraxies, au sein de l'ensemble des troubles cognitifs spécifiques du développement de l'enfant (*cf.* fig. 3.5).

[58] Extraits de www.linternaute.com/dictionnaire/fr/

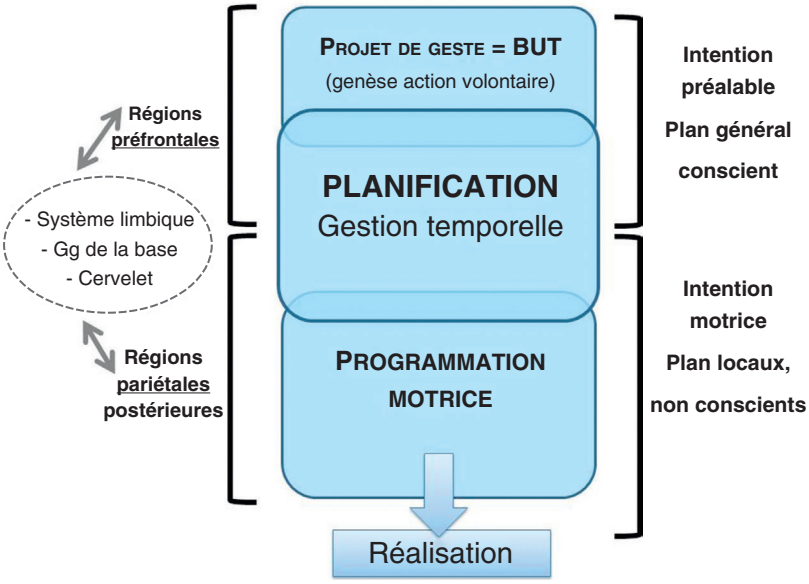


Fig. 3.2. Les liens entre projet, planification et programmation de l'action.
Gg : ganglions.

Le versant cognitif de l'action comprend *différentes étapes* (*cf.* fig. 3.2) : projet de geste (ou intention préalable), planification, programmation et régulations proactives, puis décision (éventuelle) de passage à l'acte. Nous les traiterons ici successivement. En effet, chacune, ou plusieurs, ou toutes peuvent potentiellement être « dysfonctionnantes », se développer de façon anormale, atypique ou déficitaire. Chacune (ou plusieurs, ou toutes) peut donc être potentiellement à l'origine d'un trouble du développement du geste.

Projet de geste ou intention préalable (fixer les buts)

L'intention d'agir, le projet de modifier son environnement (personnel, physique, relationnel, social…) d'une façon délibérée, est la *seule partie consciente* de tout le processus : le sujet connaît et se représente le résultat, les effets de son acte. Le contenu de ces représentations intègre le but final poursuivi, mais aussi les connaissances sur l'environnement, les usages de l'outil[59] éventuel, les usages culturels, etc.

À ce stade, la représentation *ne contient pas de détails sur la façon précise* d'exécuter les mouvements de chaque séquence.

Le « contour intentionnel » du geste

On le voit bien chez le très jeune enfant ou encore chez un grand nombre de jeunes dyspraxiques : l'intention, le but de leur geste, ce qu'ils veulent faire est clairement identifiable car le « contour » global du geste, les « grandes lignes » en sont respectés et facilement interprétables par autrui. Au contraire, la réalisation en est imprécise, malhabile, voire tout à fait mal organisée.

Cette phase repose essentiellement sur les fonctions exécutives, préfrontales, fonctions qui gèrent la prise d'initiative, l'évaluation des objectifs (chapitre 5). Reliées par de riches connexions au système limbique et aux noyaux gris centraux[60] dédiés au système de récompense (de plaisir, de satisfaction), elles intègrent également l'aspect motivationnel de l'action et sont très dépendantes de l'état émotionnel et affectif du sujet.

Le projet de geste (ou intention préalable) active *automatiquement* « l'intention motrice » qui comprend elle-même deux phases étroitement imbriquées : la planification et la programmation du geste (fig. 3.2).

[59] Ce terme est ici employé au sens large : instrument, accessoire, ustensile ou tout objet manipulé et utilisé par le sujet.

[60] Les noyaux gris centraux (ou ganglions de la base) sont des amas de neurones bilatéraux et symétriques, situés dans la profondeur des hémisphères, richement interconnectés entre eux et avec le cortex cérébral et le cervelet *via* des « boucles » cortico-sous-corticales.

Planification *versus* programmation de l'action

Ces deux termes sont souvent confondus dans le langage courant des cliniciens. Pourtant :

- le premier réfère essentiellement à une organisation *temporelle* de l'action, très dépendante des réseaux frontaux ;
- alors que le second réfère à l'organisation *motrice et spatiale* du geste, spécifiquement en lien avec les fonctions pariétales et les voies visuomotrices (« voie dorsale »).

Planification du geste (établir le « plan général »)

Si l'action n'est *pas routinière*, le plan global de l'action est alors élaboré.

La planification consiste essentiellement en l'*organisation temporelle* de l'action, la conception des différentes séquences qui doivent être hiérarchisées.

En lien étroit avec les régions préfrontales, les ganglions de la base jouent un rôle fondamental dans la gestion temporelle du geste.

Action routinière

Si l'action est routinière (*automatisée*), son projet active la sélection et l'activation des « schémas » pertinents en fonction du contexte et du but, schémas déjà organisés et assemblés, une sorte de « bibliothèque » (répertoire) de gestes stockés en *mémoire procédurale* (*cf.* chapitre 4).

Ces canevas de réalisation du geste seraient cependant toujours ajustables selon le contexte et relativement indépendants des effecteurs musculotendineux. Ainsi lors de l'écriture, les caractéristiques graphiques (taille et forme des lettres, accélérations, gestion des enchaînements) qui caractérisent chacun, sont conservées quel que soit l'effecteur, que le sujet écrive avec la main, le pied, etc.

Programmation du geste (spécifier les plans locaux, mettre au format moteur)

Il s'agit maintenant de fixer les plans locaux, c'est-à-dire d'anticiper de façon détaillée les moyens de la mise en œuvre, de programmer tous les paramètres qui permettront l'exécution précise du geste.

Ce programme, *non conscient*, spécifie tous les détails concrets de l'exécution motrice, calculs de la distance, de la force, de l'amplitude, de la direction, de la forme de la main (fonction de l'orientation de l'objet et de son usage mais aussi de la position du corps), des déplacements corporels globaux ou segmentaires à effectuer et à coordonner (*cf.* fig. 3.3)… Tous éléments utilisés pour paramétrer les régulations posturales et les différentes contractions musculaires (décontraction des antagonistes), leur chronométrie fine et leur organisation spatiale.

Automatiquement activée dans la continuité de l'intention préalable et de la planification, cette programmation motrice repose essentiellement sur les *réseaux prémoteurs et pariétaux*, réseaux évidemment en lien avec les réseaux frontaux, les ganglions de la base et le cervelet.

La programmation motrice du geste intègre simultanément :

- les *buts* (fixés par l'intention préalable) déterminant le *contenu* des plans d'exécution ;

Expérience de Ron Marteniuk (1987)

Le sujet doit saisir (1) un jeton placé devant lui, et, *soit* le jeter dans une boîte (2a), *soit* le glisser dans une fente ajustée (2b). La durée et la vitesse du mouvement de saisie sont mesurées dans les deux conditions. Le mouvement de saisie (1) qui précède le geste de jeter (2a) est plus brusque et plus rapide que celui qui précède l'action de placer (2b). Conclusion : « La différence entre *l'intention motrice* de jeter ou de placer était *déjà* présente, sous forme d'une différence cinématique *précédant* le premier mouvement de saisie » (*in*, M. Jeannerod, *Le cerveau volontaire*, 2009, p. 102).

- les *conditions environnementales* (régions pariétales postérieures, visuomotrices). La programmation motrice prend en compte l'*ensemble du*

contexte (essentiellement l'état du corps et les contraintes biomécaniques et visuospatiales) dans lequel l'action va s'inscrire ;

- les *outils éventuels* à utiliser : la vue d'un outil active non seulement son identification (« c'est un téléphone ») mais, simultanément et automatiquement, l'*évocation de son utilisation*, déclenchant ainsi la représentation du type de prise et de gestes adaptés à son utilisation (fig. 3.3).
  Donc, la programmation motrice résulte d'une analyse *automatique* de l'environnement et des contraintes inhérentes. Elle permet d'opérer de façon rapide et automatique à partir d'un savoir visuel (de l'objet, informations spatiales…) et sémantique (usages de l'objet…).
  Les différentes *régions prémotrices (dont l'aire motrice supplémentaire) et motrices* (*cf.* fig. 3.4) directement impliquées lors de la programmation de l'action, sont alors activées :
  – le *cortex prémoteur* (PM) comprend trois régions qui spécifient chacune précisément un des paramètres indispensables à la programmation du geste. Le cortex PM-ventral code la forme, la taille, les orientations, l'usage de l'objet. Le cortex PM-dorsal gère l'aspect visuel en fonction du type de prise à programmer. L'aire motrice supplémentaire (AMS) est en charge des mouvements bilatéraux ;
  – le *cortex moteur* est également activé (donc bien *avant* la réalisation effective).

Au total, les contraintes imposées par l'environnement (y compris celles liées au sujet : sa position, ses connaissances sur le monde, son expertise, etc.) sont *déjà encodées* dans la représentation motrice (programmation) qui *précède* l'exécution (fig. 3.3).

À ce stade, les représentations des *plans locaux* sont directement utilisables pour l'effectuation du geste : la représentation de l'intention motrice possède un « format moteur » (non conscient) qui épouse étroitement le fonctionnement moteur dans son ensemble et permet son exécution.

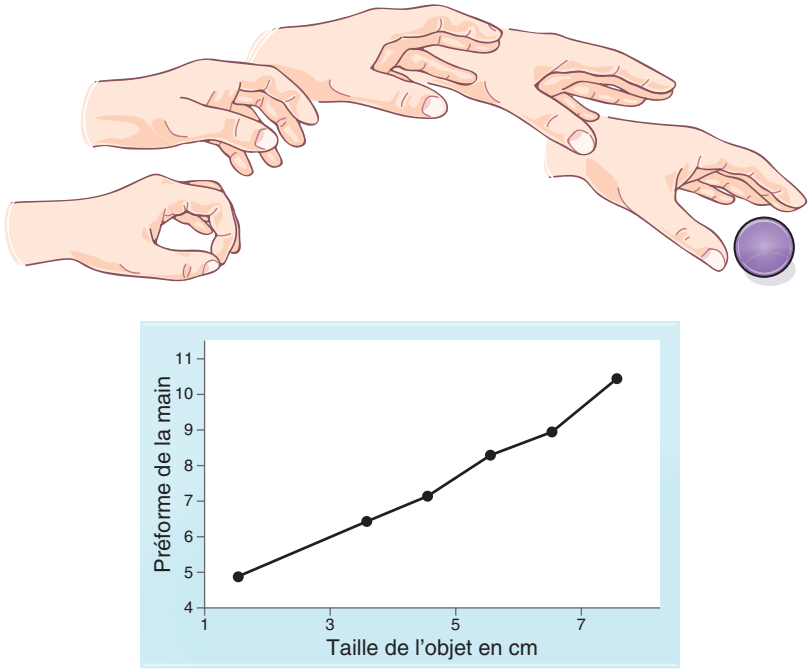


Fig. 3.3. La saisie manuelle : chronophotographie d'un mouvement de prise d'un cylindre.
Préformation progressive de la main au cours du mouvement de transport de la main vers l'objet. Les mouvements des doigts qui *anticipent* la saisie proprement dite traduisent l'*existence d'une représentation visuomotrice* où sont codés les paramètres de l'objet. En particulier l'ouverture maximale durant le transport *code de manière précise la taille de l'objet* : le diagramme montre la *corrélation linéaire* entre l'amplitude de la pince (en ordonnée, ouverture de la pince en cm) et la taille de l'objet (en abscisse, en cm). *D'après Jeannerod M. Le cerveau volontaire. Paris : Odile Jacob ; 2009. p. 98. Par Carole Fumat.*

Exécution (les modalités de la mise en œuvre)

L'« exécution » de l'action peut prendre diverses formes, obligées ou facultatives :

- *simulation anticipatrice*, engageant les processus de régulation proactive garants de la réussite du geste, s'il est finalement réellement effectué ;
- et/ou action convoquée mentalement, faisant naître l'*image motrice* ;
- et/ou action *effectuée*, réalisée, dont on peut juger des effets (du résultat). Cette réalisation effective (*cf.* § Décision (passer à l'acte)) ne représentant en effet *qu'une option*.

Simulation anticipatrice (obligée, constante)

L'intention motrice génère toujours une action simulée (*non consciente*), utilisée pour tester « la faisabilité » de l'action. Cette *simulation anticipatrice* est à l'origine d'un *modèle interne* de l'action qui, ré-adressé au « comparateur » est à l'origine de la régulation proactive de l'action (*cf. infra*).

La durée d'une action évoquée mentalement

Plus on complexifie une tâche virtuelle (orientation d'une fente dans laquelle glisser la main, parcours émaillé de portiques virtuels...), plus la *simulation mentale* de l'action est longue, proportionnelle au temps nécessaire pour sa réalisation réelle, *effective* (Decety et Grèzes, 2000).

Image motrice (facultative, mobilisable à la demande)

Cette simulation peut aussi, à la demande, être activée *intentionnellement* (consciemment) : appelée *image motrice*, elle est très utilisée par les sportifs de haut niveau pour activer la représentation du geste expert.

Un effort évoqué mentalement provoque une augmentation du métabolisme énergétique tel que celui normalement associé à cet effort, d'où son utilisation à des fins d'entraînement chez les sportifs (Yue et Cole, 1992). En simulant mentalement et répétitivement un geste, on active les voies nerveuses correspondantes et on induit ainsi leur facilitation, alors qu'aucune contraction musculaire n'est détectée durant cet entraînement mental.

L'apprentissage gestuel par simulation mentale

Deux groupes de sujets s'entraînent durant 5 jours à faire des gammes sur un piano. L'un subit un entraînement mental (évoquer l'image motrice), l'autre un entraînement réel. Dans les deux groupes, on note une amélioration comparable de la performance (régularité de la production de la séquence de notes, nombre d'erreurs). Parallèlement, on note de façon concordante dans les deux groupes, une augmentation au cours du temps de l'excitabilité du cortex moteur des doigts (Pascual-Leone et al., 1995).

Sur le plan cérébral, simuler (programmer) un geste, active en IRM-f *pour l'essentiel* les mêmes régions cérébrales que lorsque le geste est effectivement réalisé. L'*exécution et la simulation* d'un geste mettent en jeu des *mécanismes communs*.

Réalisation effective de l'action

C'est le cas le plus habituel : on y pense, et « *ça le fait* » !

La décision de passer à l'acte est prise, le processus *moteur* se déroule et l'effet prévu (le résultat anticipé) se produit, généralement sans encombre.

Apprentissages moteurs et plasticité cérébrale

Les zones de commande motrice ont une organisation topographique *fonctionnelle*, organisation *sensible aux apprentissages* (plasticité cérébrale).

Exemple, le cortex des violonistes : l'entraînement et la stimulation répétée des doigts de

la main gauche, chez les violonistes, se traduisent par des modifications des zones fonctionnelles du cortex moteur, y compris lorsque l'apprentissage a commencé tard, même à l'âge adulte, particulièrement pour la représentation corticale de l'auriculaire gauche (très sollicité) alors que ce n'est pas le cas en ce qui concerne le pouce gauche (peu sollicité) (Elbert et Rockstroh, 1996).

Régulation du geste (derniers ajustements)

Pour être efficace, le geste doit être fluide, précis et parfaitement ajusté *en temps réel* en fonction de l'environnement et des conditions matérielles de réalisation de l'action.

Ces régulations sont, pour l'essentiel, effectuées *à partir de la simulation anticipatrice* qui «prédit» les événements qui vont être exécutés et anticipe les ordres à donner (les efférences) pour obtenir le résultat voulu (l'action). Une copie en est systématiquement adressée (*copie d'efférences ou décharge corollaire*) au «comparateur» (fonctions préfrontales[61]). L'aire motrice supplémentaire (AMS) est clairement impliquée dans la copie d'efférence, adressée en préfrontal.

Une fois le geste «lancé», tous les paramètres sont préalablement adaptés à la situation actuelle. Précoces et rapides, ces régulations interviennent donc *avant* la réalisation effective du geste; elles sont *proactives* (thèse centraliste). Le contrôle de l'action volontaire repose ainsi sur des modèles internes.

Le rôle des feedbacks

En outre, la réalisation effective du geste provoque des perceptions sensorielles (kinesthésiques, proprioceptives, vestibulaires, etc.) issues des systèmes en mouvement (muscles, articulations, tête…) qui informent le système sur son état *actuel* : ces informations en retour (feedback) permettent la mise en œuvre éventuelle des corrections et ajustements adéquats (thèse périphéraliste). Mais ces régulations sont, par définition, *lentes* et *tardives*. Il s'agit là plutôt de corrections «d'urgence», les ajustements habituels étant le fait des régulations proactives.

Décision (passer à l'acte)

La décision d'agir, de transformer la simulation anticipatrice en acte effectif, est la dernière des phases préparatoires à l'action. Elle est également sous la dépendance des *fonctions frontales*. Décider *ou non* d'agir s'apparente à la résolution de problèmes : faire face à la nouveauté (ou éventuellement au danger). En lien avec le système limbique et l'amygdale (structures cérébrales profondes traitant des *émotions*), les ganglions de la base jouent un rôle capital dans la prise de décision, «faire ou ne pas faire». Ainsi, l'intensité des décharges des ganglions de la base augmente si une «récompense» (*satisfaction*) peut être attendue, la décision elle-même dépendant des aires orbito-frontales.

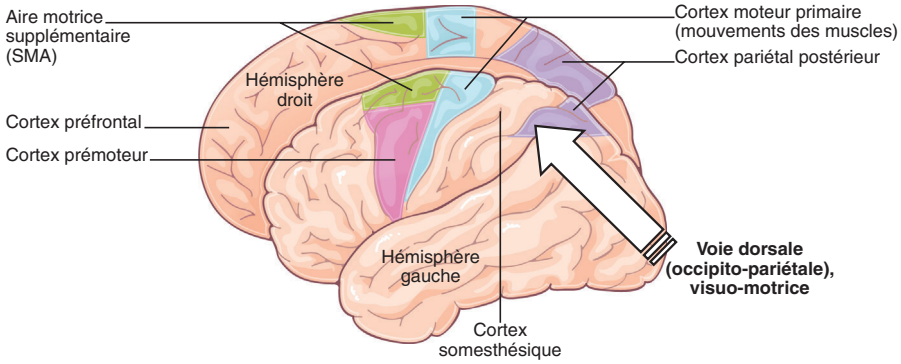


Fig. 3.4. Quelques repères anatomiques.
Par Carole Fumat

[61] Certains suggèrent également un rôle important (ou complémentaire) du *cervelet* comme «comparateur».

En cas de danger

Mais ces voies décisionnelles, conscientes, sont relativement *lentes*, et donc inefficaces en cas de danger où une réaction ultrarapide peut être requise. Aussi, il existe une seconde voie, *directe, rapide*, qui met directement en contact l'amygdale (noyau gris central) et les centres moteurs, générant des réactions brèves (fuite, écart, lâcher…) avant même que le danger ne soit consciemment identifié. *De ce fait, en situation habituelle il est indispensable d'inhiber la voie rapide.*

À l'issue de l'ensemble de ces processus cognitifs préalables (masqués, sans aucune traduction visible), les commandes sont lancées, les efférences activées, et le geste est produit, effectivement réalisé, et dans l'immense majorité des cas réussi.

Tout observateur potentiel peut alors en comprendre l'intentionnalité et la fonction.

Le geste réussi, habile et efficace, est la règle. Il se produit à l'issue de processus complexes dont nous n'avons pas conscience et ne nécessite normalement ni coût attentionnel (gestion automatisée de toutes les phases qui conduisent à l'effectuation) ni connaissances *explicites* sur le monde, les objets ou le fonctionnement corporel.

Synthèse

Tout geste implique donc la mise en jeu *de nombreux réseaux* cérébraux (frontaux, pariétaux, ganglions de la base, cervelet) massivement interconnectés. La complexité des mécanismes ainsi sollicités rend compte du fait que l'échec, lorsqu'il est habituel, régulier ou intense (donc pathologique) ne peut pas, dans l'état actuel des connaissances être facilement rapporté à une cause unique ou certaine (fig. 3.5). *L'hétérogénéité clinique de la population des jeunes dyspraxiques en fait foi.*

L'action, support de la conscience de soi et de la relation à l'autre

Mais on ne peut pas réduire l'action effectuée uniquement à son aboutissement : le geste effectué.

L'action est aussi un processus fondamental (fondateur ?) sur le plan personnel et relationnel :

- sur le plan personnel, le geste et le mouvement contribuent à la *conscience de soi* et à la distinction soi/non soi ;
- sur le plan relationnel, interpersonnel et social, lorsque le geste devient visible et a un impact

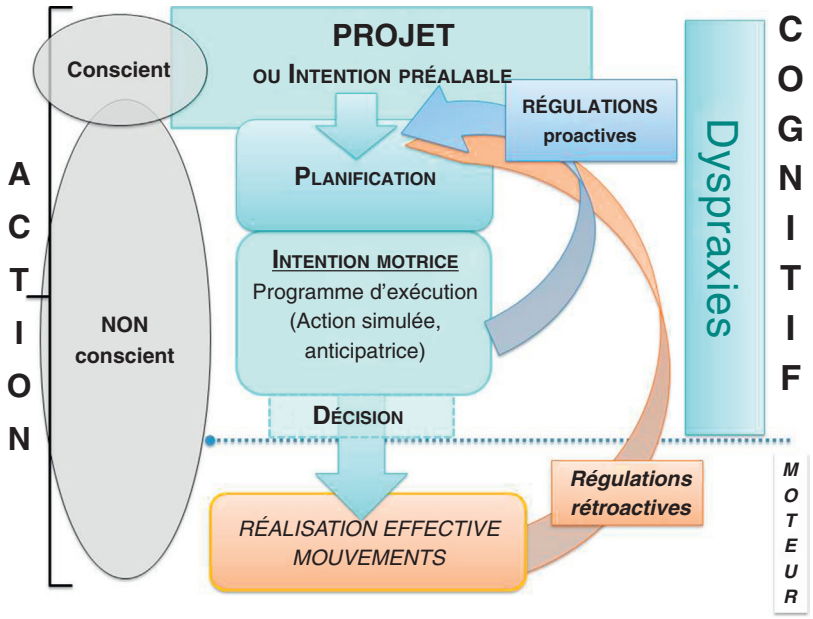


Fig. 3.5. Le geste : synthèse.

sur l'environnement, il devient l'objet d'une *représentation partagée* avec l'autre.

Conscience de soi

Marc Jeannerod évoque la capture (automatique) de la conscience du corps par le mouvement. « L'auto-attribution, d'un geste, d'un mouvement, repose sur la concordance temporelle entre les signaux de diverses origines, produits au moment de l'exécution de l'action : signaux visuels, proprioceptifs et tactiles produits par l'effectuation des mouvements et leur interaction avec le monde environnant, auxquels s'ajoutent les signaux dérivés de la commande motrice. […]. Ce critère est d'ailleurs fonctionnel dès le début de la vie : des enfants âgés de 5 mois sont capables de discriminer leurs propres mouvements de ceux d'un autre enfant, dans une expérience où ils voient dans un miroir soit leurs propres membres inférieurs, soit ceux d'un autre » (Jeannerod, 2009, p. 210–1).

Cette conscience de soi dépend donc de l'intégration, lors de l'effectuation du geste, de diverses données issues des commandes motrices et des signaux sensoriels : l'auto-attribution d'un geste se fait essentiellement à partir de signaux *dérivés de la commande motrice* (copie d'efférences).

Représentation de l'action de l'autre : les neurones miroirs

Identifiés à la fin des années 1990 (Rizzolatti, 1996; Rizzolatti et Sinigaglia, 2008), les neurones dits « miroirs » ont la particularité d'être activés chez un sujet aussi bien lorsqu'il exécute un geste que lorsqu'il *observe une action similaire* effectuée par un autre, voire même lorsque l'autre *ébauche* ce geste. Ces neurones sont situés dans la région frontale (zone de Broca, AMS) et le cortex pariétal (en particulier le lobule pariétal inférieur).

Comprendre l'intention de l'acteur

« Le système des neurones miroirs détermine l'*émergence d'un espace d'action partagé* : si nous voyons quelqu'un saisir avec la main de la nourriture ou une tasse de café, nous comprenons immédiatement ce qu'il est en train de faire. »

Rizzolatti et Sinigaglia. *Op. cit.*

« L'activation du circuit miroir est essentielle pour donner à l'observateur une *compréhension réelle et expérientielle* de l'action qu'il voit. »

Rizzolati. *Op. cit.*

Ainsi, le sujet est totalement et physiquement impliqué dans l'action qu'il observe. Il partage même avec l'acteur les ressentis physiologiques normalement associés à la réalisation effective de l'action : augmentation de la fréquence cardiaque, respiratoire, etc.

En voyant ce que fait l'autre, deux sortes d'informations peuvent être extraites : *ce* que l'acteur fait et *pourquoi* il le fait, c'est-à-dire son intention.

Certains neurones miroirs s'activent à l'observation des *mimiques faciales* de l'autre (peur, joie, dégoût…). Ces neurones seraient la base du sentiment d'empathie, décodage et reconnaissance des émotions d'autrui (Decety, 2002). Ils joueraient un rôle important dans le développement de l'enfant typique (base de la cognition sociale) mais aussi dans la symptomatologie des troubles du spectre de l'autisme (Ramachadran, 2007, 2011). Base de l'imitation et de la compréhension des intentions de l'autre, de la signification de ses actes, ce système occuperait une place centrale, à l'intersection entre cognition sociale, communication et apprentissage gestuel chez l'enfant. Cela éclaire bon nombre d'associations de dys-, qui, loin d'être fortuites, pourraient résulter d'anomalies ou d'atypies dans certains des systèmes miroirs, et en particulier les difficultés de relations interpersonnelles et/ou d'adaptation sociale qui peuvent se manifester chez certains.

Ceci replace aussi le geste et l'action au centre du développement de la vie psychique des humains. Jusqu'à présent, ils étaient implicitement « relégués » au second plan, loin derrière le langage qui semblait symboliser l'acmé de l'humanité en termes de conceptualisation, de symbolisation, de communication, de pensée. Bien évidemment, les enfants baignent aussi d'emblée et en permanence dans un « bain de gestes » qu'ils interprètent, imitent et utilisent, qui, *au même titre* que le langage, sous-tend et accompagne la communication interhumaine.

Au total

Le cerveau est non seulement un organe de traitement et d'interprétation de l'information, il est aussi (surtout ?) un organe d'*anticipation* (du but, du résultat, de l'interaction, de la récompense, de la transformation de l'environnement…). La phase cognitive du geste, longue et complexe, comportant de nombreuses étapes et intégrant de nombreux paramètres (biomécaniques, spatiaux, culturels, connaissances sur le monde…) en est une magistrale illustration.

Geste, vision, espace

Préalable

Les fonctions neurovisuelles (fig. 3.6) sont très liées aux fonctions gestuelles.

Elles se déclinent en quatre sous-systèmes *étroitement interdépendants* mais cependant repérables et partiellement isolables en pratique clinique :

- l'*attention*, visuelle ou visuospatiale[62], sélectionne la ou les cibles ;
- l'orientation du *regard*, détermine les *aspects practomoteurs* (réalisation de la saisie visuelle).

Ces deux éléments sont les préalables indispensables à la vision, puisqu'elles déterminent l'image rétinienne qui va faire l'objet de différents traitements cérébraux ;

- l'analyse automatique des données spatiales de la scène visuelle (voie occipito-pariétale, dite voie du « où ? » ou voie dorsale) ; on parle de *voies visuomotrices.*

Ces trois domaines, supportés par les voies occipito-pariétales et pariéto-frontales, sont particulièrement impliqués dans l'apprentissage et la réalisation gestuelle. Au décours des dyspraxies, ils sont plus ou moins atteints et quelquefois, le déficit de l'un de ces systèmes neurovisuels (ou de tous) peut même être au premier plan de la symptomatologie ;

- l'*identification* du ou des éléments de l'image rétinienne (voie occipito-temporale, dite voie ventrale ou voie du « quoi ? »). C'est cette étape temporale – *gnosique* – qui assure la reconnais-

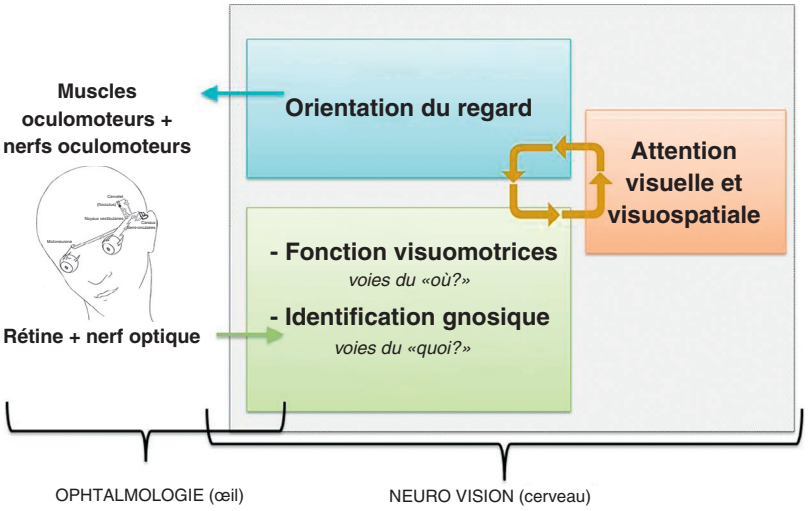


Fig. 3.6. Les différents systèmes neurovisuels : aspects fonctionnels.
Illustration reprise de Alain Berthoz, Le sens du mouvement, Paris : Odile Jacob, 1997, p. 53.

[62] Ces aspects attentionnel et exécutifs sont développés dans le chapitre 5.

sance du stimulus visuel. Elle permet l'accès aux réseaux sémantiques, à la conscience et, *éventuellement*, à la dénomination de l'item cible ou à la description de la scène visuelle. Des agnosies visuelles peuvent *être isolées*, posant alors de difficiles problèmes diagnostiques. Elles peuvent plus exceptionnellement, accompagner une dyspraxie.

Le geste est très dépendant de la vision et de l'ensemble des traitements visuels et spatiaux (fig. 3.7).

Fonctions visuospatiales (cognition spatiale)

Le geste ne peut se concevoir indépendamment d'un « espace » dans lequel il se déploie et se réalise. Nous y avons déjà fait référence en signalant que l'ensemble des informations spatiales étaient *automatiquement intégrées au geste* lors de sa phase de programmation. Or l'espace biologique, neurologique, n'est pas superposable à l'espace géométrique, cartésien. Il est lié aux différents capteurs mobiles dont disposent les humains (tête, mains, yeux…) et aux mouvements naturels du corps dans notre environnement.

Sur le plan neuropsychologique, il existe *différents espaces* s'interpénétrant et se coordonnant progressivement avec plus ou moins d'efficacité au cours du développement : l'espace du corps, l'espace de préhension et l'espace lointain. Ces espaces peuvent être codés de deux façons (égo- et/ou allocentrés), donnant lieu alors à différents formats de représentation mentale (cartes *versus* listes). Enfin, au sein de ces différents espaces, on peut distinguer le statut des lieux (dans lesquels on peut *se* déplacer, naviguer) et celui des objets (que l'on doit localiser pour les saisir/déplacer/utiliser/retrouver).

Différents espaces

Les espaces proches et lointains reposent sur des codages distincts. Le passage de l'un à l'autre est complexe et nécessite une sorte de « traduction » des coordonnées de l'un à l'autre (transcodage en grande partie assuré par l'hippocampe, au fil de sa maturation).

Espace (schéma) corporel

Il s'agit de la représentation que chaque individu se fait de son propre corps, sa position dans l'espace. Construit sur la base de confrontations sensorielles plurimodales (tact, vision, proprioception, kinesthésie…) et de la représentation des actions motrices, il permet d'établir les frontières du corps, de mieux en situer les limites et les positions relatives (dans l'environnement, par rapport aux objets…).

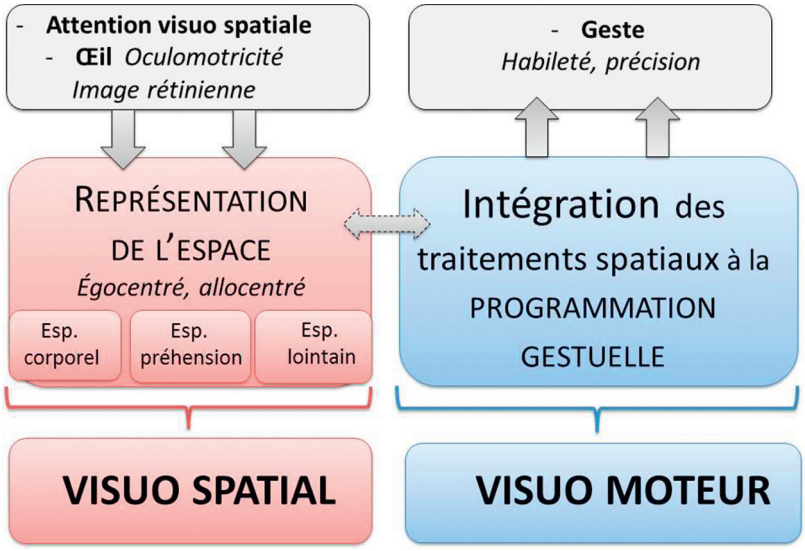


Fig. 3.7. Les relations geste-vision-espace.

NB. Le schéma corporel concerne le corps *biologique* commun à tous les humains, contrairement à « l'image du corps » qui désigne le vécu *subjectif* de chaque individu.

Espace de préhension

C'est l'espace accessible pour une saisie grâce aux mouvements du membre supérieur accompagnés d'adaptations posturales (en particulier du tronc), mais sans déplacement global du corps, c'est-à-dire sans locomotion associée.

Cet espace est très précisément évalué par chacun et ce, très précocement : « La perception de la *préhensibilité* d'un objet est calibrée chez les bébés de 5 mois selon leur capacité à se maintenir assis d'une façon autonome, en particulier leur capacité à se pencher en avant vers l'objet à saisir sans perte d'équilibre » (Rochat, 2004).

Il est également à noter que les outils habituellement utilisés par le sujet (le crayon du scripteur, la raquette du pongiste, la voiture du conducteur, la souris de l'utilisateur d'ordinateur) seraient incorporés au schéma corporel, en constituant une sorte d'*extension* (Jacobs et al., 2005).

Espace lointain

C'est l'espace dans lequel nous pouvons nous déplacer, l'espace de la locomotion, de la navigation. Dans cet espace, une question fondamentale est de savoir comment est traité le rapport entre le déplacement du sujet et l'espace, *au décours même* de la réalisation du geste. Dès que l'on bouge (déplacement de l'ensemble du corps, d'un segment ou même de la tête et/ou des yeux), les relations entre le corps, l'objet, l'environnement ne cessent de se modifier. Comment dès lors conserver un cadre de référence à la fois assez stable pour y inscrire efficacement l'action et assez souple pour y intégrer les modifications perceptives de l'espace liées à la réalisation même de l'action en cours ? Les référentiels spatiaux intégrés au geste – ceux du corps propre, de la localisation de l'objet, de l'espace environnant – sont automatiquement stabilisés par différents systèmes (vestibulaires, mais surtout visuels [Morvan, 2007]). La vision y occupe un rôle *prédominant* (comme on le constate en cas de conflit sensoriel ou cognitif).

Le cerveau fait, par défaut, l'hypothèse (habituelle, dans le monde physique « normal ») que l'environnement est stable durant son propre déplacement, et annule (inhibe ou intègre) les informations liées à son propre mouvement.

Différents référentiels

Les repères spatiaux peuvent être codés différemment, selon le type de référentiel utilisé :

- soit *égocentré,* centré sur le sujet qui observe/agit. Dans ce référentiel c'est l'orientation du corps (de la tête en particulier et/ou des yeux) qui sert de point de repère, définissant des couples orientés haut/bas, droite/gauche, devant/derrière ;
- soit *allocentré*, alors indépendant de l'observateur/acteur, de l'orientation de l'objet lui-même. Ce sont des repères fixes, extérieurs au sujet, qui sont utilisés : orientation de la force gravitationnelle (qui donne la verticale), points cardinaux, coordonnées métriques.

Des réseaux de neurones dédiés

Les données en l'IRM-f (Galati et al., 2010) confirment que chacun de ces codages repose sur des réseaux de neurones partiellement indépendants : le cortex pariétal postérieur et les régions frontales associées répondent spécifiquement aux tâches de localisation dans des repères égocentriques. Lorsque des repères allocentriques sont utilisés, ce sont les régions parahippocampique et rétrosplénial, avec les précunéus (région pariétale), qui sont électivement activées.

Ces deux types de codage induisent des *représentations de l'espace* différentes, qui ont des propriétés spécifiques, en particulier lors des tâches de navigation.

Construction de « routes » *versus* cartes spatiales

- Lors de la construction de trajets, les référentiels *égocentrés* génèrent et utilisent des repères *successifs* que le sujet intègre au décours de son déplacement, dont la représentation se fait sous forme de « routes » ou de listes. Il est possible de se représenter *verbalement* cet espace, de le décrire avec des mots qui vont noter successivement les différents repères et les éventuels changements de direction. Il s'agit de traitements linéaires, *séquentiels*.

Les listes de repères : un processus séquentiel

« La connaissance de l'espace se fait à partir de l'enregistrement *en série* de points de repères, à mesure que l'individu navigue dans l'espace. Ce type de connaissance est séquentiel, dit sans plasticité dans le sens où elle ne peut pas être réorganisée (si un point de repère a disparu ou que le navigateur a un peu dévié, la structure linéaire est interrompue). Elle semble être suffisante quand on se déplace dans des lieux familiers en l'absence d'obstacle. »

Garcia, 2010

- *Au contraire, le codage allocentré* est à l'origine de représentations sous forme de « cartes ». Ces cartes cognitives (ou cartes spatiales) conservent en mémoire à long terme les relations topologiques entre les différents repères d'espaces familiers. Il s'agit non seulement de situer différents repères mais bien de les *connecter* entre eux, de disposer d'informations implicites sur les propriétés et les relations géométriques de cet espace. L'espace ainsi codé est difficilement verbalisable (ou seulement de façon parcellaire ou peu précise). *A contrario*, il s'exprime facilement sous forme de plans, cartes et schémas, c'est-à-dire sous forme de représentations visuelles imagées, justifiant de *traitements simultanés*.

Les cartes spatiales : des processus simultanés

Ces cartes, qui supportent la représentation mentale de nos environnements habituels, permettent donc de *s'y situer* et d'y concevoir des déplacements et trajets variés, et ce, *quel que soit le point de vue adopté* : en cas de changement ponctuel et inopiné dans l'environnement, il sera alors facile de concevoir des modifications (détour, raccourci, etc.).

Lorsque les deux codages (égo- et allocentrés) sont en place et matures, les sujets peuvent passer de l'un à l'autre en fonction des tâches et des circonstances.

Enfin, la navigation dans l'environnement suppose non seulement la construction de ces représentations (routes, cartes) mais aussi l'intégrité de la mémoire spatiale (Gomez et al., 2014) et des capacités de type exécutives, telles la planification, la sélection d'une stratégie en fonction d'un but, l'inhibition de routines inadaptées…

Développement des compétences spatiales : quelques repères

La perception de l'espace suppose la coordination :

- de *signaux externes*, qui renseignent sur l'état du monde. Nous l'avons vu, la *vision* est un des sens primordiaux en ce domaine, permettant de prendre des repères pertinents pour construire un référentiel efficace (et en cas de conflit sensoriel, la vision est prédominante) ;
- et de *signaux internes*, qui renseignent sur l'état et la position du sujet, ses déplacements éventuels en cours… Les signaux *vestibulaires* sont fondamentaux, renseignant sur l'orientation de la tête et la verticale. Toutes les informations somesthésiques, proprioceptives et kinesthésiques sont également sollicitées.

Les interactions avec l'environnement (en particulier la motricité active des membres, de l'ensemble du corps, de la tête et des yeux), en permettant d'expérimenter les covariations sensorielles, motrices, spatiales, constituent le matériau qui alimente cette construction.

Motricité, vision et développement de la cognition spatiale

Pour de nombreux auteurs, c'est la motricité volontaire active qui, chez le bébé, serait à l'origine de la construction des notions d'espace. Pour Piaget, ce sont les premières expériences sensorimotrices qui permettent au bébé de transformer/construire son environnement spatial. Gallese (2000) soutient que notre représentation spatiale du monde est liée à notre capacité de nous y déplacer activement.

Déficit moteur et construction spatiale

On a montré (Rivière, 2007) que des enfants souffrant d'amyotrophie spinale, c'est-à-dire présentant *d'emblée* un handicap moteur sévère ne permettant pas (ou peu) de mouvements et pas de déplacement *autonome*, ne présentent aucun déficit repérable concernant la cognition spatiale (localisation d'objets, trajets), ces enfants explorent visuellement leur environnement avec efficacité.

Il semble donc que l'exploration active de l'espace constitue un moteur puissant du développement des fonctions spatiales, que cette exploration soit motrice *ou visuelle*.

Attention visuospatiale

Dès l'âge de 3–4 mois, le bébé peut désengager son attention et la réorienter, ce qui est fondamental pour développer l'ensemble de ses apprentissages. À la fin de la *première année*, le nourrisson exerce un contrôle volontaire *efficace* sur son attention visuospatiale. Rappelons ici l'importance de l'attention conjointe (à partir de 10 mois), condition du développement cognitif global de l'enfant.

Développement des référentiels égo- et allocentrés

Le développement de ces référentiels nécessite un *changement de point de vue* qui s'organise selon J. Piaget selon trois périodes au cours du développement :

- l'enfant n'accède d'abord qu'à des repères égocentriques ;
- progressivement, il prend en compte des repères extérieurs à lui, allocentriques. Cependant, bien que ces derniers nécessitent une *décentration*, ils restent malgré tout un espace projectif (subjectif), le sujet choisissant dans l'environnement des repères plus ou moins saillants selon des critères qui lui sont propres ;
- enfin, il accède aux concepts d'espace géométrique objectif, euclidien, métrique, universel (adolescence).

Les deux référentiels (égo- et allocentré) se développent (puis se coordonnent) chez l'enfant en fonction de différents critères :

- l'*âge, bien évidemment*. Classiquement, la capacité de décentration, présente dès 2–4 ans, ne permet vraiment l'utilisation complète de repères allocentriques que vers 6–7 ans. Mais des travaux montrent que, dans certaines circonstances (par exemple, pour retrouver un bonbon caché sous un gobelet disposé à un endroit fixe dans une pièce, tandis que l'enfant entre dans la pièce à chaque essai par une porte différente), les enfants sont capables d'apprendre et de mémoriser des représentations *allocentriques* de leur environnement dès 2 ans (Banta Lavenex, 2010) ;
- le *genre, peut-être*. Typiquement, les femmes utiliseraient plutôt des repères familiers alors que les hommes utiliseraient plutôt les repères cardinaux, la géométrie environnementale et la mesure (l'estimation) des distances (Grön et al., 2000), c'est-à-dire des repères allocentrés. Beaucoup d'études (*cf.* revue de Faure et al., 2010) montrent en effet un impact certain des hormones sur l'asymétrie fonctionnelle hémisphérique, surtout en ce qui concerne le lien testostérone et capacités visuospatiales, lien retrouvé constamment et particulièrement robuste dans les tests de rotation mentale. Cependant ces conclusions ne sont pas partagées par tous les chercheurs (Banta Lavenex, 2010), et l'influence du genre sur le développement, la nature (biologique ou culturelle) et le niveau des performances dans le domaine spatial selon les tâches proposées sont toujours très débattus ;
- la *langue, certainement*. Certaines notions et relations spatiales se développent en relation avec les termes qui, dans une langue donnée, désignent les différentes régions de l'espace, influençant les représentations des locuteurs (Dasen et Misha, 2010). Ainsi, certaines langues ne possèdent aucune expression recouvrant la signification de ce que nous appelons « gauche/droite » ou « avant/arrière ». Les locuteurs de ces langues adoptent principalement des références allocentriques pour résoudre des tâches spatiales.

Navigation dans les grands espaces

La lecture de plans et cartes (*in* Pierre et Soppelsa, 1998) : « Vers trois ou quatre ans, sans expérience d'entraînement, un enfant peut reconnaître qu'une carte est une représentation et peut l'utiliser pour se déplacer, pour trouver un emplacement dans une pièce, même si celle-ci n'est pas dans l'alignement du plan. Vers 3–5 ans, un enfant est capable d'utiliser une carte dans un environnement à grande échelle et de l'orienter correctement, qu'il soit à l'intérieur ou l'extérieur du dispositif, afin de trouver un emplacement si celui-ci est associé de manière non ambiguë avec un seul point de repère. Plus les enfants avancent en âge, plus le nombre de points de repères qu'ils sont capables de prendre en compte augmente. (…). C'est à partir de quatre ans que les enfants encodent les informations concernant le point de repère (couleur, forme…) et à six ans qu'ils peuvent encoder la relation entre un repère et un emplacement ».

Réseau pariéto-hippocampique

La région hippocampique et le noyau caudé sont le substrat de la *mémorisation des cartes spatiales* nécessaires tant à la navigation qu'à la localisation des objets.

Le réseau pariéto-hippocampique assure la transformation des informations acquises dans un référentiel égocentrique (informations visuospatiales et de mouvement, en provenance des aires associatives pariétales) en un référentiel allocentré. Inversement, à partir des cartes spatiales fournies par l'hippocampe, *le cortex pariétal associatif intègre les informations spatiales aux intentions motrices.*

L'hippocampe recèle des *cellules de lieu* (Poucet et al., 2010) : il s'agit de neurones qui ont appris et mémorisent (stockent) des lieux, des environnements familiers au sujet. Ces activations hippocampiques spécifiques sont également enregistrées lorsque les sujets doivent *s'imaginer* naviguer dans un espace (Maguire et al., 2000).

Fonctions visuomotrices

L'existence de deux systèmes visuels distincts (*cf.* fig. 1.1), l'un dit « ventral » dédié à l'identification des percepts et l'autre dit « dorsal » *dédié à l'action,* est avérée depuis les années 1990. Marc Jeannerod parlait d'un système visuel pragmatique (occipito-pariétal, support de la conception et la programmation du geste) et d'un système visuel sémantique (occipito-temporal, support des fonctions gnosiques, de l'identification des percepts).

C'est la voie dorsale, occipito-pariétale, dite aussi « la vision pour l'action », qui assure les traitements *automatiques* des éléments spatiaux de la scène visuelle en les adressant en permanence aux lobes pariétaux.

Mais ces deux voies, pariétale (voie du « *où* ? ») et temporale (voie du « *quoi* ? »), partagent des informations simultanément indispensables concernant *et* l'identification de l'objet *et* sa localisation. C'est pourquoi certains les considèrent comme parallèles.

Intégration des données spatiales à la motricité

Les traitements spatiaux sollicitent en effet de vastes et complexes réseaux bilatéraux décrits figure 3.8.

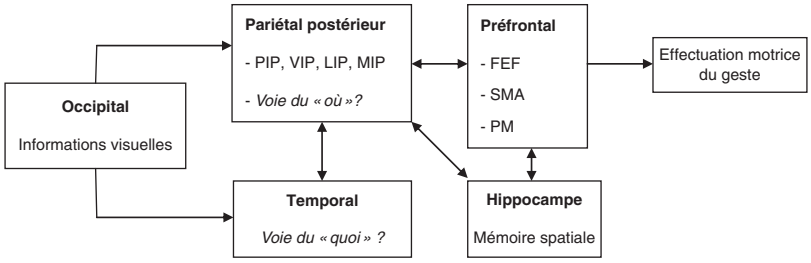


Fig. 3.8. L'intégration des données spatiales : de la vision à la motricité.
PIP : aire intrapariétale postérieure ; VIP : aire ventrale intrapariétale ; LIP : partie latérale du sillon intrapariétal ; MIP : partie médiale du sillon intrapariétal ; FEF : champ oculaire frontal ; SMA : aire motrice supplémentaire ; PM : cortex prémoteur.

De l'arrière vers l'avant du cerveau (soit de la gauche vers la droite, *cf.* fig. 3.8), interviennent :

- le cortex occipital, qui fournit les indices visuels ;
- le cortex pariétal postérieur, en particulier les régions différenciées du sillon pariétal postérieur (aires PIP, VIP, LIP, MIP, *cf.* fig. 3.9) ;
- certaines régions du cortex prémoteur (PM), en particulier le champ oculaire frontal (FEF) impliqué dans les mouvements des yeux qui vont intégrer les données spatiales dans la programmation du geste (« le regard anticipe et guide l'action » [Berthoz, 2009, p. 44]) ;
- ainsi que des aires temporales (dont V5, qui traite le mouvement) ;
- et enfin des structures profondes telles l'hippocampe (cartes spatiales, mémoire spatiale).

Le sillon intrapariétal (IP)[63]

Les différentes aires du IP ont en commun leur relation avec le mouvement propre du sujet et leur sensibilité aux aspects visuospatiaux de la tâche.

- Aire VIP (ventrale intrapariétale). Certains neurones répondent spécifiquement au mouvement visuel, ils sont sensibles à la direction et à la vitesse du mouvement, mais aussi aux flux optiques engendrés par le corps en mouvement. C'est une aire de codage des informations visuospatiales dans un but oculomoteur.
- La partie médiale du sillon intrapariétal (MIP) est plus orientée vers les réponses localisant les membres et la main, en lien avec la préhension.
- La partie latérale du sillon intrapariétal (LIP) est une aire purement « visuelle » : ses neurones répondent aux saccades oculaires, sont sensibles à la position oculaire statique et à la position statique de la tête.
- L'aire intrapariétale antérieure (AIP) est connectée à l'aire visuelle V6 (analyse du flux optique lors des mouvements du corps) ; elle comprend des neurones réceptifs aux caractéristiques visuelles 3D de l'objet à saisir et des neurones sensibles à la configuration des doigts lors de la préparation de la saisie (guidage visuel de la main lors de la préhension). L'aire intrapariétale postérieure (PIP) comprendrait, elle aussi, des neurones codant la position et les caractéristiques spatiales 3 D des objets à saisir.

Réseau pariéto-frontal

Ce réseau est particulièrement impliqué dans *la localisation des objets et la préhension* comme en témoignent les connexions privilégiées qu'entretiennent chacune des aires intrapariétales précédentes avec les aires frontales. En particulier LIP, dont nous avons vu qu'elle était une aire « visuelle » au sein du sillon intrapariétal, a un rôle important dans deux processus complémentaires : l'orientation de l'attention visuospatiale et le codage des informations visuelles dans un but moteur.

Orientation de l'attention visuospatiale et orientation du regard

Les neurones de LIP répondent à des stimuli saillants, et l'on a pu dire que « LIP dessine des cartes de saillance » du monde environnant » (Ben Hamed et al., 2001).

Attention et mouvements des yeux sont étroitement liés. Une saccade oculaire est *à la fois* un mouvement des yeux et un déplacement de l'attention du sujet.

Ainsi, les mouvements oculaires constituent un indice de l'orientation de l'attention (fig. 3.9) : ils sont un reflet fiable et mesurable de l'attention du sujet.

[63] Le sillon intrapariétal est aussi très impliqué dans le « sens du nombre » (chapitre 7). L'interaction entre les aires pariétales VIP et LIP serait responsable de l'association nombre-espace (Dehaene et al., 2003). De nombreuses études montrent une corrélation entre les performances dans les tâches spatiales et les performances en mathématiques (Williamson, 2010) *cf.* fig. 7.22.

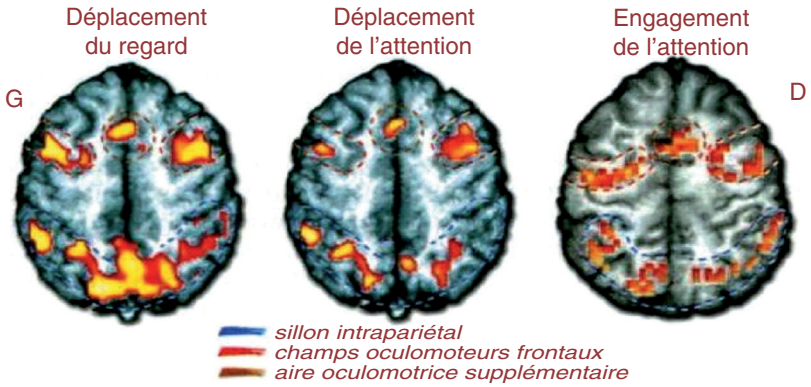


Fig. 3.9. Réseau pariéto-frontal, attention et mouvements oculaires.
Les réseaux de neurones qui assurent le déplacement effectif du regard et ceux qui supportent l'attention visuelle sont en grande partie communs. *Source : Houdé O, Mazoyer B, Tzourio-Mazoyer N. Cerveau et psychologie. Paris : PUF ; 2002.*

Le codage des informations visuelles dans un but moteur

Ce codage est rendu possible grâce aux liens entre LIP et le champ oculomoteur frontal (FEF). En effet, la formation et le maintien des représentations spatiales (mémoire de travail visuospatiale) reposent sur FEF. Ceci est étayé d'une part par le fait que les mouvements oculaires volontaires perturbent la mémoire de travail visuospatiale, et d'autre part par des études en IRM-f.

Au total

Ce réseau pariéto-frontal est donc particulièrement impliqué dans l'attention spatiale (avec un biais au profit de l'hémisphère droit[64]) et la programmation de saccades (elles-mêmes reflets de l'orientation de l'attention). Les réseaux de neurones qui assurent le déplacement effectif du regard et ceux qui supportent l'attention visuelle sont en grande partie communs.

Habiletés gestuelles : développement

Il n'y a pas à proprement parler actuellement de modèle abouti du développement du geste chez l'enfant. Coexistent deux théories, l'une cognitive et l'autre non, qui ne sont peut-être pas si opposées qu'il y paraît. Nous montrerons qu'elles ne concernent probablement pas les mêmes gestes, elles pourraient donc être comprises comme complémentaires plutôt qu'exclusives.

Nous distinguerons d'une part le développement moteur des aptitudes motrices sélectionnées par l'évolution et d'autre part l'apprentissage des gestes qui *doivent* être enseignés aux enfants (praxies). Cette distinction recouvre aussi, pour de nombreux auteurs, la distinction TAC/dyspraxie.

[64] L'hémisphère droit est dominant pour l'attention spatiale, contrôlant l'ensemble de l'espace, alors que l'hémisphère gauche ne contrôle que l'hémi-espace droit.

Tableau 3.1. Quelques repères chronologiques[66].

3–4 mois	Tenue de tête, préhension au contact, regarde sa main
4–5 mois	Pédalage, préhension cubitopalmaire, porte les objets à la bouche
5–6 mois	Retournement dos-ventre, tient un objet dans chaque main
6–8 mois	Station assise (plus ou moins stable), préhension en pince imparfaite
8–10mois	Se déplace (4 pattes…), se met debout, préhension en pince fine
10–12 mois	Se déplace debout avec appui
10–18 mois	Marche libre
16–20 mois	Course malhabile, saute à 2 pieds, marche à reculons
Environ 24 mois	Court, monte et descend escaliers sans alterner, tape dans un ballon
Environ 3 ans	Marche sur une surface étroite, monte et descend escaliers en alternant, se tient quelques secondes sur un pied, pédale (tricycle), lance le ballon en visant
4–5 ans	Lance et attrape un gros ballon, saute à cloche-pied
5–6 ans	Il faut attendre environ 5 ans pour faire du vélo sans roues latérales, pour sauter à la corde (coordination mouvements des membres supérieurs et inférieurs)
6–7 ans	Nage la brasse

Aptitudes sensorimotrices sélectionnées par l'Évolution

Dans les conditions habituelles, le développement des aptitudes motrices du jeune enfant (souvent désigné par le terme de développement « psychomoteur[65] ») est hautement prévisible dans sa chronologie et universel (tableau 3.1).

Les bébés sont d'emblée dotés de capacités sensorimotrices initiales, sortes de « boîtes à outils » sélectionnées par l'évolution, leur assurant des interactions adaptées avec leur environnement physique et leur permettant d'acquérir, en spirale, des habiletés motrices de plus en plus performantes.

Pour les dynamiciens, le développement psychomoteur de l'enfant *émerge*[67] de l'expérimentation qu'il fait de sa motricité au cours de l'exploration de son environnement. « Les coordinations sensorimotrices ne sont pas considérées comme programmées de manière explicite au sein du système nerveux central mais comme le fruit de propriétés d'émergence d'un système dynamique contraint dans l'espace et le temps, obéissant à des lois et des principes propres aux systèmes complexes » (Oullier et al.,

[65] Ce terme, toujours très utilisé, lie intimement le développement moteur du jeune enfant et son développement psychique et intellectuel. Or, justement, les troubles spécifiques du développement gestuel (TAC ou dyspraxies) attestent de l'*indépendance* de ces deux secteurs, chacun pouvant être altéré ou préservé de façon spécifique.

[66] Pour plus de détails et surtout pour disposer de fourchettes normées précises, se reporter aux tests étalonnés.

[67] L'émergence est un concept qui intervient lorsque des systèmes simples interagissent en nombre suffisant pour faire apparaître un certain niveau de complexité qu'il est difficile de prévoir par l'analyse de ces systèmes pris séparément. On peut définir l'émergence par deux caractéristiques : 1) l'ensemble fait plus que la somme de ses parties : on ne peut pas prédire le comportement de l'ensemble par la seule analyse de ses parties ; 2) l'ensemble adopte un comportement caractérisable sur lequel la connaissance détaillée de ses parties ne renseigne pas complètement. À partir d'un certain seuil critique de complexité, de nouvelles propriétés peuvent apparaître dans ces systèmes. Elles deviennent observables lorsqu'elles vont dans le sens d'une organisation nouvelle (cf. auto-organisation). (Inspiré de http://fr.wikipedia.org/wiki/Emergence)

2006). Sous l'effet conjugué d'une part de la « coalition de contraintes » liées à l'anatomie et la biomécanique, à la gravité, etc., et d'autre part de la répétition de certains exercices moteurs, se construisent alors des configurations sensorimotrices de plus en plus adaptées, de plus en plus efficaces, qui se stabilisent (« patrons de coordination »). Cette *auto-organisation* des habiletés motrices du jeune enfant est prévisible. C'est la résultante *obligée* de la combinaison des multiples variables indépendantes en jeu : biomécaniques, physiques, environnementales…

> Dans les conditions habituelles, ces acquisitions ne nécessitent que le libre jeu des systèmes sensorimoteurs dans un environnement ordinaire. Elles se font de manière *implicite*, sans aucune instruction ni enseignement délibéré.

Ces théories (théorie des systèmes dynamiques [Varela, 1988] ; théorie écologique du développement [Zanone, 1999]) ne font intervenir aucune fonction cognitive préexistante qui déterminerait les acquisitions. Ces dernières dépendent seulement des interactions complexes acteur-environnement.

L'observation et l'imitation, présentes dès les premières heures post-natales et très précocement efficaces chez le bébé, ne sont *pas la source* du premier développement des habiletés motrices universelles. Les bébés n'ont besoin d'aucun « modèle » ni pour se retourner, ni pour se déplacer au sol puis debout (certains se déplacent de façon originale sur les fesses et n'ont jamais eu l'occasion d'observer ce type de déplacement…).

Apprentissage des gestes enseignés (praxies)

Les humains sont aussi capables de développer des aptitudes gestuelles qui n'ont pas été « prévues » *telles que* par l'Évolution. Facultatives pour l'espèce, ces capacités sont cependant obligatoires dans un environnement culturel donné.

Ces apprentissages gestuels partagent les caractéristiques suivantes :

- *ils dépendent de l'époque et du lieu*. Reflétant le milieu familial et culturel dans lequel grandit l'enfant, ils sont déterminants pour inscrire l'enfant dans sa communauté, assurer la vie quotidienne et sociale (salutations, habillage, repas…) ;
- ils nécessitent un *enseignement* sans lequel les habiletés visées ne se produiraient pas : ils résultent soit d'un « bain de gestes[68] » culturel et seront acquis par observation et imitation spontanée de la part de l'enfant, soit d'un apprentissage volontaire et conscient, qui peut se faire sous différentes modalités.

Ces apprentissages gestuels vont nécessiter de la part de l'apprenant des stratégies particulières, un travail, un « effort » cognitif qui permettra, *au fil de répétitions*, d'aboutir au geste optimal, expert, c'est-à-dire à la fois *réussi et automatisé*, donc cognitivement économique (geste facile, aisé, n'entraînant pas de fatigue).

L'apprentissage de ces gestes est le plus souvent explicite. Cela signifie qu'il nécessite un *enseignement* (de la part des adultes en direction des enfants, de la part des experts en direction des débutants, de la part des enseignants en direction des élèves), et que, sans cet enseignement, la performance ne se manifesterait pas.

L'enseignement fait appel à diverses méthodes : démonstrations en vue d'une observation et/ou d'une imitation, entraînement physique, explications verbales, recours à l'imagerie mentale. Nous étudierons les caractéristiques propres à chaque stratégie, sachant que, le plus souvent, en situation écologique, l'apprentissage conjugue diversement ces différentes techniques.

Observation et imitation

L'imitation représente une source potentielle importante d'apprentissage de nouveaux gestes, d'autant que les bébés y sont particulièrement compétents. « À partir de l'âge de un an, les enfants collectent des informations sur les actions, les résultats, les buts des démonstrateurs ainsi que le contexte dans lequel se déroule la démonstration. Ils combinent tous ces éléments pour savoir quels aspects de la démonstration il est utile de copier » (Petit et Pascalis, 2009).

Rôle du système miroir

Par sa capacité à fournir une copie motrice des actions observées, le système miroir est le mécanisme idéal des deux classes d'imitation :

[68] De la même façon qu'on parle d'un « bain de langage »…

- *reproduire* une action observée : la répétition immédiate d'une action observée est assurée par le seul système miroir ;
- *apprendre une nouvelle action* par imitation : cela exige en outre l'intervention du lobe préfrontal (Rizzolatti, *op. cit.*).

L'observation isolée d'un geste ne met pas en œuvre exactement les mêmes supports physiologiques que l'observation menée *en vue de* reproduire le geste (imitation) : l'*intention* d'imiter active des réseaux sensiblement différents.

Observation, imitation, apprentissage gestuel (fig. 3.10)

Des sujets observent un guitariste effectuant un accord ; certains observent le modèle sans le reproduire (non-IMI) et d'autres observent le modèle et tentent ensuite de le reproduire (IMI-1). En IRM-f, dans tous les cas, on note l'activation des aires occipitales, du lobule pariétal inférieur et des aires frontales (gyrus frontal, cortex prémoteur), mais ces activations sont beaucoup plus importantes et plus larges chez ceux qui doivent reproduire l'accord. Par ailleurs, cette reproduction doit se faire après un court délai : durant cette pause, on observe une activation du gyrus frontal médian, impliqué dans la mémoire de travail visuospatiale.

Rôle de l'attention

L'apprentissage d'un geste nouveau par observation nécessite une *attention* suffisante, *sélectivement orientée* vers certains aspects du geste (chapitre 5). Souvent le démonstrateur soutient (dirige) cette attention par des consignes verbales. Ces indices verbaux compensateurs sont d'autant plus nécessaires que l'enfant est plus jeune (avant 6–8 ans).

Au total

L'observation seule ne permet pas d'acquérir la paramétrisation précise de certains mouvements, en particulier en ce qui concerne les *aspects spatiaux*. Ces derniers en effet ne peuvent s'acquérir réellement que par l'entraînement. Blandin (2002) conclut, concernant l'acquisition d'habiletés nouvelles, que « la seule observation d'un modèle ne permet pas aux observateurs d'obtenir une performance égale à celle obtenue grâce à la pratique physique ». Toutefois, le bénéfice est net si l'observation est combinée à des indices verbaux et/ou à la pratique physique.

L'apprentissage par observation permet de comprendre la signification du geste, d'en anticiper le résultat et d'en reproduire la configuration *globale* : savoir « quoi » faire. Mais il ne permet pas de s'emparer des *paramètres précis* de son exécution, de déterminer et calibrer les éléments du « format moteur » du geste, de capter les caractéristiques fines des mouvements qui composent le geste (savoir « comment » faire).

Imagerie mentale : image motrice

L'imagerie mentale suppose une connaissance *préalable* des gestes à exécuter, à simuler. Les activations sont d'autant plus intenses que le geste fait déjà

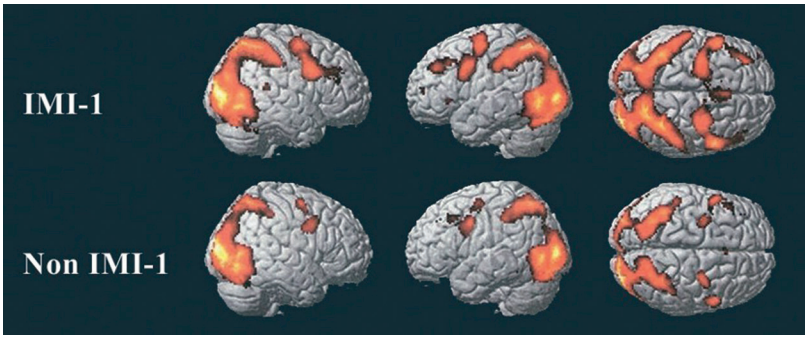


Fig. 3.10. Apprentissage gestuel par observation.
IMI : intention d'imiter; Non IMI : observation seule.
Source : Buccino G, Vogt S, Ritzl A, Fink GR, Zilles K, Freund HJ, Rizzolatti G. Neural circuits underlying imitation learning of hand action : an event-related fRMI study. Neuron 2004 ; 42(2) 323–34.

partie du répertoire du sujet ou qu'il appartient au domaine d'expertise du sujet (Lacourse et al., 2005).

Ces effets de l'expérience sur les capacités d'imagerie mentale reflètent le fait que les novices construisent et stockent des représentations moins efficaces, plus dépendantes du contexte, moins adaptables à d'autres conditions que celles apprises.

Imagerie mentale (sessions répétées d'entraînement par imagerie mentale) *versus* observation simple (vidéo)

La répétition mentale améliore nettement la qualité du geste (précision du coup droit au ping-pong, qualité du geste évaluée par des experts, enfants de 7–10 ans [Li-Wei et al., 1992]). Pourtant elle est un peu moins efficace que l'entraînement réel (pratique physique) si l'on compare les performances de sujets qui pratiquent la tâche (tous les essais) à ceux qui s'y entraînent mentalement (tous les essais) ou même ceux qui alternent pratique et imagerie mentale (un essai sur deux).

Cependant, dans le même type de protocole, si on regarde non plus la performance de la tâche entraînée mais *son transfert* (par exemple, la tâche est entraînée avec la main droite durant l'apprentissage et est ensuite testée sur le même geste mais avec la main gauche), alors, les sujets qui ont bénéficié d'un entraînement pratique associé à l'imagerie mentale et ceux qui ont bénéficié de l'imagerie mentale uniquement sont plus performants que ceux qui ont été entraînés par la pratique exclusive (Kohl et al., 1992).

Donc, l'imagerie mentale est efficace pour améliorer un geste, mais d'autant plus que celui-ci fait déjà partie du répertoire du sujet : *le niveau d'expertise influence la capacité à construire une image mentale*. Elle semble aussi permettre un apprentissage plus souple et donc plus transférable.

Elle est très utilisée par les sportifs de haut niveau pour mobiliser (activer) le schème le plus efficace et le plus performant. Selon leurs caractéristiques personnelles et les exigences du sport pratiqué, on distingue les sportifs qui mobilisent surtout une image mentale *kinesthésique* (ils « ressentent » les mouvements et construisent des représentations « corporelles ») ou surtout visuelle (ils « voient » le geste et construisent des représentations visuospatiales du geste).

Pourtant, malgré des progrès réguliers avec l'âge (Coulbeau et al., 2008), l'image mentale ne serait pas mobilisable avant l'âge de 6-7 ans environ chez l'enfant.

La pratique (associée ou non à l'imagerie mentale) reste la plus efficace, surtout si l'enfant est jeune (en deçà de 6–8 ans) et surtout comme nous l'avons dit, s'il s'agit de l'apprentissage d'un geste *nouveau*.

Pratique, entraînement[69]

L'enfant (ou le novice dans un secteur gestuel ou sportif particulier) n'a pas une représentation fidèle ni fine de la position de son corps durant l'action. Ce n'est que progressivement, sous l'effet de l'entraînement, qu'il va construire cette connaissance de son corps en action et cette connaissance n'est pas transférable à d'autres activités que celle pratiquée. « Le geste émerge progressivement de la pratique (…) Le débutant ne peut pas, sans confrontation directe avec la tâche, associer l'action de ses différents segments corporels » (Desmurget, 2006, p. 127).

Par ailleurs, cet entraînement doit répondre à *des critères de variabilité et de flexibilité* qui éviteront la construction d'un geste rigide, incapable d'adaptation aux fluctuations (normales, fréquentes) de l'environnement et des circonstances de production du geste. « L'émergence d'habiletés motrices adaptables et adaptées dépend directement de la variabilité des conditions d'apprentissage. Plus le geste est répété de façon stable et immuable, plus la différenciation ultérieure de l'habileté devient aléatoire et incertaine » (Desmurget, 2006, p. 89).

Instructions verbales

Le geste, comme l'espace, ne sont pas faciles à décrire verbalement précisément. Il faudrait construire de longs discours très précisément descriptifs, mais alors les informations, successives, séquentielles, réclameraient d'énormes capacités en mémoire de travail auditivo-verbale. Le geste, comme l'espace, doivent bénéficier de traitements simultanés, plus ou moins holistiques.

[69] Cette section est librement inspirée de Desmurget, 2006.

C'est pourquoi la verbalisation d'une action passe plutôt par la construction d'une ou plusieurs analogies. Ces dernières font référence à la « forme » globale du geste, le décrivent en permettant un accès simultané à plusieurs éléments du geste, facilitant une représentation mentale du geste à effectuer et la mémorisation d'actions successives.

En réalité, les instructions verbales sont rarement utilisées isolément, elles viennent plutôt en appui d'autres pratiques.

L'efficacité de l'usage d'analogies (Sawada et al., 2002)

Tâche : reproduction d'une suite d'actions (se lever, se tenir debout, sauter, s'agenouiller, tomber). Enfants de 5–6 ans. Un groupe dit « mouvement » reçoit une démonstration accompagnée d'une description verbale ; un autre groupe (« métaphorique ») reçoit une démonstration accompagnée d'une histoire métaphorique (« une fleur est en bouton, bientôt elle s'ouvre ; un papillon vole, il vient faire une sieste sur la fleur, mais il tombe ») ; le groupe contrôle observe simplement la démonstration. On note le nombre d'actions reproduites dans l'ordre à chaque essai. La réussite est nettement plus rapide (moins d'essais nécessaires) pour le groupe « métaphorique ». [*NB*. On notera qu'il s'agit là d'une séquence d'actions (donc plus facile à verbaliser que la configuration du coup droit au ping-pong !)].

Apprentissage procédural implicite

Il s'agit de l'apprentissage, non intentionnel et non conscient, par répétition, d'une mise en situation, d'un geste ou d'une séquence gestuelle ou d'une position spatiale. Les études utilisent essentiellement une tâche informatisée dite de « temps de réaction sériel » (SRT dans les publications anglophones), inspirée des travaux princeps de Nissen et Bullemer (1987).

Le paradigme SRT (fig. 3.11)

C'est une tâche informatisée d'apprentissage implicite de séquences visuospatiales, à partir de cibles visuelles qui se déplacent dans un repère sur un écran. Un stimulus apparaît dans un secteur déterminé de l'écran (souvent matérialisé par un cadre). Le sujet doit cliquer le plus rapidement possible sur une touche du clavier qui code l'emplacement correspondant, puis la cible se déplace.

L'apprentissage consiste en des séries d'essais (les blocs), où les séquences d'apparition des stimuli à tel ou tel emplacement sont aléatoires (condition contrôle, pas d'apprentissage possible) ou bien, au contraire, organisées selon des séquences non aléatoires (le sujet n'en est pas averti et n'en est le plus souvent pas conscient). L'apprentissage implicite des *séquences non aléatoires* se traduit, au fil des essais, par une diminution progressive du temps de réaction. [*NB*. Il s'agit de tâches simples, discrètes « non continues »,[70] qui réclament essentiellement vitesse et non précision (Chambaron et al., 2008)].

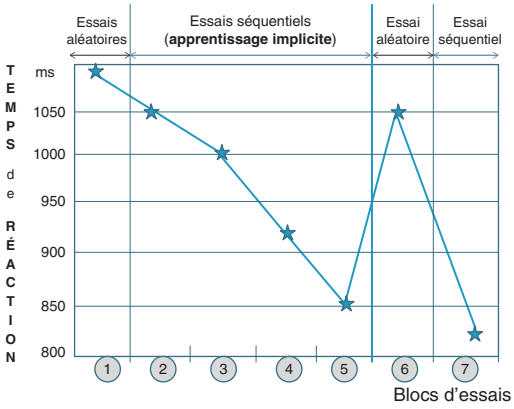


Fig. 3.11. Paradigme SRT.

Une étude récente (Chambaron et al., 2010) a cherché à évaluer l'efficacité de différentes stratégies d'apprentissage implicite, en proposant une tâche de type SRT (cible ronde se déplaçant dans 4 carrés). Certains sujets devaient « *pratiquer* »

[70] Les tâches de poursuite *continue* d'une cible sur écran d'ordinateur à l'aide d'une souris (trajet de la cible en trois parties : au cours des essais, la première et la troisième partie sont aléatoires, alors que la deuxième est fixe et répétée au fil des essais) ne mettent pas en évidence d'apprentissage d'une séquence.

(placer le pointeur de la souris le plus rapidement possible à l'intérieur de la cible et y rester jusqu'à sa disparition) ; d'autres devaient s'imaginer fournir la réponse motrice de déplacement du pointeur (*image motrice*) ; d'autres devaient juste *observer* le déplacement des cibles. Enfin, un dernier groupe devait se former une image visuelle (non motrice) en imaginant que la cible s'agrandissait ou bougeait au sein du carré dans laquelle elle apparaissait.

La conclusion est que l'imagerie motrice donne des performances similaires à celles obtenues par la pratique physique et l'observation, alors que l'imagerie visuelle (non motrice) ne permet pas l'apprentissage implicite d'une séquence répétée.

Au total

Au terme de cette revue il faut insister *en situation normale* sur le rôle fondamental de la pratique, complétée selon les cas par l'observation (démonstration) et/ou des éléments de langage. En situation écologique, les apprentissages font souvent appel simultanément à un conglomérat de stratégies.

Enfin, il faut signaler le rôle de la motivation (plaisir, anticipation d'une récompense). On a pu montrer (Schmidt et al., 2012) que l'anticipation d'une satisfaction facilite l'apprentissage d'une tâche motrice, *via* les circuits dopaminergiques (noyaux gris centraux), ce qui peut suggérer un possible lien entre troubles du développement du geste et TDA/H (chapitre 5).

Processus sous-jacents aux apprentissages gestuels

L'apprentissage gestuel se fait en trois phases, repérables à la fois sur le plan comportemental et en imagerie (étude en PET-scan [Hubert et al., 2007]).

- Lors de la phase initiale, les essais sont imparfaits, avec des tâtonnements, des erreurs. On note alors une importante implication des régions frontopariétales. Cela suggère l'utilisation de stratégies cognitives de type « résolution de problème », réclamant énormément d'attention.
- Puis se met en place une phase intermédiaire où le sujet contrôle assez bien la tâche, cette dernière restant cependant sous contrôle attentionnel. Durant cette phase (dite associative) on observe une implication progressive du cervelet et des ganglions de la base. L'activation des régions occipitales suggère l'intervention de l'imagerie mentale.
- Enfin le geste est automatisé, il est « stocké » en mémoire procédurale. Pour une réalisation optimale, il ne nécessite plus (ou peu) de contrôle attentionnel. On considère que le geste est automatisé s'il peut être aisément réalisé *en même temps* que le sujet conduit une autre tâche (*cf.* chapitre 5 encadré « Des ressources limitées : problématique de la double tâche »). On constate alors une nette diminution de l'activation des régions frontales, tandis que le thalamus et la partie antérieure du cervelet sont particulièrement concernés.

La mise en *mémoire procédurale* (chapitre 4) s'accompagne de modifications dans de nombreuses structures du néocortex, modifications des propriétés neuronales (plasticité synaptique, synchronicité et efficacité synaptique) supports du développement et du maintien de l'habileté motrice apprise. Dans certaines zones de commande motrice, on peut mettre en évidence des phénomènes de potentialisation à long terme (*long term potentialisation* [LTP]) en corrélation avec un apprentissage moteur (Rioult-Pedotti, 2000). Il est à noter aussi que le sommeil favorise la consolidation des traces mnésiques en mémoire procédurale, en particulier lors d'apprentissages de séquences motrices (Albouy, 2008).

Au total

Au décours de l'apprentissage, des essais et erreurs sont expérimentés. Les erreurs sont *progressivement inhibées* (phases cognitive puis associative), jusqu'à l'obtention du geste optimal *automatisé*, mobilisant de moins en moins de ressources cognitives (contrôle attentionnel). Il est alors *engrammé en mémoire procédurale*.

Dyspraxies

Les dyspraxies se manifestent par des troubles du geste qui affectent la réalisation de certaines activités. Il s'agit d'un *trouble spécifique* touchant le développement des habiletés gestuelles, ayant des répercussions sévères dans l'ensemble du développement de l'enfant (en distordant ses premières expériences sensorimotrices), dans sa vie quotidienne et sociale (en affectant des gestes tels que se laver, manger, s'habiller), et dans son parcours scolaire (du fait de la dysgraphie mais surtout des troubles visuospatiaux associés, responsables de troubles spécifiques des apprentissages).

La prévalence de ces troubles est de 5 à 8 % selon les critères retenus, avec un *sex-ratio* très défavorable aux garçons (2 à 5 fois plus atteints selon les études), du moins dans les dyspraxies développementales *stricto sensu*. En effet, lorsque la prématurité est à l'origine de la dyspraxie (causalité neurologique patente), cette proportion en (dé-) faveur des garçons disparaît (Barray et al., 2008).

Une terminologie opaque

Les multiples terminologies qui désignent ces troubles reflètent des conceptions différentes, générant des conflits d'écoles actuellement non scientifiquement tranchés.

TAC ou dyspraxie ?

Seul le terme de TAC[71] est utilisé dans le DSM. Certains proposent, au sein du concept général de « troubles développementaux spécifiques des apprentissages moteurs » un schéma dans lequel le terme de dyspraxie ferait référence aux aspects cognitifs du geste tandis que le TAC renverrait aux aspects plus moteurs du trouble. Les dyspraxies constitueraient alors un sous-ensemble des TAC (Albaret, 2007). Pour d'autres, il s'agit de deux termes synonymes (Gibbs et al., 2007), utilisés indifféremment en fonction des habitudes locales.

[71] TAC, dénommés DCD (*Developmental Coordination Disorder*) dans la littérature anglo-saxonne.

Pour nous, utiliser le terme de dyspraxie est un *choix délibéré*, selon les arguments suivants :
- le préfixe dys- marque clairement l'appartenance au groupe des *troubles cognitifs* (par opposition aux troubles moteurs) ;
- depuis la description princeps de l'équipe de de Ajuriaguerra (Stamback et al., 1964), ce terme inclut, outre le trouble de production du geste, la présence de *troubles des traitements spatiaux* ;
- le trouble concerne les gestes *intentionnels*, *appris* dans un contexte culturel particulier.

Trouble cognitif spécifique ou trouble spécifique des apprentissages ?

Si l'on considère que *dyspraxie* signifie « troubles spécifiques du développement gestuel », que les termes TAC et dyspraxie sont des synonymes, alors les dyspraxies font partie des troubles *cognitifs* spécifiques.

Si l'on réserve le terme de dyspraxie aux anomalies de développement des gestes *appris*, alors il s'agit de troubles spécifiques des *apprentissages* (*cf.* fig. 1.20).

Dans l'incertitude actuelle, tout au long de ce chapitre, nous traiterons, sous le terme de dyspraxie, de l'*ensemble* des troubles du développement gestuel.

De nombreux travaux cherchent à mettre à jour les anomalies sous-jacentes aux TAC/dyspraxies. Ils visent non seulement à comprendre les liens entre le substrat neurologique et les symptômes, mais également à rendre compte de la grande fréquence des comorbidités, puisque près de la moitié des enfants diagnostiqués TAC/dyspraxiques présenteraient un autre trouble neurodéveloppemental associé.

Causes

Comme pour l'ensemble des troubles neurodéveloppementaux, les causes de ces anomalies restent inconnues. De nombreuses pistes sont explorées, non exclusives les unes des autres.

Causes génétiques

Bien qu'il existe manifestement des « familles de dyspraxiques », aucune étude scientifique fiable n'a été *à ce jour* conduite dans ce domaine et aucun gène (ou

groupe de gènes) n'a été actuellement mis en cause comme pouvant être associé au TAC ou à la dyspraxie.

Dyspraxies et syndromes génétiques

On connaît des syndromes génétiques qui s'accompagnent constamment d'un déficit électif des fonctions visuospatiales. Les plus connus et les plus fréquents sont le syndrome de Turner (délétion totale ou partielle sur l'un des deux chromosomes X chez les filles) ou le syndrome de Williams (microdélétions dans une région du bras long du chromosome 7). Dans les deux cas, les performances non verbales (visuo-practo-spatiales) sont significativement atteintes et ces jeunes échouent particulièrement aux tâches visuomotrices et visuoconstructives.

Prématurité

Les liens entre naissance prématurée[72] et dyspraxie sont connus et bien renseignés de longue date. La progression, récente et constante, du nombre de naissances prématurées en France (6 % en 1995, 7 % en 2003, 8 % en 2008) rend compte d'une augmentation parallèle de la fréquence des diagnostics de TAC/dyspraxie. En effet, on note chez ces enfants une part importante de pathologies dites « mineures » (Laroque et al., 2008), terme qui désigne essentiellement les séquelles cognitives (par opposition aux troubles neuromoteurs et polyhandicaps). Il est à noter que cette augmentation porte essentiellement sur les grandes prématurités (entre 1995 et 2005, la fréquence des « très grands prématurés » a été multipliée par dix).

C'est électivement dans le domaine des fonctions visuomotrices et visuospatiales que ces enfants présentent des performances inférieures à celles de leurs pairs nés à terme (Deforge, 2009), avec des écarts proportionnels à l'importance de la prématurité, touchant près du quart des enfants nés avant 33 semaines.

[72] La prématurité est définie par une naissance se produisant avant 37 semaines d'aménorrhée (SA) ; avant 33 semaines on parle de *grande* prématurité, et avant 28 semaines de *très grande* prématurité (plus de 10 000 naissances/an en France). Les naissances prématurées représentent environ 5 à 6 % des naissances en cas de grossesse unique, mais ce taux peut atteindre 40 % cas de grossesse multiple. (*Cf.* www.audipog.net)

Des anomalies du système des neurones miroirs

« En fonction de ses implications dans l'imitation et les autres fonctions motrices, nous proposons qu'un dysfonctionnement dans le système des neurones miroirs puisse constituer la caractéristique sous-jacente des TAC (…). Finalement, nous avons fait une revue de la littérature disponible sur les liens entre système des neurones miroirs et TAC et nous montrons que les résultats de ces investigations sont cohérents avec une théorie des systèmes miroirs du TAC » (Werner et al., 2012).

Une défaillance de la mémoire procédurale

Certains (Nicolson et al., 2006) ont proposé qu'un déficit du système de mémoire procédurale puisse être à l'origine de l'ensemble des dys-, dont le TAC/dyspraxie. Dans ce modèle, les dys- sont compris comme des troubles de la mémoire procédurale reposant soit sur les boucles cortico-striatales (troubles du développement du langage et du geste), soit sur les boucles cortico-cérébelleuses (dyslexies, TDA/H, et peut-être aussi de troubles du geste). Cependant certains travaux semblent écarter cette hypothèse.

Troubles du développement gestuel et intégrité de la mémoire procédurale

Wilson et al. (2003) concluent à l'intégrité de la mémoire procédurale : « L'apprentissage procédural de séquences de mouvements simples (apprentissage implicite d'une tâche SRT au décours de cent essais) se révèle être intact chez les enfants TAC (…) Les circuits cortico-striataux, très impliqués dans les séquences de mouvements simples, semblent donc fonctionner normalement chez les enfants TAC ».

Rôle des fonctions cérébelleuses

O'Hare et Khalid (2002), à partir d'une étude incluant 23 enfants diagnostiqués TAC (score significativement pathologique au M-ABC) *et* présentant un retard de lecture associé à un trouble phonologique typique (*versus* 136 témoins au développement typique) concluent : « cette étude suggère que

tous les enfants avec TAC ont une dysfonction cérébelleuse » (déficit spécifique concernant le tonus, l'équilibre et les mouvements rapides).

D'autres travaux, cités précédemment, ont également montré l'implication du cervelet lors de certaines étapes de l'apprentissage moteur. Étant donné l'importance du cervelet dans l'*automatisation* des apprentissages procéduraux, beaucoup, cherchant le lien entre les divers troubles développementaux (Nicolson et Fawcett, 2006), suggèrent une relation entre difficultés d'apprentissage procédural et fonctions cérébelleuses.

Des troubles dans les traitements visuels

Tsai et Wu (2008) étudient les relations entre perception visuelle et habileté motrice chez 60 enfants diagnostiqués TAC et 60 contrôles appariés (sexe et âge), évalués avec le M-ABC, des épreuves d'équilibre, et le TVPS-R[73]. Ils constatent que les enfants TAC sont significativement moins performants que les contrôles dans toutes les épreuves, mais seules les épreuves de perception visuelle et d'habileté motrice *en temps contrôlé* sont significativement corrélées.

Les auteurs concluent que, chez ces enfants, la perception visuelle « pure » ou *motor-free* est significativement reliée aux performances motrices avec composante de vitesse.

Dysfonction pariétale

L'étude de Kashiwagi et al. (2009) utilise une tâche visuospatiale (suivi de déplacements d'une cible avec un joystick) chez 12 enfants TAC et 12 contrôles de 9 à 12 ans. Les activations de la partie postérieure pariétale gauche et du gyrus post-central gauche des enfants TAC sont significativement plus faibles que chez les contrôles.

Zwickers et al. (2010) étudient également en IRM-f 7 enfants TAC et 7 contrôles de 8–12 ans dans une épreuve de motricité fine (tracer un trait). Ils constatent des différences d'activation dans différentes régions cérébrales entre les deux groupes, les régions pariétales gauches et le gyrus paracentral gauche étant particulièrement concernés.

Ces travaux peuvent être considérés comme des études préliminaires, d'une part car ils concernent de très petits groupes et proposent des tâches différentes, d'autre part du fait de la grande hétérogénéité des enfants rassemblés sous les diagnostics de TAC ou dyspraxie, n'assurant pas une homogénéité suffisante des populations étudiées.

Synthèse

Les études et recherches en ce domaine sont encore trop peu nombreuses.

On retiendra particulièrement les importantes et récentes avancées sur la connaissance fine du lobe pariétal, de ses différentes régions (en particulier le sillon intrapariétal postérieur), de son implication dans divers réseaux associatifs (pariéto-frontaux, pariéto-hippocampiques…) participant à l'apprentissage gestuel, son automatisation, la mise en mémoire procédurale, la coordination des liens geste/espace.

Diagnostic

La population des enfants dyspraxiques est très hétérogène.

Des diagnostics « rapides » mais… erronés !

Il faudra donc se défendre de critères diagnostiques trop simplificateurs : diagnostic sur un seul élément tels la dissociation verbal/performance aux échelles de Wechsler, un score faible au M-ABC, une dysgraphie isolée… ce qui déboucherait sur :

- une inflation injustifiée de pseudo-diagnostics de dyspraxie, générant à court terme incompréhension des différents partenaires (enseignants, familles) et recul des pouvoirs publics (compte tenu des obligations liées à la loi du 11 février 2005) ;
- des propositions thérapeutiques réductrices et quasi stéréotypées (ex. : dyspraxie = ordinateur !) ;
- une difficulté à interpréter les travaux de recherche en cours, si les enfants « dyspraxiques » recrutés pour ces études n'étaient qu'un conglomérat de différents troubles (déficiences motrices, intellectuelles…).

[73] *Test of Visual-Perceptual Skills-Revised* (*non motor*), 4–13 ans : épreuves de discrimination visuelle, mémoire visuelle, relations visuospatiales, constance de forme, figure/fond, closure visuelle. La plupart de ces épreuves se retrouvent dans le DTVP-2, beaucoup plus utilisé en France.

Il est admis, sur le plan international, que pour affirmer le diagnostic de TAC et/ou dyspraxie, il faut faire la preuve :

- d'une symptomatologie répondant aux critères du DSM (critères partiellement redondants avec les deux suivants) ;
- et/ou :
  - de la préservation des capacités intellectuelles (QI > 85), ces dernières étant évaluées avec des tests verbaux et contrastant avec l'échec aux épreuves non verbales ;
  - d'un score significativement faible (– 1,5 ou – 2 DS de la norme) à un test d'habileté motrice, tel le M-ABC.

Les critères diagnostiques du DSM

Les critères diagnostiques du DSM s'appliquent uniquement au TAC, seule dénomination retenue dans cette classification américaine.

▪ Notons en particulier que le DSM exclut un état pathologique somatique connu telle une IMC, une hémiplégie ou une dystrophie musculaire. On voit mal en quoi une diplégie spastique ou une hémiplégie néonatale serait incompatible (ou jamais associée) avec une dyspraxie (ou une dyslexie, ou une dysphasie, ou…). Il s'agit probablement là de distinguer les dyspraxies *secondaires* à des lésions cérébrales précoces, périnatales (dys- « lésionnelles ») de celles dites « développementales » (aucun antécédent neurologique patent connu et aucune lésion *structurelle* décelable, même si des anomalies fonctionnelles sont actuellement en cours d'investigation), ces deux circonstances de survenue du dys- étant perçues comme radicalement différentes (?). Or la *symptomatologie dyspraxique est tout à fait comparable dans ces deux populations* (Barray et al., 2008). Leur point commun réside dans le fait que d'*emblée* l'enfant ne dispose pas des mêmes compétences, du même éventail cognitif que les enfants tout-venant pour se développer. Actuellement, il n'y a donc aucune raison valable (scientifique) de distinguer les dyspraxies en fonction de leur étiologie connue ou supposée.

▪ Le DSM précise qu'en cas de retard mental, les difficultés motrices doivent dépasser celles habituellement associées à celui-ci. On voit mal pourquoi le critère précédent (troubles neuromoteurs) ne bénéficierait pas du même type de réserve, à savoir : « en cas de trouble neuromoteur, les difficultés gestuelles dépassent celles habituellement associées à celui-ci » ? Par ailleurs, de très nombreuses déficiences intellectuelles ne s'accompagnent d'aucun trouble moteur…

▪ Enfin, on notera que, dans ce descriptif du TAC, il n'est question que de trouble, retard ou difficultés « motrices ». Aucune allusion n'est faite aux aspects cognitifs du trouble ni aux aspects visuospatiaux, pourtant toujours très prégnants et les plus délétères sur le plan scolaire.

Il est donc clair que ces critères, *s'ils ne sont pas assortis de tests bien choisis et étalonnés*, constituent plus un faisceau d'arguments orientant vers un TAC/dyspraxie qu'un diagnostic réel au sens habituel de ce terme en médecine.

Diagnostic d'élimination

L'élimination de troubles neuromoteurs identifiés, ou neuromusculaires, est évidemment la première condition pour évoquer une dyspraxie, du moins *si* l'affection neurologique *rend compte, à elle seule*, de l'ensemble de la symptomatologie.

Deux autres situations doivent être écartées (chapitre 1) : la déficience intellectuelle et les TSA. Là encore, de façon absolue *ou relative* : c'est-à-dire que, si une de ces pathologies est présente, elle ne peut suffire, *à elle seule*, à rendre compte des symptômes observés (nature et/ou intensité).

Éliminer la déficience : interpréter les échelles de Wechsler

Une dissociation verbal/performance au profit des épreuves verbales est certes très fréquente, mais elle n'est *pas* pathognomonique (fig. 3.12) :

- elle peut aussi traduire d'autres pathologies que la dyspraxie (fig. 3.12A) ;
- certaines associations de dys- peuvent éroder cette dissociation (fig. 3.12C), abaissant à la fois les scores des épreuves verbales et non verbales, conduisant alors *à tort* à un diagnostic de déficience intellectuelle ;

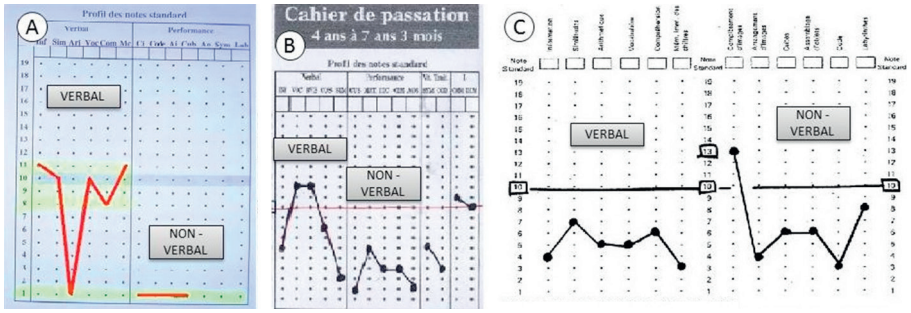


Fig. 3.12. Interpréter les échelles de Wechsler.
A. Kévin, 7 ; 3 ans, fin de CP [prématurité, strabisme, problème d'attention et de concentration, « aucune autonomie en classe, aucun acquis en lecture et en numération, agraphie »] n'est *pas* dyspraxique : il présente une agnosie visuelle.
B. Raphaël, 5 ans ½, malgré un QIV « moyenné » à 100, les NS des épreuves de facteur g se situent entre 2 et 5, le subtest Analyse catégorielle des EDEI-R est faible (AD : 4 ans). Raphaël présente des troubles du geste *au sein d'une déficience* intellectuelle.
C. Damien 10 ans ½, QIP et QIV faibles et grossièrement homogènes, n'est pas déficient intellectuel. Le subtest Complètement d'images (NS = 13) bien réussi doit faire suspecter une comorbidité dysphasie + dyspraxie.

- à l'inverse, certaines préservations apparentes du QI-V (ou ICV) peuvent cacher une déficience réelle (fig. 3.12B).

C'est donc bien, comme pour tous les dys- (chapitre 1), une analyse en trois points qui doit être menée à partir des échelles de Wechsler, dont les résultats doivent répondre *simultanément* aux conditions suivantes :

- préservation (absolue ou relative) des fonctions de raisonnement, classification, catégorisation, déduction logique (facteur g) avec du matériel verbal (ex. : Similitudes), ou non practospatial (ex. : analyse catégorielle, classifications des EDEI-R) ;
- préservation (absolue ou relative) des fonctions verbales, mnésiques, attentionnelles et exécutives (du moins dans le cas d'une dyspraxie isolée) ;
- échec à toutes ou certaines des épreuves qui sollicitent, ensemble ou séparément, les fonctions visuo-practo-spatiales (Arithmétique, Cubes, Matrices…) et/ou graphiques.

Diagnostic positif : les épreuves spécifiques[74]

Toutes les difficultés motrices, toutes les difficultés graphiques ne sont pas liées à une dyspraxie…

Affirmer le diagnostic de dyspraxie et préciser les *caractéristiques propres à chaque enfant*, suppose donc de disposer d'un panel de tests étalonnés pertinents renseignant sur les plans *quantificatif* (écart à la norme) *et qualitatif* (nature des échecs), explorant l'éventail des domaines concernés.

Le bilan doit obligatoirement explorer les aspects sensorimoteurs, neurovisuels et visuospatiaux, et gestuels (fig. 3.13).

Selon les cas, les épreuves sont proposées par certains médecins expérimentés en neuropsychologie infantile, par les neuropsychologues, les psychomotriciens et/ou les ergothérapeutes, voire les orthoptistes.

Capacités sensorimotrices

Les tests doivent permettre d'évaluer les capacités de l'enfant dans les domaines suivants : évolution psychomotrice générale (marche, passage d'obstacles, courses, sauts…), ajustements toniques (syncinésies, diadococinésies), équilibres (statique et dynamique), coordinations manuelles et générales, habiletés dans certaines activités courantes (graphisme…).

Le M-ABC (*Movement Assesment Battery for Children*) est très utilisé. Il comprend des épreuves motrices (équilibre, jeux de balles, épreuves de force et précision…) et un questionnaire aux parents qui permet d'évaluer le retentissement dans la vie quotidienne. D'autres évaluations sont également utilisées (ex. : échelles de Lincoln-Oseretsky).

[74] Ce sont les caractéristiques principales des épreuves, leur cahier des charges, qui sont ici exposés : certains tests seulement sont cités (fonction du choix personnel des auteurs), sans aucune volonté d'exhaustivité. Se reporter aussi à Mazeau M. *La conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant*. Paris : Elsevier Masson, 2008.

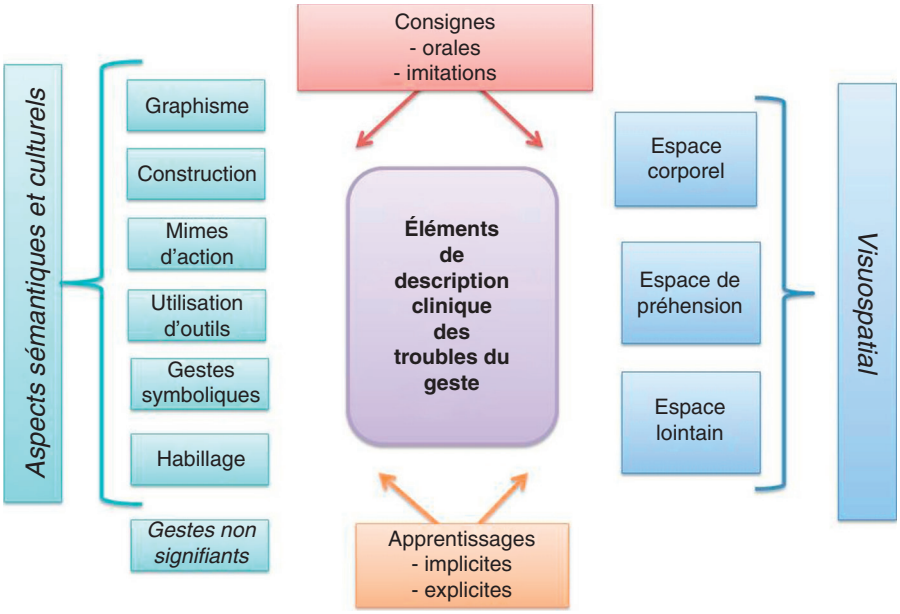


Fig. 3.13. Éléments de compréhension et de description des dyspraxies.

Compétences visuoconstructives (vidéo 08)

Ces épreuves ont en commun de requérir une organisation spatiale déterminée de différents éléments entre eux (« construction »). Elles sollicitent différentes compétences en fonction du matériel utilisé et du protocole de passation. Il est donc très intéressant de *confronter* les performances de l'enfant dans ces différentes tâches afin de mieux tenter d'isoler le ou les facteurs qui pénalisent l'enfant.

- Ainsi les Cubes des échelles de Wechsler, de la NEPSY, de la NEMI-2 sollicitent un éventail de compétences cognitives qui ne sont pas superposables.
- Les Cubes de Kohs ou les Bâtonnets (Albaret et Coudrec, 2003) proposent un modèle en format 3D qui doit être réalisé par l'enfant.
- Les tests dits « *Matrices* » sont des sortes de puzzles, de constructions mentales : il faut trouver la pièce manquante parmi d'autres (par translation et/ou rotation mentale) et l'orienter de façon appropriée pour reconstituer un tout ou une suite logique. On peut en rapprocher les *puzzles*, en particulier les puzzles géométriques de la NEPSY-II.

Une fois la cotation effectuée dans les exactes conditions prescrites par le protocole de passation, on aura aussi tout intérêt à tester ensuite différentes « aides » afin d'en observer les effets (ou non) sur la performance de l'enfant : aide verbale, réalisation séquentielle (pièce à pièce) de la construction, aide au repérage spatial (couleurs, verbalisation), octroi de temps supplémentaire, etc. Ces aspects qualitatifs compléteront très utilement les observations.

Fonctions neurovisuelles

La grande fréquence des troubles neurovisuels[75] au décours des troubles du développement du geste (Arents et al., 2012) doit faire explorer de façon systématique trois secteurs.

- *Les « gestes » du regard*[76] : l'examen évalue les gestes élémentaires telles la fixation (prise de

[75] On doit auparavant impérativement chiffrer l'acuité visuelle de loin *et de près* (fondamentale en ce qui concerne les apprentissages scolaires) et confirmer l'intégrité du champ visuel attentionnel.

[76] Cet examen (et seulement celui-là) est du domaine d'un *orthoptiste*, spécifiquement formé aux troubles neurologiques chez l'enfant.

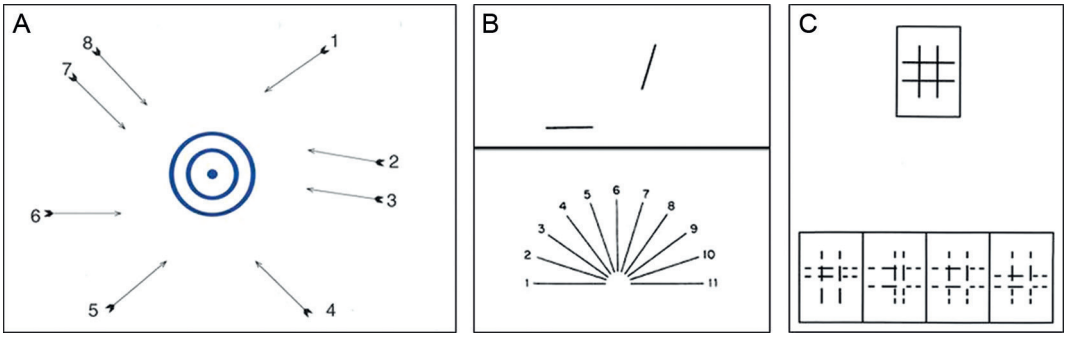


Fig. 3.14. Trois exemples d'épreuves explorant le domaine visuoperceptif.
A. Extrait de la NEPSY. B. Extrait du test de Benton. C. Extrait du DTVP2. *Source : Éditions du centre de psychologie appliquée (http://www.ecpa.fr/default.asp).*

fixation, précision, endurance), les poursuites (lentes et rapides, dans différentes directions de l'espace) et les saccades (latences de déclenchement, précision, organisation lors de l'exploration de matériels diversement présentés en vrac ou en lignes). L'orthoptiste évalue aussi la *fonction* du regard, à savoir l'exploration de l'environnement, d'un matériel sur table ou sur écran, en fonction de différentes variables : organisation spatiale du matériel, objets/dessin/lecture, délais impartis…

- Un échec à ces épreuves peut être interprété en termes de trouble des gestes élémentaires (oculomotricité) ou d'*organisation spatiale* du regard ou de *déficit visuo-attentionnel*. Là encore, c'est la confrontation avec d'autres épreuves qui, dans la plupart des cas, permettra de trancher.
- *Les fonctions visuo-attentionnelles* sont habituellement testées par des épreuves de détection d'un élément parmi d'autres visuellement proches et des épreuves de barrage (lesquelles ne peuvent donc pas être interprétées *isolément*).
- *Les gnosies visuelles* enfin sont explorées par des épreuves de constance de formes, d'extraction de formes au sein de traits enchevêtrés, de closure visuelle, de reconnaissance de dessins et d'images naturelles.

Traitements visuospatiaux

Les explorations, complémentaires des précédentes, cherchent à évaluer :

- l'*intégration des différents espaces* : schéma corporel (qui ne doit évidemment pas être évalué en sollicitant le dessin ou des puzzles mais oralement, ou en demandant à l'enfant de montrer sur lui et/ou sur autrui différentes parties du corps nommées par l'examinateur) ; l'orientation dans l'espace proche et lointain (parcours, trajets, positionnement de l'enfant par rapport à des repères tels des cerceaux, évitement d'obstacles) ; la capacité de navigation dans les grands espaces (production ou lecture de cartes) et ce, sous différentes modalités de présentation (orale, démonstration, dessin ou plan).
- les *performances visuomotrices* : tâches telles que le pointage, la précision visuomotrice (dessins/découpages dans des couloirs de taille et de complexité variables), les saisies, le suivi d'une cible sur écran (souris, joystick) ;
- les *capacités visuoperceptives* : perception des obliques, des relations spatiales entre objets (repérage, désignation, appariement, copies de figures orientées). Certaines épreuves (fig. 3.14) ni motrices, ni graphiques, ni constructives, ni mnésiques, telles les flèches de la NEPSY ou les lignes orientées de Benton sont particulièrement intéressantes. Des épreuves de bissection de lignes (Dellatolas et al., 1996) sont étalonnées chez les enfants.

(*NB*. Sans être exhaustif, le DTVP-2 propose un échantillonnage intéressant d'épreuves neurovisuelles, visuomotrices et visuoperceptives.)

Épreuves gestuelles

Les capacités gestuelles doivent être explorées dans différentes circonstances, à savoir :

- en fonction du type de gestes plus ou moins atteints ou préservés ;
- selon la modalité de passation de l'épreuve ;
- en fonction de leurs répercussions fonctionnelles.

En effet, bon nombre d'enfants ne ratent pas *tous* les gestes, mais seulement certaines catégories de gestes, où dans certaines circonstances qui sollicitent plus particulièrement tel ou tel secteur de la cognition motrice.

Selon le type de geste atteint

Selon les compétences plus ou moins sollicitées (gestion temporelle, ou spatiale, ou précision, ou vitesse…) certains gestes rencontrent plus ou moins l'éventail particulier des compétences/incompétences propres à l'enfant.

Il ne s'agit donc pas ici d'une « classification », mais d'une façon de regrouper les gestes afin de rendre visibles certaines dissociations chez certains enfants et certains tableaux cliniques fréquents.

- *Les gestes qui réclament essentiellement (ou d'abord) une planification*[77] temporelle de l'action sont appelés « idéatoires ». Un trouble prédominant à ce niveau se traduit par :
  - une altération des séquences de gestes à effectuer, de leur déroulement, avec des erreurs consistant en omissions ou erreurs dans l'ordre des séquences (ex. : plier une feuille et la mettre dans l'enveloppe) ;
  - ou lors de la manipulation des objets, des outils : prise inappropriée, erreur d'orientation de l'outil.
- *Les gestes qui sollicitent particulièrement les fonctions spatiales* sont dits « constructifs ». Ainsi, la dyspraxie constructive (ou trouble visuoconstructif) n'est paradoxalement pas vraiment un trouble du geste en soi, mais plutôt un trouble de l'organisation de différents éléments entre eux : la composante spatiale y est au premier plan. On l'explore par la réalisation de dessins plus ou moins complexes (figure de Rey) et de constructions (cubes, bâtonnets, puzzles).
- *Les mimes d'actions* (*faire semblant* de boire un verre, ouvrir une porte avec une clé…) et les gestes dits symboliques (ex. : « au revoir », « chut », « viens ») permettent d'explorer la représentation de l'action en l'absence de modèle, et la capacité à convoquer ces représentations à la demande. Le mime n'active pas les mêmes voies que le même geste réellement effectué (car la *vision* de l'objet active *automatiquement* les gestes liés à l'utilisation de l'objet). En cas d'échec, on parle de dyspraxie idéomotrice.

Dans tous les cas, il est très important de confronter les résultats obtenus en effectuation des gestes et ceux obtenus en reconnaissance (désignation, en choix multiple, de la photo du geste correct (Gaillard, 2006). Lorsque cette reconnaissance est réussie, il est alors clair que l'aspect sémantique (conceptuel) du geste est accessible, alors que sa programmation et/ou sa production ne l'est pas.

L'enfant sait donc *ce qu*'il faut faire, mais il ne sait pas *comment* le faire. L'association de troubles constructifs et d'une conservation de la sémantique du geste caractérise la dyspraxie visuospatiale, la plus fréquente des dyspraxies.

- *L'habillage* requiert l'apprentissage de séries de gestes très complexes nécessitant particulièrement de coordonner les gestes, l'espace du corps et l'orientation du vêtement (droite/gauche, devant/derrière, envers/endroit, haut/bas). La dyspraxie de l'habillage se manifeste par une difficulté à orienter et agencer les pièces d'habillement par rapport au corps propre.
- *L'imitation de gestes sans signification* réclame une bonne analyse du modèle (orientation des segments concernés, en général bras, main, doigts ; configuration de la main, orientation droite/gauche sur le corps propre). L'échec peut consister soit en une reproduction non reconnaissable, soit en des erreurs en miroir ou des erreurs d'orientation de tout ou partie des segments de membres concernés, soit en une réalisation « pièce à pièce » (le geste est réalisé en plusieurs séquences successives et non en une configuration globale), soit en des confusions de doigts (ex. : épreuves de Bergès, EMG)…

NB. La dyspraxie buccophonatoire altère la réalisation des gestes tels souffler, siffler, tirer la langue, etc. et la réalisation de la parole ; isolée ou associée diversement avec d'autres dyspraxies et/ou avec des troubles du langage, du fait de sa répercussion sur la parole, elle est traditionnellement décrite dans les chapitres dédiés au langage oral (chapitre 2).

[77] Il s'agit ici de la planification *dédiée au geste*, et non des fonctions exécutives dans leur ensemble.

Tableau 3.2. Quelques repères chronologiques concernant les aptitudes attendues en classe maternelle.[78]

3–4 ans Petite section de maternelle	4–5 ans Moyenne section de maternelle	6 ans Grande section de maternelle
– Va faire pipi seul, remet sa culotte et son pantalon – Se mouche – Bouche et débouche un feutre – Colle des gommettes – Utilise un tube de colle – Tourne les pages d'un cahier ou d'un livre	– Se lave et s'essuie les mains – Utilise des ciseaux pour une découpe rectiligne – Met son manteau, se boutonne, peut utiliser une fermeture éclair (avec une aide si le fermoir est fin)	– Se déshabille et s'habille seul, essuie ses lunettes, – Coupe des aliments tendres – Utilise la règle – Utilise les ciseaux pour une découpe complexe – Utilise une gomme – Utilise un taille-crayon

Selon la modalité d'évaluation

Les gestes peuvent être réalisés :

- sur ordre oral (ce qui suppose une connaissance et une représentation mentale préalable du geste) ;
- sur imitation ou à partir de modèles, dessins ou images (ce qui sollicite les voies d'analyse visuospatiales).

En fonction des répercussions fonctionnelles

Outre les différents types de gestes atteints ou préservés, il faudra préciser l'importance du *handicap* en fonction de l'âge, à savoir l'importance des répercussions dans la vie quotidienne (habillage, repas, toilette) et/ou dans la vie scolaire (utilisation des « outils » scolaires : classeurs, trousse, cartable, règle, gomme, ciseaux, compas) et sociale (sports, loisirs, conduite automobile).

Épreuves graphiques

Les épreuves de dessins et de copie de figures sont nombreuses et bien étalonnées. À noter cependant que seules celles de la NEPSY comportent un étalonnage *français*. Les tests dont l'étalonnage est strictement américain (VMI, DTVP-2) octroient aux enfants, pour les mêmes performances, des scores beaucoup plus optimistes (Barray et al., 2010).

Les exigences en graphisme : une affaire de culture

Ainsi, dans les pays anglo-saxons les exigences en matière de graphisme sont faibles comparées aux standards français, et ce tout au long de la scolarité. C'est aussi la raison pour laquelle, en présence d'une dysgraphie, les Anglo-Saxons suggèrent un usage nettement plus tardif que nous de l'ordinateur : le *handicap* scolaire généré par une dysgraphie est beaucoup plus précoce et beaucoup plus pénalisant en France.

Outre les dessins, l'écriture doit être systématiquement investiguée sous trois aspects (fig. 3.15) :

- 1. *Caractéristiques qualitatives* (et lisibilité) : taille, déformation des caractères (fig. 3.15A).
- 2. *Vitesse* d'écriture rapportée à l'âge et/ou au niveau scolaire.

Ces deux critères donnent lieu à de nombreuses épreuves. Par exemple : les lenteurs d'écriture (Alexandre, 2008), le BHK ou, pour les plus petits (avant 6 ans) « le petit cheval gambade » (Auzias, 1977). Cette épreuve montre que, normalement, la vitesse d'écriture double entre le début et la fin de la grande section de maternelle.

Cette donnée (la vitesse) est absolument fondamentale pour juger de la *fonctionnalité* du graphisme manuel en situation de classe.

- 3. *Automatisation* (partielle) de l'écriture (fig. 3.15B), à partir du CE1. Elle est explorée de façon indirecte par la capacité – ou non – à accélérer suffisamment son geste graphique (Bara et Gentaz, 2010, épreuve dite « le doux parfum des

[78] Inspiré de : Barray V, Gadolet D, Guillot C. Un bilan d'autonomie scolaire. In : Izard MH, Nespoulous (eds). Expériences en ergothérapie. Montpellier : Sauramps médical ; 1999. p. 12, 52–57. et de : Galbiati C et al. L'évaluation de l'écriture et des praxies. 2004. (www.psychomot.ups-tlse.fr)

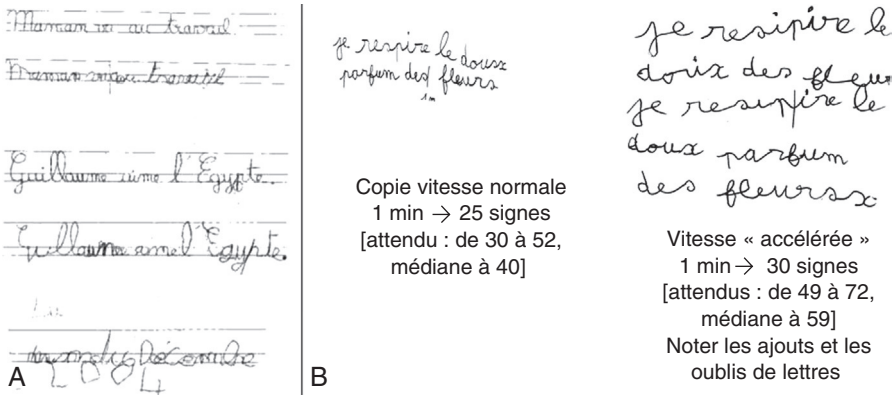


Fig. 3.15.
A. Gary, 7 ans ½ : dégradation de la lisibilité au fil du temps, fatigue+++ (ici, 5 min).
B. Paul, 7 ans ½ : écriture lente sans *possibilité d'accélération* (environ 20 d'écart lettres est attendu à cet âge entre les vitesses normale et accélérée).

fleurs », étalonnage *in* de Ajuriaguerra et al., 1964). Cela permettra d'évaluer :
- d'une part si l'enfant écrit ou non en permanence à sa vitesse maximale ;
- d'autre part, le degré d'automatisation du geste graphique en fonction de l'âge et des exigences du niveau scolaire.

Cas clinique : Zoé, une si belle écriture (fig. 3.16)

Les épreuves graphiques n'ont pas été cotées à l'époque mais pourtant jugées « satisfaisantes » (?) (étalonnage ultérieur et épreuve et complémentaire dans les ellipses en pointillé). De ce fait, aucune mesure particulière n'a été proposée. Or l'étalonnage fait apparaître en réalité un déficit notable en vitesse d'écriture. Zoé redoublera sa 6e en raison d'un *échec global* (*cf.* fig. 3.22) ainsi commenté : « peu appliquée, manque de travail et de motivation », ce qui compromet gravement son avenir (retard cumulé de 2 années scolaires).

Démarche diagnostique

Repérage

Le recueil des plaintes à l'école (symptômes), dans la vie quotidienne (famille) et sociale (sports, loisirs) met en évidence des difficultés dans le domaine des activités journalières (s'habiller, éplucher une mandarine, se verser à boire, se laver), des activités sportives et manuelles, de la scolarité (graphisme, lenteur), *contrastant* avec de bonnes capacités langagières et relationnelles. Ces symptômes peuvent se manifester dans deux contextes différents :
- lorsque le trouble s'inscrit dans un *retard psychomoteur*, ce dernier est connu car il a généralement donné lieu à des consultations précoces. En effet, le calendrier des premières acquisitions étant relativement contraint, tout décalage notable sera (sauf cas particulier) rapidement repéré et exploré ;
- au contraire, lorsque le premier développement moteur est sans particularité et n'a soulevé aucune inquiétude, le repérage des troubles est beaucoup plus tardif, souvent secondaire à l'*entrée à l'école maternelle*, moment où l'enfant se trouve confronté pour la première fois à des exigences normées auxquelles il ne peut satisfaire. C'est la pérennisation (sur 4, 6 ou 8 mois) du « retard » constaté qui doit alerter. L'enfant ne progresse pas au même rythme que ses pairs, voire ne progresse pas du tout (fig. 3.17) et cela spécifiquement dans *ce* secteur des apprentissages.

Le cursus scolaire et l'analyse des cahiers de l'enfant, les observations de l'enseignant (fig. 3.18) et les bulletins scolaires font partie intégrante des premières investigations. Le diagnostic est alors évoqué entre 4 et 6–7 ans, selon l'intensité des troubles et la tolérance de l'entourage (scolaire, familial).

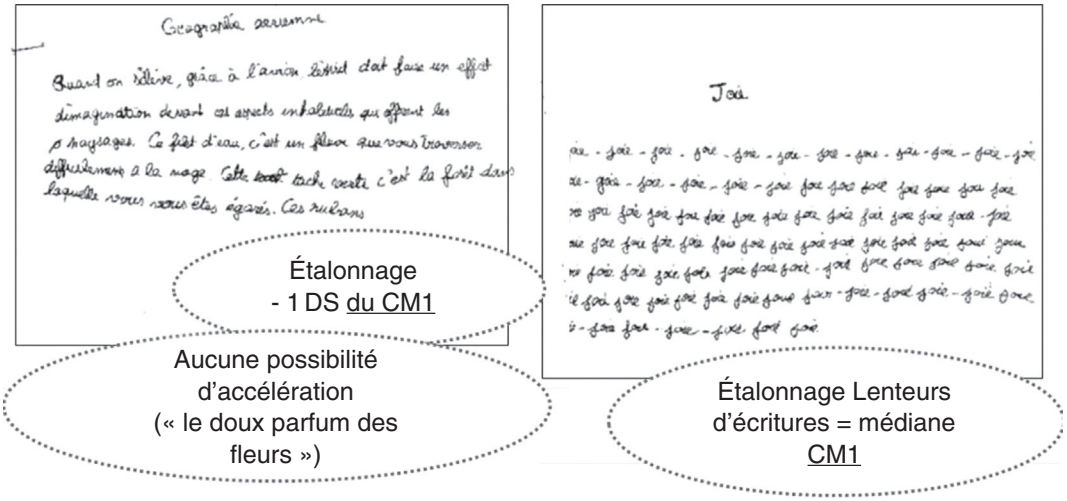


Fig. 3.16. Deux épreuves de graphisme sont proposées à Zoé, fin de CM2. Similitudes NS = 12 ; Cubes NS = 4.
La qualité du graphisme masque la lenteur.

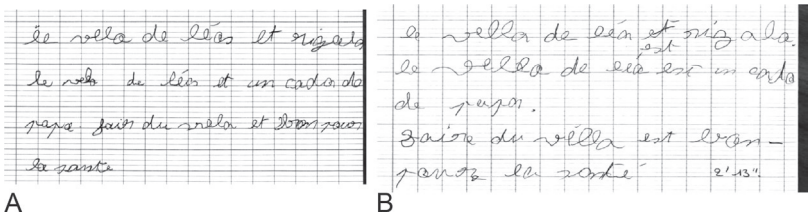


Fig. 3.17. Colin – Dyspraxie visuospatiale. Similitudes, NS = 17 ; Identification de concepts, NS = 18 ; Cubes, NS = 6.
Dictée à 9 ;2 ans (A) puis à 10 ;3 ans (B) : pérennisation des troubles à 13 mois d'intervalle.

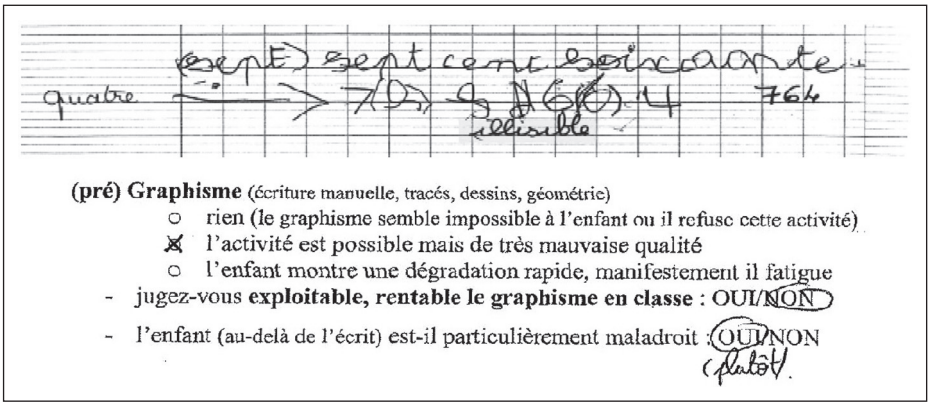


Fig. 3.18. Alice, 8;5 ans, CE2 – L'enfant est jugé illisible, et son graphisme « non rentable ».

Le bilan de 6 ans (au cours de la grande section de maternelle), obligatoire et pratiqué par les médecins scolaires, devrait également permettre de repérer ces enfants.

Dès ce moment, il faudra écarter un trouble neuromoteur (consultation en neuropédiatrie, bilan psychomoteur précis, étalonné et bien conduit).

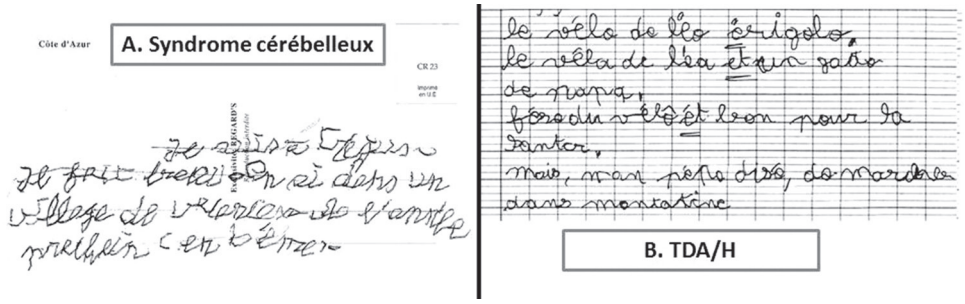


Fig. 3.19. Deux dysgraphies non dyspraxiques.
A. Armelle, 10 ans ½ : dysgraphie cérébelleuse, tremblement (carte postale).
B. Benoît 8 ; 2 ans TDA/H : dysgraphie dys-exécutive, écriture rapide (chapitre 5).

Le terme de « dysgraphie »

La dysgraphie est un *symptôme*, défini comme une atteinte de la qualité de l'écriture (alors que les structures conceptuelles, langagières et morphosyntaxiques de l'écrit sont préservées). Ce symptôme, seul ou associé, peut s'inscrire dans différentes pathologies : psychologiques, attentionnelles et exécutives, visuelles, motrices (fig. 3.19).

Diagnostic

Ces symptômes, qui justifient d'évoquer l'hypothèse d'une éventuelle dyspraxie, doivent conduire à la poursuite d'un bilan raisonné : passation des échelles de Wechsler et bilans spécifiques.

- *Les bilans paramédicaux* (ergothérapie/psychomotricité/orthoptie/orthophonie), indispensables, ne peuvent cependant jamais, *à eux seuls*, aboutir à un diagnostic fiable. Il n'est habituellement pas nécessaire ni justifié de faire passer à l'enfant l'ensemble des épreuves disponibles dans ces domaines. Les bilans seront prescrits en fonction des éléments déjà disponibles ou non (en particulier lorsqu'un bilan neuropsychologique a déjà été pratiqué) et des questions qui se posent : approfondir un diagnostic différentiel, évaluer la présence d'éventuels troubles associés, qualifier les particularités pathologiques propres à cet enfant-là, objectiver le retentissement fonctionnel, évaluer le handicap dans telle ou telle situation. Ils permettront alors de préciser, *chiffrer et qualifier* finement les troubles du geste, neurovisuels et des traitements spatiaux.
- *La synthèse* : faire le diagnostic nécessite de colliger l'ensemble des informations (familiales et scolaires) et des évaluations pratiquées, de les confronter les unes aux autres, éventuellement de déceler la présence de troubles associés. Seule cette synthèse permet de concevoir un projet thérapeutique réellement adapté à l'enfant, son âge, son histoire, sa pathologie, ses projets…

Une démarche longue et exigeante dont on ne peut s'affranchir

C'est une démarche *longue* (4 à 12 mois, en moyenne une année scolaire), mais rarement « urgente » ! Cependant, une fois le diagnostic posé, sauf circonstance particulière, ce travail diagnostique *n'a pas vocation à être renouvelé*. Surtout, c'est un travail obligatoirement *pluridisciplinaire* (*cf.* fig. 1.13 et fig.8.2). Il est souvent difficile et compliqué pour les divers professionnels de se coordonner, surtout en libéral. Cela est plus facile dans des structures dédiées (CAMSP, SESSD[79]) ou encore dans les « centres référents troubles des apprentissages », au sein du centre hospitalier universitaire de chaque région.

Cette difficulté à construire ces diagnostics pluridisciplinaires est probablement la (mauvaise) raison pour laquelle on voit beaucoup de diagnostics faits à partir d'évaluations plus ou moins incomplètes, certaines mêmes

[79] CAMSP : centre d'action médico-sociale précoce (0–6 ans) ; SESSAD ou SESSD : Service de soins dits « à domicile » en fait, les soins et rééducations sont dispensés sur les lieux de vie de l'enfant, le plus souvent à l'école.

réduites à un bilan psychomoteur (M-ABC, par exemple) ou ergothérapeutique, voire même orthoptique ! Malheureusement, cette impression de « faire vite » ou « à l'économie » engendre souvent à terme des retards diagnostiques dommageables et de graves errements thérapeutiques[80].

Il faut bien reconnaître qu'encore actuellement, sur le terrain, la situation reste très difficile, tant pour les familles (qui parlent toujours d'un véritable « parcours du combattant ») que pour les professionnels, du fait :

- de l'important déficit en médecins expérimentés dans le diagnostic et la prise en charge de ces troubles ;
- de délais inacceptables pour une première consultation dans le secteur public, surtout concernant de jeunes enfants ;
- de la difficulté (éthique et financière) à faire appel au secteur privé dont les interventions ne sont pas remboursées (ergothérapie, psychomotricité, psychologie, neuropsychologie) alors qu'elles sont (légitimement) onéreuses.

Hétérogénéité clinique des dyspraxies : divers essais de classification

L'hétérogénéité clinique est grande au sein de cette population avec TAC ou dyspraxie, et ce, à différents niveaux :

- *début* précoce (retard psychomoteur d'emblée) ou tardif (après 3 ans : problèmes révélés au décours de la scolarisation) ;
- discrétion ou importance (quelquefois même au tout premier plan) *des troubles des traitements spatiaux,* les plus délétères en ce qui concerne les apprentissages scolaires ;
- *intensité* variable des répercussions fonctionnelles (fonction de l'histoire de chacun, des capacités de compensation ou au contraire d'éventuels troubles associés) ;
- *différences qualitatives* dans la nature des difficultés gestuelles et spatiales, probable reflet d'atteintes (d'anomalies) à des niveaux différents dans les multiples réseaux qui sous-tendent le geste et sa régulation.

Aussi les cliniciens ont-ils essayé de constituer des sous-groupes d'enfants plus « homogènes » sur tel ou tel critère. Sont nées ainsi plusieurs classifications qui reflètent les conceptions de leurs auteurs. Nous ne citons ici, par ordre chronologique, que les plus utilisées des cliniciens.

Classification de Gérard (1991, 2001)

Les auteurs, parmi 51 enfants de 3;10 ans à 15 ans diagnostiqués TAC sur les critères du DSM-III, identifient trois types de tableaux : le « type I » associe troubles praxiques et troubles d'expression verbale (36 % de cette population) ; le « type II » est constitué d'enfants qui présentent des troubles des praxies constructives, des troubles spatiaux et une dysgraphie, le tout associé à des difficultés dans les actes de la vie quotidienne (habillage, repas) alors que la marche ou les acquisitions posturales sont intactes (36 % également) ; enfin le « type III » comporte des troubles associés de la lignée attentionnelle avec impulsivité (23 %).

Gérard (2011) reprend cette classification pensée comme support à des préconisations thérapeutiques différenciées : les dyspraxies de type I, concernant le développement du geste, ressortiraient surtout de stratégies substitutives, compensatoires (aides techniques…) ; celles du type II (les plus fréquentes), affectant le développement de la pensée spatiale, justifieraient de stratégies cognitives de type « résolution de problèmes », autoguidage verbal ; enfin celles du type III, qui touchent la régulation exécutive de l'action, nécessiteraient un travail portant sur la prise d'information visuelle et, simultanément sur l'impulsivité.

Classification de Dewey et Kaplan (1994)

Cette classification repose sur la distinction de deux grands types de dyspraxies reliés l'un au système de conception, l'autre au système de production des gestes.

[80] Les dyspraxies, troubles visuospatiaux et neurovisuels sont en effet encore beaucoup moins bien connus que les troubles du langage (dysphasies, dyslexies).

Le trouble du système conceptuel se manifeste par des déficits ou des anomalies concernant les connaissances des fonctions des objets et/ou outils, celles des actions dans lesquelles les outils peuvent être incorporés, celles relatives à la sériation d'action simples en une séquence. Il peut être testé cliniquement en évaluant la reconnaissance de l'outil (objet) et du geste adéquat (sur dessin ou vidéo), sa description verbale, la description verbale de son utilisation ou son imitation.

Le trouble du système de production est un problème de réalisation (d'effectuation) des gestes et se manifeste par des anomalies dans la génération et la coordination des mouvements, l'équilibre et le contrôle automatisé des gestes usuels. Ce versant est évoqué cliniquement lorsque le sujet est conscient de son échec, qu'il reconnaît les bons schèmes, peut les verbaliser sans pouvoir les réaliser.

Classification de Vaivre-Douret (2011)

L'étude inclut 43 enfants diagnostiqués TAC (critères du DSM-IV, âge moyen 8;3 ans). Les auteurs identifient trois sous-groupes :

- les uns présentent une *dyspraxie idéomotrice*, qui s'accompagne d'un déficit aux épreuves neurovisuelles (oculomotricité, gnosies visuelles), de troubles des gnosopraxies digitales, du contrôle postural et de l'intégration spatiale du corps ;
- d'autres sont caractérisés par une *dyspraxie visuoconstructive*, avec troubles de l'intégration visuomotrice, de la structuration visuospatiale et visuoconstructive. Sur le plan visuel, on note un déficit des poursuites visuelles verticales mais sans trouble visuel perceptif significatif ;
- enfin un troisième groupe, dit *mixte*, présente une association de symptômes des deux premiers ; dans ce groupe, on note aussi de nombreux *troubles « moteurs »* tels une adiadococinésie, une faible dextérité manuelle, un déficit en coordination bimanuelle et dynamique globale.

Au total

Ces classifications reflètent des conjonctions de signes cliniques regroupés en fonction de critères propres à chaque auteur.

C'est pourquoi, dans l'état actuel de nos connaissances, il est indispensable, au-delà du diagnostic de dyspraxie, de *décrire précisément quelle mosaïque de troubles* (moteurs, neurovisuels, spatiaux, exécutifs…) présente chaque enfant (*cf.* fig. 3.13).

On pourra alors construire un projet qui, tout en respectant certains principes généraux, sera conçu « sur mesure », au cas par cas, pour répondre à la problématique de cet enfant-là.

Conséquences, personnelles et scolaires : le handicap

Les répercussions de ces troubles gestuels et spatiaux (practospatiaux) sont extensives. En effet, les journées sont continûment emplies de gestes et d'actions, que ce soit à la maison, en société ou à l'école. En outre, de nombreux apprentissages scolaires dépendent des compétences practospatiales. Banalisés ou mal évalués, certains aspects du handicap peuvent compromettre l'autonomie de vie quotidienne, la socialisation, la scolarité et l'orientation professionnelle, et finalement infiltrer l'entièreté de la vie.

Répercussions scolaires et professionnelles

Nous présentons ici les trois grands types de troubles d'apprentissages que provoque la dyspraxie en fonction de leur fréquence : dysgraphie (constante), dyscalculie spatiale (dépendante des troubles visuospatiaux) et dyslexie visuelle (fonction des troubles du regard).

Dysgraphie dyspraxique (vidéo 09)

Qualifier la dysgraphie de « dyspraxique » suppose donc d'identifier des caractéristiques spécifiques de cette dysgraphie et de la replacer dans un contexte qui lui donne sens (*cf.* tableau 5.2).

La dysgraphie dyspraxique présente des caractères spécifiques :

- la *lenteur* est constante ;
- de même que le *défaut d'automatisation* (se traduisant par une incapacité, totale ou relative, à accélérer) ;
- sur le plan qualitatif, les lettres sont grossies, irrégulières (fig. 3.20) et de *réalisation fluctuante* (fig. 3.21) ;
- enfin, cette dysgraphie n'est *pas isolée* : elle s'inscrit dans un contexte général de lenteur et maladresse gestuelle, de troubles spatiaux et de gêne aux activités de la vie quotidienne (compte tenu de l'âge, du niveau intellectuel et scolaire de l'enfant).

La dysgraphie est à l'origine d'un handicap scolaire sévère lié à :

- une *lisibilité* difficile voire impossible ou fluctuante (de la part du destinataire des écrits mais aussi souvent pour le jeune lui-même), ce qui,

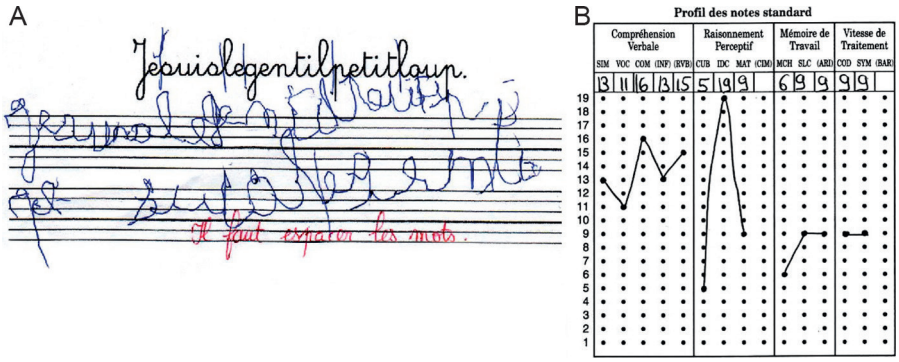


Fig. 3.20. Lionel, 6 ans en CP – Dysgraphie dyspraxique.
A. Difficultés majeures en copie.
B. Noter à l'indice de raisonnement perceptif la dissociation entre IDC, NS = 19 *versus* Cubes NS = 5 et Matrices NS = 9.

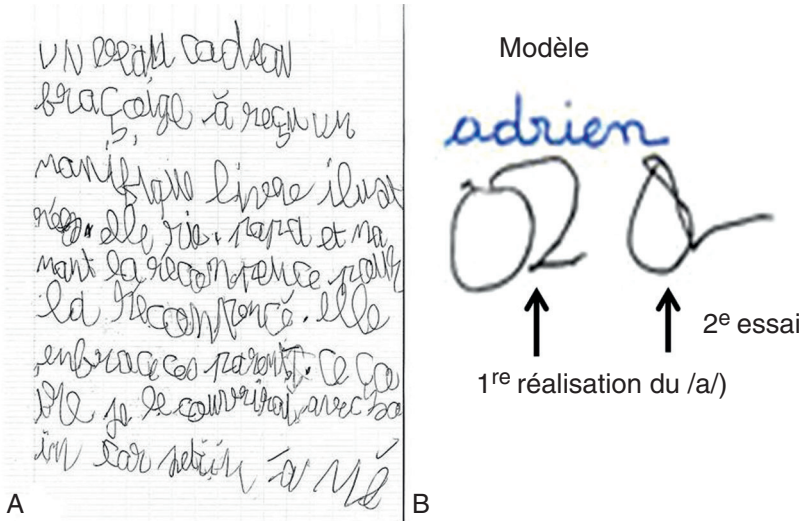


Fig. 3.21. Dyspraxie visuospatiale, dysgraphie.
A. Lettres cabossées : Jean, 9;5 ans, CM2, Similitudes, NS = 11 ; Cubes, NS = 6.
B. Deux essais de /a/ à quelques secondes d'intervalle : Adrien, 7;6 ans, CP, Similitudes, NS = 11.

ajouté à un aspect sale et brouillon peut rendre inutilisables les écrits produits (en particulier dans leur fonction de « mémoire externe », servant à réviser et apprendre, et dans les aspects liés aux contrôles des connaissances qui en sont très négativement affectés, fig. 3.20, 3.21 et 3.23) ;

- la lenteur de production qui met l'enfant en situation *permanente* de décalage (par rapport aux explications de l'enseignant, par rapport à l'activité en cours et à ses pairs) ;
- la situation quasi permanente de *double tâche* (fig. 3.16 et 3.22) : le jeune ne porte plus son attention que (ou essentiellement) sur la forme de surface de l'écriture, limitant ainsi de fait la possibilité de traiter *simultanément* les aspects intellectuels de la tâche (orthographe, compréhension, mémorisation, établissement de liens sémantiques ou logiques, planification de texte…). C'est là le véritable handicap masqué, méconnu ou largement sous-estimé, à l'origine d'un déficit cumulatif d'apprentissage qui diffuse peu à peu dans tous les secteurs de la scolarité.

Certes le trouble graphique doit être pris en compte et peut éventuellement faire l'objet d'un projet d'amélioration, mais ce projet de *rééducation* ne doit en aucun cas résumer le projet thérapeutique en ce domaine (fig. 3.23).

En effet, il est essentiel de *préserver le cursus scolaire* du jeune, c'est-à-dire de limiter les situations de double tâche, et ce tout au long de la scolarité.

Dyscalculie secondaire (dyscalculie spatiale) (vidéo 10)

Une dyspraxie s'accompagne de *troubles des traitements spatiaux* (visuoperceptifs, visuomoteurs et visuoconstructifs). Or, différents aspects de la numération et du calcul (chapitre 7) intègrent des aspects spatiaux que ces jeunes ne peuvent pas parfaitement traiter. Ils présentent donc une dyscalculie-symptôme, dite aussi dyscalculie spatiale (Mazeau, 1995), *secondaire* à leurs difficultés spatiales, dont les manifestations sont dépendantes de la nature et de l'intensité des troubles de chaque jeune. « L'impact d'un déficit des habiletés visuospatiales (ou visuoconstructives)… serait essentiellement périphérique, n'affectant pas le sens du nombre mais seulement le traitement des codes » (Fayol, 2012, p. 109).

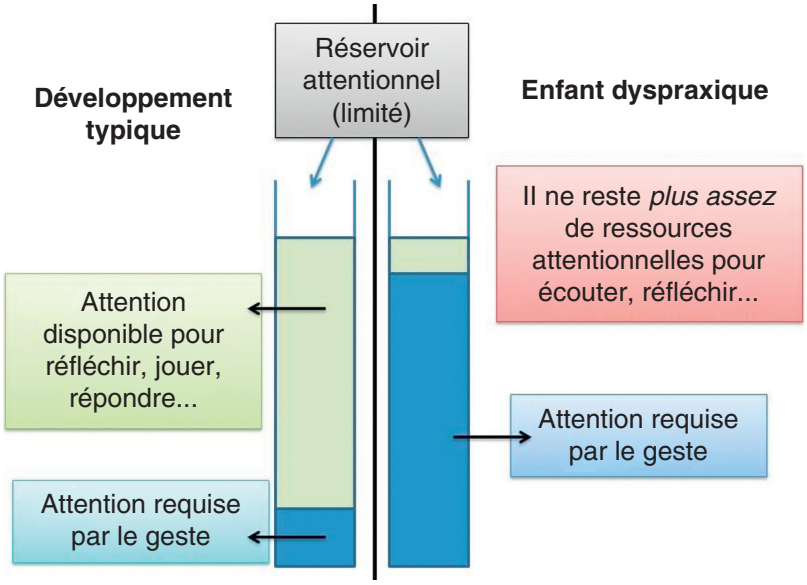


Fig. 3.22. La situation de double tâche : enfant inattentif ou situation de double tâche ?

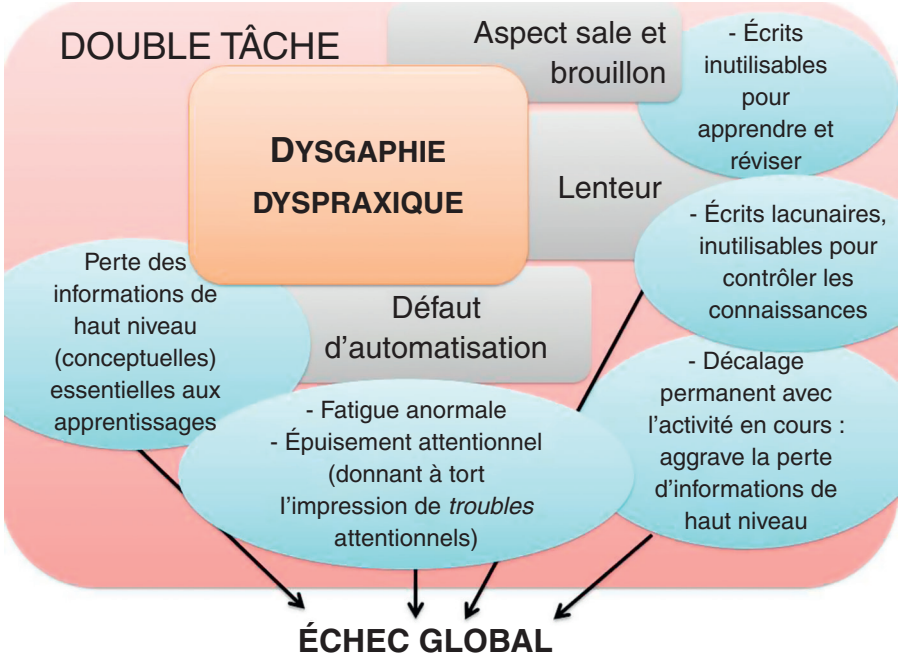


Fig. 3.23. Interactions négatives secondaires à la dysgraphie.

- *Les activités de comptage et dénombrement* (très sollicitées en fin de grande section de maternelle et en tout début de primaire) réclament de pouvoir explorer l'espace de façon fiable et régulière afin de pointer chaque élément de la collection *une fois et une seule* et *sans oubli*. Faute de quoi l'enfant effectue des doubles (ou triples) comptages assortis d'oublis. S'il effectue différents comptages pour une même collection, il trouve à chaque essai un résultat différent ! C'est pourquoi plus il compte, plus il détruit son intuition de l'invariance du nombre.
- *L'usage des doigts* (habituellement si utile pour établir une relation analogique entre le mot-nombre et la quantité, mais aussi pour soulager la mémoire de travail au cours d'un calcul), peut également se révéler non seulement inutile mais nocive chez l'enfant dyspraxique, en raison de ses difficultés pour dissocier les différents doigts de la main et pour reproduire les configurations conventionnelles.
- *La numération indo-arabe* est une numération de *position* qui réclame d'importantes compétences spatiales. En outre, les routines de pose et de résolution des opérations (trouver le « combien ça fait ? ») consistent en des algorithmes spatiaux plus ou moins complexes (fig. 3.24).

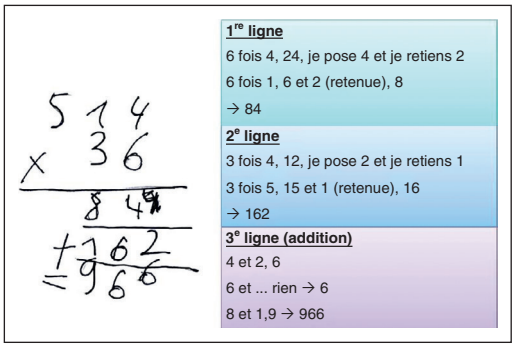


Fig. 3.24. Augustin, 11 ans, CM2 – Anomalies visuospatiales interférant avec la résolution d'opération.
Noter la bonne connaissance de la procédure de la multiplication et des tables de multiplication.

Les aspects non spatiaux du nombre (logiques, verbaux, conceptuels et sémantiques) sont préservés (au

moins initialement), mais les troubles spatiaux perturbent l'indispensable coordination entre l'ensemble des facettes du nombre (quantités analogiques et sens du nombre, aspects verbaux et visuospatiaux).

Dyslexie « visuelle » (vidéo 11)

Certains jeunes dyspraxiques présentent un trouble neurovisuel qui perturbe la prise d'informations lors de la lecture (mais aussi lors de l'exploration du clavier de l'ordinateur, de la suite des chiffres dans un nombre). L'incapacité à calibrer et organiser précisément les saccades au cours de la lecture (chapitre 6) se traduit par :

- des sauts de lettres, de mots, de lignes en copie, en lecture (fig. 3.25) ;
- une grande lenteur et une fatigabilité anormale au bout de la lecture de quelques lignes ;

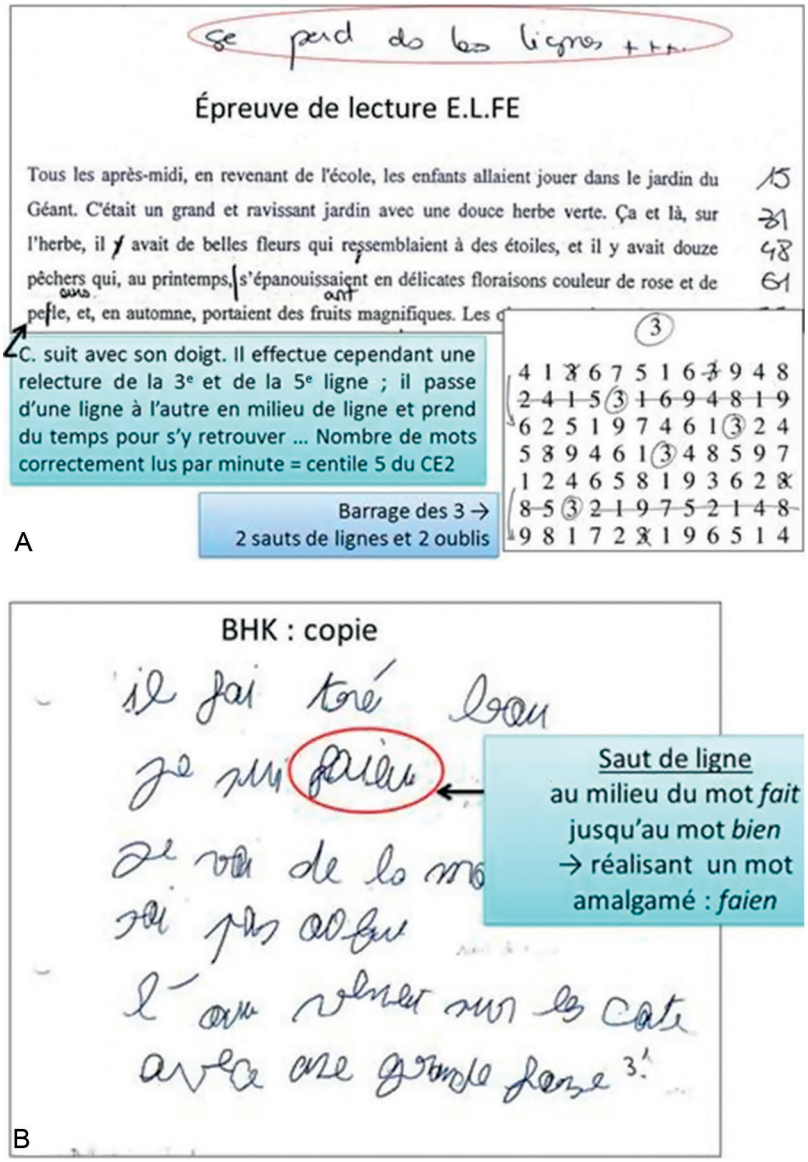


Fig. 3.25. Dyspraxie visuospatiale : deux exemples de difficultés visuelles.
A. En lecture : Basile, 9 ; 2 ans, CM1, Similitudes, NS = 11 ; Cubes, NS = 6.
ELFE : évaluation de la lecture en fluence (www.cognisciences.com).
B. En copie : Colin, 8 ; 3 ans, CE2, Similitudes, NS = 17 ; Cubes, NS = 6.

- une incapacité à retrouver un élément dans un texte, dans une page (sur un mur…);
- une impossibilité à accéder à la lecture par adressage et donc, à construire un lexique orthographique (dysorthographie, respectant la phonologie [chapitre 6, fig. 6.16 et 6.17]).

Les difficultés visuelles se manifestent par une lecture laborieuse, non fluide, avec des troubles de compréhension (lenteur, sauts de mots, de lignes). Ce déficit en lecture – eu égard à l'âge de l'enfant, son niveau intellectuel et son niveau scolaire – définit une dyslexie-symptôme, *secondaire* aux troubles neurovisuels, dite dyslexie « visuelle ».

Le diagnostic différentiel d'avec les dyslexies phonologiques classiques résulte de la constatation de la préservation des capacités phonologiques et métaphonologiques de l'enfant, alors que le bilan orthoptique et neurovisuel montre au contraire des anomalies significatives.

Le diagnostic différentiel d'avec des troubles attentionnels est plus délicat à établir. Cependant, le contexte dans lequel se dévoile cette dyslexie (dysgraphie dyspraxique, troubles spatiaux, gêne dans les gestes de la vie quotidienne) doit alerter et inciter le clinicien à ne pas se contenter d'épreuves attentionnelles visuospatiales, dont nous avons vu qu'elles ne sont pas discriminantes dans ce contexte. La réussite à des épreuves d'attention *auditive* et auditivo-verbale permettra d'écarter un trouble attentionnel global et de relier les difficultés constatées chez le jeune aux troubles visuospatiaux inhérents à sa dyspraxie.

Autres apprentissages académiques

Les activités manuelles, les travaux pratiques, les diverses manipulations conçues pour faciliter certains apprentissages (en sciences, en calcul, en géométrie…) mettent au contraire ces enfants en difficulté et ne leur permettent pas d'en tirer les enseignements pour lesquels elles ont été conçues. De même, l'analyse et/ou la production de schémas, graphiques, plans, cartes plus ou moins complexes et surchargés les mettent inutilement en difficulté puisqu'ils n'en apprendront rien.

C'est la raison pour laquelle des stratégies *autres* doivent leur être proposées (aménagements de présentation ou adaptations verbales telle la description textuelle des schémas ou plans), afin de leur permettre (au moins en grande partie) l'accès aux concepts prévus dans les programmes d'enseignement, grâce à des méthodes qui contournent, pallient ou évitent leur handicap (méthodes reconnues et acceptées lors des examens officiels).

Enfin, il ne faut pas négliger une répercussion souvent négligée, en lien avec les troubles spatiaux et qui contamine un domaine pourtant réputé préservé chez ces jeunes, à savoir la conception de textes (rédactions, commentaires de textes, dissertations). La nécessité de produire des textes longs, argumentés et construits les confronte à la nécessité d'un *plan*. Outre son aspect séquentiel, cet exercice nécessite aussi une *mise en forme très spatialisée* de la pensée, matérialisée par la constitution de paragraphes, retours à la ligne, etc. Une attention particulière (voire préventive) à ces difficultés dès la fin du primaire, permettra la mise en place d'aides efficaces (Mazeau et Le Lostec, 2010, p. 55–8).

Répercussions dans la vie quotidienne et personnelle

Les pathologies praxiques s'expriment aussi dans « la vraie vie » comme le disent les enfants, c'est-à-dire, en dehors du champ des apprentissages scolaires.

Activités journalières

Se laver, se coiffer, s'habiller, manger (couper sa viande, ouvrir un yaourt, se servir à boire) sont des gestes qui, appris progressivement dans l'enfance sous l'influence du milieu familial et social, vont permettre de s'inscrire dans sa communauté (en partageant des habitudes communes) et d'acquérir une indépendance personnelle.

Tous ou certains de ces gestes peuvent être difficiles, voire impossibles. Le handicap, en ce domaine, est d'autant plus important que l'enfant

grandit. Il se trouve alors en difficulté personnelle (dépendance persistante vis-à-vis des adultes) et sociale (regard des pairs).

Ces activités journalières concernent certes la sphère intime et la vie personnelle au domicile, mais aussi à l'école (cantine, récréations, passages aux toilettes, etc.). Certains de ces gestes s'effectuant sous le regard des camarades, le jeune peut alors être confronté à des vexations répétées qui aggraveront sa mésestime de soi.

Il faut donc non seulement évaluer les activités possibles ou non (en fonction de l'âge de l'enfant), mais surtout les *conditions* (les situations) qui rendent leur réalisation plus ou moins efficace : rapidité (ex. : déshabillage/habillage lors d'activités sportives ou de piscine), situation de double tâche (ex. : ouvrir son cartable, manipuler son classeur *et* écouter les premières consignes), situation socialement dévalorisante (ex. : se moucher, se coiffer : image de soi non maîtrisée, non conforme à ses souhaits) ou potentiellement humiliante (hygiène insuffisante ou défaut de rhabillage après le passage aux toilettes…).

Donc, plutôt que de chercher à rééduquer chaque geste (ce qui est irréaliste et sera de toute façon impossible à adapter efficacement au fil des circonstances variées de réalisation), il conviendra de viser la *réduction du handicap* (aménagement des situations, mise en place de palliatifs).

Loisirs et vie sociale

Les activités de loisirs sont fréquemment choisies parmi les activités sportives, particulièrement valorisées à la fois pour des raisons de santé (message des pouvoirs publics) et identitaires, en particulier chez les jeunes garçons, y compris lors des récréations (jeux de ballon, football)[81]. Par ailleurs, beaucoup d'adultes (parents, enseignants, professionnels du soin) imaginent qu'en proposant ce type d'activité, on va favoriser l'entraînement moteur, donc la coordination et l'efficacité corporelle et gestuelle, dans un contexte ludique et motivant : « allier l'utile à l'agréable ».

Malheureusement, ces jeunes ne sont pas en déficit d'*entraînement* gestuel (ils ont bénéficié des mêmes stimulations que les autres, souvent même d'un entraînement renforcé depuis toujours), ils sont handicapés par un trouble neurodéveloppemental. Très rapidement, après la période de découverte de l'activité, ils se révéleront incapables de réaliser des progrès *au même rythme* que leurs camarades (*cf.* fig. 8.10) et seront encore une fois en décalage négatif, souvent rejetés des équipes lors des jeux collectifs, voire moqués pour leurs piètres performances.

Ces restrictions dans les activités physiques et sportives compromettent leur intégration dans les groupes de pairs, les opportunités de confrontation positive avec leurs camarades et, *in fine*, leur construction sur le plan identitaire, leur possibilité de se projeter positivement dans l'avenir. Car, contrairement aux jeunes dysphasiques ou dyslexiques, les jeunes avec une dyspraxie sont en situation difficile non seulement en classe mais aussi en récréation, à la maison, lors des activités de loisirs et de vacances.

Or, *loisir* suppose normalement plaisir, un minimum de résultat positif pour éprouver une réelle satisfaction. Il faudra donc savoir proposer des loisirs « non praxiques », individuels ou en groupe (chorales, concerts, films, photos et vidéos, astronomie, visites de musées, de châteaux, de zoos, théâtre…). Il s'agit *d'éviter un sur-handicap* psychologique qui s'installe progressivement et dont les conséquences pour l'avenir du jeune sont potentiellement lourdes (mésestime de soi, dépression, isolement…) et difficiles à traiter une fois constituées.

Grands axes thérapeutiques

L'esprit du projet thérapeutique (Mazeau et Le Lostec, 2010) a déjà été ébauché au fil de la description des différents handicaps qui peuvent altérer les apprentissages et la qualité de vie de l'enfant dyspraxique. Il s'agit de :

- lutter contre les sur-handicaps masqués (double tâche, mésestime de soi) ;
- de favoriser la réussite scolaire (surtout chez les jeunes qui ont de bonnes capacités de raisonnement verbal et de mémorisation), gage

[81] Notons cependant que tous les jeunes dyspraxiques ne sont pas en difficulté dans tous les sports. Paradoxalement, certains se débrouillent très convenablement dans certaines activités ; ceci est donc à évaluer au cas par cas, sans *a priori*.

ultérieur d'une orientation professionnelle gratifiante ;
- simultanément ou ultérieurement, de rééduquer *certains* gestes précis, après hiérarchisation des objectifs.

Rééducations

Plusieurs méthodes ont été proposées à partir des années soixante-dix, essentiellement centrées sur les processus pathologiques considérés alors comme sous-jacents aux symptômes. Plus récemment, des méthodes dites « cognitives » ont été proposées. L'objectif général est de rendre l'enfant moins « maladroit », avec des gestes plus précis, plus fluides ou plus efficaces dans la vie quotidienne ou dans des activités physiques ou sportives : aucune de ces méthodes ne cible spécifiquement le handicap scolaire (hormis la dysgraphie).

Comme pour l'ensemble des actions rééducatives, il est assez difficile d'avoir une idée précise de l'efficacité de telle ou telle méthode. En effet, peu de protocoles rigoureux ont été réellement expérimentés et évalués avec un « niveau de preuve » probant, du fait de difficultés à établir des diagnostics, à penser et respecter des protocoles rééducatifs, à prouver scientifiquement qu'il y a une évolution positive, puis à l'attribuer de façon certaine au protocole mis en place. Cependant, une revue récente de la littérature (Polatajko et Cantin, 2005) a répertorié un certain nombre d'études en fonction de leur fiabilité et de leur niveau de preuve. Il en ressort des indications, certes encore incomplètes et discutables, mais qu'on ne saurait ignorer.

Des méthodes peu concluantes

▪ *Les méthodes « classiques »* (ou traditionnelles, datant des années 1970) visent à entraîner (restaurer ?) les fonctions sensorielles (kinesthésiques, vestibulaires, proprioceptives…) et/ou motrices (coordinations, équilibres, tonus, coordination œil-main…) et/ou spatiales (parcours, prises, schéma corporel…) et/ou graphique (graphomotricité). Utilisées avec une grande fréquence (psychomotriciens essentiellement, ergothérapeutes) et un recul d'une quarantaine d'années, elles n'ont pourtant à leur actif *aucun* résultat convaincant (Polatajko et Cantin, 2005). Dans ce groupe citons la méthode Ayres ou Intégration sensorielle (IS), la méthode sensorimotrice de Marianne Frostig et l'approche dite « globale » (jeux physiques divers, sauts, jeux de balles, cerceaux, trajets, etc.).

▪ *Les différentes méthodes de rééducation du graphisme* ne font pas non plus la preuve de leur efficacité, qu'il s'agisse des plus anciennes (« Le bon départ », Masse, 1966) ou de la méthode Jeannot (1973) adaptée dans les années 2000 par le service d'ergothérapie de l'hôpital du Kremlin-Bicêtre en y adjoignant des consignes verbales. Plus récemment, Barray (2012) propose une méthode centrée sur l'écriture cursive ; ses conclusions sont positives pour 3 des 4 jeunes étudiés (lisibilité, vitesse, automatisation). Pourtant 1 des jeunes reste peu lisible et pratique le clavier ; un autre est signalé en difficulté lors de la copie et reste anormalement lent… Un autre travail (Jolly et al., 2012) analyse l'évolution d'un cas unique comparé à 5 groupes contrôles, (enregistrement de divers paramètres du geste graphique *via* une tablette graphique) et livre des conclusions très nuancées : « les résultats montrent que l'écart des performances entre l'enfant TAC/dyspraxique et les contrôles s'accroît avec le temps en dépit des rééducations », suggérant que l'enfant TAC/dyspraxique a atteint un niveau « plafond » de sa performance.

Ces rééducations, dans l'ensemble sont donc peu (ou pas) fonctionnelles puisque les « progrès » des enfants dyspraxiques ne leur permettent pas du tout de combler le retard à la norme et laissent probablement persister la situation de double tâche (*cf.* fig. 8.10).

Approche « écologique » ou « dynamique »

Ces stratégies s'appuient sur les notions de développement écologique du geste qui stipule que les comportements moteurs émergents de la confrontation entre les ressources de l'enfant, la nature de la tâche et les contraintes environnementales. Les principes rééducatifs qui en découlent cherchent

à mettre en œuvre un apprentissage *implicite* en mettant l'enfant en situation tout en modulant les « contraintes » (vitesse, nombre, segments corporels concernés…) et en variant les contextes (Sugden, 2005). Des séances brèves (20 min) mais fréquentes (4 fois/semaine) sont préconisées ; idéalement les exercices doivent être intégrés dans la vie quotidienne, et centrés sur une ou quelques tâches précises (sauts, écriture, habillage).

Les résultats sont notables dans les activités proposées, mais il n'y a pas de transfert à des tâches apparentées non travaillées.

Approches cognitives

Contrairement aux précédentes, elles s'appuient sur un apprentissage *explicite* de la tâche : description verbale, stratégie type « résolution de problème ». Elles visent à faire acquérir consciemment une nouvelle habileté. Ces méthodes concernent donc essentiellement des gestes qui doivent être enseignés (praxies) et l'acquisition d'une habileté *précise*.

La méthode CO-OP (*Cognitive Orientation to daily Occupational Performance*), mise au point par Polatjako et al. (2001) utilise les « points forts » de l'enfant : langage et raisonnement. L'enfant est acteur de son apprentissage dans la mesure où il choisit l'activité à travailler et doit :

- identifier et énoncer le but poursuivi (« que dois-je faire ? ») ;
- déterminer et verbaliser sa stratégie, les étapes successives, leur enchaînement, la manière de s'y prendre (« comment vais-je faire ? ») ;
- puis faire le point, juger du résultat.

Une étude contrôlée

Miller et al. (2001), proposent à 20 enfants diagnostiqués TAC, d'âge moyen 9 ans ½, répartis en 2 groupes de 10, soit la méthode CO-OP, soit une autre méthode traditionnelle. Ils font la preuve d'une amélioration significative du groupe entraîné avec la méthode CO-OP (tests d'habiletés, mais aussi de transfert et généralisation). Une autre, plus récente (Ward et Rodger, 2004), ne concerne que 2 enfants mais montre que ces stratégies sont utilisables avec de jeunes enfants (5–7 ans).

Au total

Les stratégies de type auto-instructions verbales, script verbal, résolution de problèmes (méthode CO-OP) sont à l'origine d'améliorations significativement plus importantes que les méthodes classiques. Ce sont donc, actuellement, celles qui sont les plus légitimes. Elles mobilisent cependant de grandes ressources attentionnelles et ne peuvent être utilisées que ponctuellement, pour quelques activités bien précises.

Construire le projet

La question du « projet thérapeutique » déborde de beaucoup le choix de telle ou telle méthode rééducative, plus ou moins adaptée aux particularités de l'enfant. En amont, il faut d'abord *fixer les objectifs*, puis *ensuite* seulement s'interroger sur les méthodes qui permettront de les atteindre (ou de les approcher) au mieux (chapitre 8).

Entre 4 et 16–20 ans, le projet scolaire est central, à la fois en termes de prévention d'un échec annoncé, de sauvegarde de l'avenir professionnel (*d'autant que le sujet dyspraxique ne pourra pas être orienté vers les professions essentiellement « pratiques » proposées aux adolescents en échec scolaire*) et de préservation de l'image de soi. Pour guider les actions en ce sens, il faut d'abord évaluer le pronostic scolaire. Le projet n'est pas le même selon que l'enfant est atteint d'une dyspraxie isolée, s'il présente un trouble attentionnel associé (ou une dyslexie, ou…), si le diagnostic est tardif (*cf.* fig. 8.5)…

Une dyspraxie isolée diagnostiquée assez tôt (avant 8–9 ans), d'excellentes capacités de compensation (raisonnement, langage, mémoire) et un cursus scolaire sans retard notable laissent espérer une scolarité longue et diplômante.

Dans ce cas, le projet prioritaire, à court et long termes, doit organiser les actions thérapeutiques dans le but de préserver une scolarité longue et diplômante *en dépit de la dyspraxie*. Compensations, contournements, adaptations et aménagements sont les maîtres mots de ce projet scolaire. C'est en effet l'efficacité dans les apprentissages qui est *immédiatement* visée. La réussite du projet scolaire nécessite en effet que des apprentissages de bon niveau soient faits *dans les temps* (pression temporelle). Ce n'est

	Objectif	Qui ?	Indication	Objectif, Observations	
Symptômes	Troubles du regard	Orthoptiste Ergothérapeute	Enfant jeune (< 8 ans) Séances courtes Durée 6–12 mois	Juger de l'amélioration dès 2–3 mois.	Rééduquer
	Troubles spatiaux	Ergothérapeute Psychomotricien	Enfant jeune (< 8 ans)	Aide verbale ou Aide visuelle	
	Troubles graphiques	Ergothérapeute Psychomotricien	Enfant jeune (< 6 ans) Refus de l'ordinateur	Attention ++ au problème de la double tâche	
Handicap scolaire	Problème de production d'écrits	Ergothérapeute Psychomotricien Enseignants	Réduire quantité des écrits +++ Ordinateur ++ Photocopies Secrétaire Dictée vocale	Choix prioritaire si projet scolaire +++ (bon niveau verbal)	Adapter
	Problème visuel/lecture	Orthoptiste Orthophoniste Enseignants	Aménagements typographiques Surlignages Lecture dynamique Oralisateur de textes	Autonomie de lecture	
	Problème de dyscalculie	Professionnel formé	Utiliser verbal, mnésique, déclaratif Calculatrice Logiciels spécialisés	Limiter les ambitions des disciplines scientifiques	

Fig. 3.26. Coordonner les actions d'adaptation et de rééducation.

que dans un second temps (sauf urgence psychologique, bien sûr), une fois les aides scolaires bien établies et intégrées, que l'on mettra en place les rééducations (auto-instructions ou script verbal, CO-OP) de *quelques* gestes précis visant l'amélioration d'activités journalières ou sociales, afin de lui donner l'autonomie à laquelle il aspire légitimement.

L'autonomie, pour ces jeunes, c'est de bien connaître leurs points forts, leurs limites, les aides dont ils ont besoin, de repérer les situations qui justifient ces aides et d'en user à bon escient.

Au total

Le projet résulte de la *hiérarchisation* des objectifs, en fonction de l'âge, des caractéristiques de la dyspraxie, du pronostic scolaire et personnel du jeune… Il résulte d'une synthèse de l'*ensemble des éléments* propres au jeune et à son environnement. Il faut alors coordonner rééducations, adaptations, palliatifs et contournements (fig. 3.26) selon un dosage propre à chaque jeune, incluant une réactivité permanente en fonction de multiples variables contextuelles. En aucun cas ce projet ne peut consister en la compilation de rééducations déterminées isolément par les divers rééducateurs, en fonction des tests ou épreuves échouées lors d'un bilan.

Comorbidités

La présence éventuelle d'un trouble cognitif associé à la dyspraxie doit être détectée et évaluée *dès la phase diagnostique* : cela influence considérablement le pronostic et impose des orientations thérapeutiques (rééducatives et scolaires) particulières.

Or, pratiquement tous les dys- peuvent s'accompagner de troubles des habiletés motrices (ou practospatiales), et inversement.

Les plus étudiées sont les associations TAC/dyslexies (Ramus, 2003), TAC/TDA/H voire TAC/Dyslexie/TDA/H. Selon les auteurs (et, probablement, selon les populations qu'ils étudient), le pourcentage de jeunes porteurs de deux voire trois dys- est variable :

- partant d'une population diagnostiquée TAC, O'Hare et Khalid (2002) trouvent des troubles de lecture chez 70 % d'entre eux ; Gilger et Kaplan (2001) trouvent que 56 % présentent aussi une dyslexie, tandis que 50 % présentent

aussi un TDA/H (dont 28 % les trois associés et 32 % un TAC isolé) ;
- Chaix et al. (2007), trouvent 40 % de jeunes dyslexiques qui présentent un score pathologique (– 2 ET) à l'échelle de Lincoln-Oseretsky.

D'une façon générale, le trouble gestuel serait isolé dans un tiers à la moitié des cas.

Association avec une dyslexie phonologique

C'est la plus étudiée et la plus fréquente des comorbidités. Les enfants diagnostiqués TAC/dyspraxie ont un risque élevé de présenter aussi une dyslexie phonologique. De nombreux auteurs font le lien, en amont, avec des anomalies de la série cérébelleuse et/ou une anomalie de l'automatisation des nouveaux apprentissages.

O'Hare et Khalid (2002) constatent la grande hétérogénéité des anomalies des habiletés motrices et jugent qu'elles sont associées à des symptômes de la série cérébelleuse : posture, équilibres, tonus, diadococinésies, médiocre précision du geste à l'approche de la cible (dysmétrie). Cette étude, qui concerne 23 enfants diagnostiqués TAC, confirme l'association de TAC avec des difficultés dans les habiletés phonologiques et suggère que *tous* les enfants TAC sont porteurs d'une dysfonction cérébelleuse.

Huau et al. (2012) mettent en évidence un lien significatif entre qualité de lecture et qualité de la motricité générale. Les spécificités graphomotrices apparaissent dans des tâches langagières *et non langagières*. Pour les auteurs, ces observations confortent le modèle de Nicolson et Fawcett qui envisage un déficit de la lignée cérébelleuse.

Association avec un TDA/H ou syndrome dys-exécutif

Cette association, très souvent alléguée, peut recouvrir diverses réalités cliniques, qui ne sont *pas toujours* des comorbidités :
- parfois, c'est un diagnostic de « troubles attentionnels » erroné, fait trop rapidement à partir de l'échec à une épreuve de barrage ou du « comportement » de l'enfant alors qu'il est sommé de réaliser des taches de nature visuo-practo-spatiale. Il s'agit alors d'une dyspraxie *isolée* avec épuisement attentionnel lié à la situation de double tâche et/ou d'un trouble neurovisuel associé perturbant l'exploration du matériel ;
- souvent, c'est un syndrome dys-exécutif qui « diffuse » dans le geste et altère sa planification. Dans ces cas, le geste (malhabile) est souvent *rapide* et impulsif (ce qui contraste avec la lenteur laborieuse de l'enfant dont le trouble prend sa racine dans une anomalie du développement de sa cognition motrice (*cf.* tableau. 5.2).

Enfin, il peut s'agir d'une réelle comorbidité. L'intrication des deux pathologies rend alors l'individuation des diagnostics difficiles, les troubles de la planification du geste s'inscrivant alors dans un contexte global de troubles de la lignée dys-exécutive, d'autant que des anomalies métaboliques de la dopamine (Garraux, 2008) sont impliquées dans les deux pathologies. En ce qui concerne la stratégie thérapeutique, il est toujours préférable de proposer une prise en charge du trouble attentionnel et dys-exécutif en première intention et d'en juger l'impact dans la réalisation gestuelle.

Association avec une dysphasie[82]

Cette association est moins fréquente, et c'est toujours le diagnostic de trouble du langage oral qui est premier.

Les troubles du langage et/ou de la parole (il est souvent difficile, dans les différentes publications, de distinguer ces différents troubles) s'accompagnent de médiocres performances au M-ABC dans 30 à 70 % des cas selon les études. Cette variabilité en elle-même dit assez que les troubles dont il est question ne sont pas assez spécifiés, ni du côté du trouble langagier, ni du côté du TAC/dyspraxie…

Autres associations

Troubles de l'adaptation sociale

Dans le long texte de l'équipe de de Ajuriaguerra à l'hôpital Sainte-Anne en 1964 (Stamback et al., 1964, description princeps des dyspraxies), les

[82] Autres dénominations : troubles sévères, ou spécifiques, du développement du langage (*Specific Language Impairement* [SLI]), *cf.* chapitre 2.

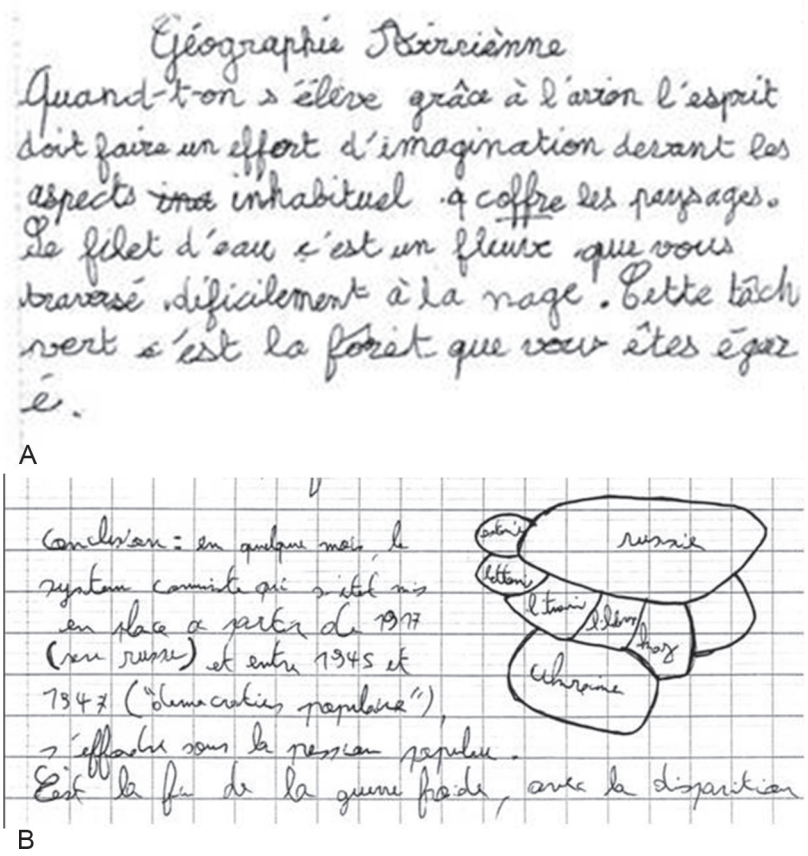


Fig. 3.27.
A. Dictée en consultation. Jonas, haut potentiel intellectuel (HPI) et dysgraphie dyspraxique : Similitudes, NS = 18 (ICV = 135) ; Cubes, NS = 5 (IRP = 77).
B. Devoir d'histoire-géographie [une carte : Russie, Ukraine…]. Lucien, HPI et dysgraphie « banale » : Similitudes, NS = 18 (ICV = 152) ; Cubes, NS = 14 (IRP = 114).

auteurs mettent en évidence deux grands groupes d'enfants au sein de leur population d'enfants dyspraxiques (définis par leurs difficultés gestuelle, graphique, spatiale et scolaire alors qu'ils font preuve de bonnes performances raisonnementales, verbales et mnésiques) :

- un groupe (de loin le plus important) qu'ils qualifient de « troubles moteurs » (on dirait probablement actuellement trouble « d'exécution ou de réalisation motrice, ou encore de production »), associe des troubles gnosiques visuels et spatiaux qui rendent compte des difficultés scolaires. Si l'on note des troubles psychologiques, il s'agit de névroses banales et/ou réactionnelles aux échecs induits par la dyspraxie ;
- un autre groupe (minoritaire) présente des difficultés psychologiques au premier plan, avec en particulier des anomalies de constitution du schéma corporel. Dans ce groupe, beaucoup présentent des bizarreries comportementales et relationnelles.

De fait, certains jeunes dyspraxiques manifestent une difficulté relationnelle, un contact particulier, une maladaptation sociale qui ne peut pas seulement être rapportée à la conséquence des difficultés ou échecs secondaires à la dyspraxie.

Nous avons vu l'intrication entre cognition sociale, neurones miroirs, imitation et gestuelle. Cliniquement, il semble exister un continuum entre les enfants dyspraxiques sans aucun trouble du comportement et, à l'autre extrême, des jeunes chez lesquels les troubles relationnels et de personnalité (troubles du spectre autistique, TSA) sont au premier plan du tableau (ex. :

syndrome d'Asperger). Entre ces deux extrêmes, tous les intermédiaires existent (MacNeil et Mostofsky, 2012). Dans ces cas, il convient de prendre en charge simultanément les deux lignées de symptômes, en associant à la prise en charge habituelle des dyspraxies l'intervention régulière d'un pédopsychiatre ou d'un psychologue.

Dyspraxie et haut potentiel

Voici deux exemples contrastés de jeunes consultant pour dysgraphie et diagnostiqués « haut potentiel » à l'issue de la passation des échelles de Wechsler (fig. 3.27).

Dans le premier cas, celui de Jonas (fig. 3.27A), on dispose sur le plan clinique de tous les éléments habituels du diagnostic de dyspraxie et de dysgraphie dyspraxique. La question qui peut éventuellement se poser est plutôt de savoir s'il est légitime ou non de conserver le diagnostic de « haut potentiel », certains cliniciens ne le considérant comme valide *que* si le QI *total* est supérieur ou égal à 130, ce qui n'est pas le cas ici en raison du faible score obtenu à IRP.

Dans le second exemple, celui de Lucien (fig. 3.27B), la question est très différente. Le différentiel notable entre ICV et IRP aux dépens de ce dernier, pose question. Mais Lucien présente une dysgraphie banale, surtout *isolée*, sans aucun signe de maladresse, qui ne s'inscrit pas du tout dans le cadre d'un syndrome dyspraxique.

S'il est classique de considérer que beaucoup de jeunes HPI présentent une dysgraphie (*cf.* chapitre 1, fig. 3.27), la réelle fréquence des troubles graphiques dans cette population doit cependant être questionnée. Nous citerons en particulier l'étude de Liratni et al. (2012). Les auteurs explorent les performances graphiques de 12 jeunes à haut potentiel et trouvent que 10 d'entre eux se situent dans la norme. Mais bien sûr ceux qui nous consultent sont en difficulté, d'où un évident biais de recrutement !

Un cas particulier : les dysgnosies visuelles

Les gnosies visuelles concernent l'analyse, l'identification des éléments de l'image rétinienne.

Ce sont des troubles neurovisuels qui ne font *pas habituellement* partie du syndrome dyspraxique. Cependant, *certains* de ces jeunes dyspraxiques sont susceptibles de présenter *aussi* ces difficultés de reconnaissance visuelle ; il s'agit alors d'une comorbidité.

Préalables

Suspecter ou diagnostiquer une dysgnosie visuelle suppose que les étapes préalables (orientation et stratégie du regard, qualité de la réception et du transport des informations) aient été investiguées et que l'on se soit assuré de la qualité de l'image rétinienne : attention visuospatiale, oculomotricité et exploration de la scène visuelle, acuité visuelle (de loin, mais aussi *de près*), fond d'œil (FO) cherchant à évaluer la qualité du nerf optique, éventuellement ERG (électrorétinogramme).

Très souvent méconnues, ces dysgnosies visuelles peuvent en imposer pour des troubles du comportement, voire des troubles du spectre de l'autisme, d'autant que quelquefois il peut être difficile de faire la part des choses (Gaie et al. 2014 p. 121–127). L'étrangeté du vécu de ces enfants dysgnosiques peut en effet rendre compte de comportements bizarres et d'un style relationnel à la fois pauvre et mal ajusté ; de même, on a montré, chez de nombreux enfants autistes, des troubles du décodage et de la reconnaissance de certains stimuli visuels (en particulier concernant l'identification des émotions faciales).

Dysgnosie des images[83]

C'est la plus fréquente des dysgnosies visuelles. Chez l'enfant très jeune (dès 2–3 ans), on peut être alerté par une absence prononcée d'intérêt pour la télévision. Dès le début de la scolarisation (3–4 ans), on peut constater un comportement étrange vis-à-vis des images. Mais lorsque le trouble est modéré (cas le plus fréquent), c'est surtout à partir de la grande section de maternelle qu'il intriguera les professionnels. On notera que les photographies sont souvent mieux reconnues que les images (et plus précocement chez le petit enfant).

[83] On appelle *image* tout stimulus visuel en 2 dimensions (2D), ou en 2,5D (représentation, dans l'image, de la troisième dimension *via* les ombres, les lignes de fuite, etc.).

L'enfant tantôt reconnaît parfaitement l'image, tantôt commet des erreurs morphologiques (c'est-à-dire respectant grossièrement la forme générale du contour de l'image). Cette inconstance, ces fluctuations dans les réponses sont tout à fait caractéristiques, répondant grossièrement à deux mécanismes :

- soit l'image est « non décodable » pour cet enfant *en raison de certaines caractéristiques physiques du stimulus* (ségrégation fond/forme difficile, impossibilité de reconstruction des contours…). La dysgnosie ne concernera *que* les images porteuses de ces caractéristiques-là, les autres images étant normalement reconnues. Cela donne ainsi faussement une impression de réponses « fluctuantes », du moins pour un examinateur non averti ;
- et/ou l'enfant ne peut accéder, *à ce moment précis*, à la signification du stimulus, soit en raison d'une analyse primaire défaillante lors de *cette* prise d'informations, soit qu'il s'agisse d'un trouble plus général de l'accès aux significations par voie visuelle. Une image non reconnue à un moment, ou ayant donné lieu à une confusion morphologique, pourra être parfaitement identifiée ultérieurement, y compris dans un délai très court après la première présentation. Ceci est très déroutant et malheureusement souvent interprétée en termes de motivation de l'enfant (« quand ça l'intéresse, il ne se trompe pas »).

L'enfant peut :

- donner une réponse fausse, mais respectant la forme globale : c'est une erreur morphologique (ex. : image du cœur d'une marguerite : « c'est une dame en tutu »). Bien qu'il s'agisse manifestement d'une fausse réponse, l'examinateur « voit » très bien ce qui motive la réponse de l'enfant ;
- et/ou exprimer sa réponse sous forme d'une fausse « déduction logique ». Ex. : image d'une casserole : « C'est rond, *donc* ça pourrait être une cible ? Ou alors… un ballon ? C'est quoi, ce truc ? », en désignant la queue de la casserole ;
- et/ou se focaliser sur un détail aux dépens du tout. Ex. : « c'est un animal… je vois des taches brunes… c'est un léopard ? » (image d'une girafe).

Cependant, dans tous les cas, l'enfant peut décrire ou apparier finement les images : *il voit* bien le stimulus, *mais il ne sait pas « quoi »*.

Cas cliniques

▪ *Blaise, 5 ans*, en GSM, sans antécédent particulier, est adressé pour difficultés scolaires assorties de troubles comportementaux (fuite du regard, propos inadaptés et décalés, bizarreries verbales…) qui inquiètent l'école et les parents. Le graphisme et le dénombrement sont quasi impossibles.

Le WISC verbal fait la preuve d'un enfant très performant. Le QIV est grossièrement homogène, (NS = 125 au sein duquel on note en particulier une NS = 15 à l'épreuve de Compréhension sociale). *A contrario*, l'échelle performance est globalement effondrée, y compris IDC (NS = 2) et, au cours de ces épreuves, le comportement se dégrade nettement (fuite du regard, questions décalées).

Dénomination d'images « Ducarne » (Dalens et al., 2003) : Fraise : « une pomme rouge ? ». Violon : « un fauteuil » ? tigre : « une sorte de veau ». Loupe : « une poêle avec un œuf ». Barre de chocolat : « un téléphone portable ? ». L'image d'un zèbre (imagier du Père Castor) est dénommée *tigre* à partie de l'identification… des rayures ! Mais *interrogé verbalement*, Blaise décrit avec pertinence les caractéristiques des tigres et des zèbres.

▪ *Alan, 11 ans*. Similitudes, NS = 10, dysgraphie et dyslexie sévères, en CLIS, troubles du comportement et de la relation (troubles du spectre de l'autisme ?).

Épreuve de Reconnaissance de formes du K-ABC : Chien, poisson, dinosaure, bateau : « je ne sais pas », « des tâches noires », « des formes géométriques ». Cochon : « un oiseau ? ». Voilier : « des sortes de portes » (en désignant les voiles). Théière : « une tête ? ». Violoniste : « un symbole ».

Images prototypiques d'animaux (imagier du Père Castor) : Vache : « oh, je connais pas ces animaux… c'est comme un cheval, ou un cochon. Ah non, les cornes (les désigne sur l'image)… une vache ! ».

Le diagnostic repose sur le contraste entre l'échec à la reconnaissance de certains stimuli présentés *sur afférence visuelle* et les bonnes réponses fournies, sur les mêmes items, *par voie orale* (définitions, devinettes, descriptions) *ou tactile*.

On utilise les épreuves de reconnaissance d'images, de closure visuelle (DTVP-2, K-ABC), de constance de forme (DTVP-2), de reconnaissance de formes enchevêtrées (DTVP-2).

Prosopagnosie (dysgnosie des visages)

On doit distinguer deux sortes de troubles relatifs au décodage de la signification des visages, aux conséquences bien différentes : d'une part un trouble grave, l'impossibilité d'attribuer du sens aux regards et mimiques faciales, d'autre part un trouble plus anecdotique, l'incapacité d'identifier les personnes.

Signification des mimiques faciales

La signification des mimiques faciales (sourires, tristesse, peur…) est universelle et leur interprétation très précoce (d'emblée ?) chez les bébés. Bien avant que l'enfant ne comprenne le langage oral (les mots, les phrases), l'interprétation des mimiques (associée à celle des intonations et des caractéristiques gestuelles de la mère ou de son substitut) renseigne l'enfant sur la nature, l'intensité et la signification des événements, des sensations et des émotions.

C'est la *cohérence* de cette enveloppe plurimodale de significations qui permet que, peu à peu et *secondairement*, s'inscrivent les significations plus spécifiquement linguistiques (sens précis, contenu des mots et des phrases).

L'incapacité à interpréter ces mimiques, leur tonalité affective et émotionnelle, leur contenu sémantique affecte grandement le développement global – cognitif et socioaffectif – des enfants.

On a montré que les enfants autistes sont en difficulté pour distinguer, interpréter, comprendre les expressions du visage. Utah Frith (1996) insiste sur l'incapacité de ces jeunes à comprendre les émotions, désirs et intentions de leurs interlocuteurs, leur impossibilité à interpréter l'orientation du regard de l'autre. D'autres recherches, étayées par des études fonctionnelles en IRM-f, ont également mis en évidence chez certains autistes une difficulté à identifier les voix (Zilbovicius et al., 2000). Il est à noter que ces compétences (reconnaissance des visages, des voix et intonations) dépendent de réseaux dont l'essentiel se situe dans les lobes temporaux (en particulier à droite).

Identification des personnes

La prosopagnosie – *si elle ne s'accompagne pas* de troubles de l'interprétation des émotions, intentions et mimiques – passe longtemps inaperçue et ne présente pas de gravité en soi. Les enfants identifient en effet parfaitement leurs proches et familiers à leur odeur, leur stature, leur voix, leur démarche… Cependant, ces enfants peuvent manifester des difficultés d'adaptation lors de changements de contexte ou de personne référente (baby-sitter, enseignante, déménagement, colonie de vacances…).

On note que les personnes (y compris les parents, les frères et sœurs…) ne sont pas reconnues si leur visage est, momentanément, *le seul élément disponible* pour les identifier : personnes dans un environnement inhabituel, personnes immobiles et ne parlant pas, album photos…

Une proportion non négligeable de personnes tout-venant (2,5 %, selon Kennerknecht et al., 2006), n'ayant jamais manifesté aucune gêne sociale et n'ayant aucune plainte, serait porteuse d'une prosopagnosie isolée (et héréditaire).

Conclusion

Spécifier (en qualité et intensité) les troubles sensorimoteurs, praxiques, spatiaux et neurovisuels de chaque jeune dyspraxique est *indispensable* pour comprendre, évaluer et anticiper les difficultés scolaires qu'il va rencontrer.

Le handicap le plus délétère, ce n'est pas la dyspraxie (bien visible au travers des manifestations de la maladresse), c'est le handicap *masqué* que représentent les troubles neurovisuels – souvent sous-estimés – et *la situation quasi permanente de double tâche* dans laquelle se trouvent emprisonnés ces jeunes à l'insu de tous.

Enfin, ces jeunes seront rarement réellement performants dans les matières scientifiques, en dépit des aides, rééducations et améliorations (souvent partielles et relativement modestes au regard des exigences scolaires « standards »). La *stratégie scolaire* devra donc valoriser les matières littéraires, le droit, l'histoire, les langues, etc., ce qui impose de consacrer une énergie et un travail suffisants aux domaines académiques où le handicap ne constitue pas (ou peu) une entrave.

Conclusion

La grande fréquence des troubles associés (comme pour tous les dys-) ne doit pas faire oublier qu'environ la moitié des jeunes dyspraxiques présente une dyspraxie *isolée*. Dans ce cas, le pronostic (scolaire, professionnel et d'épanouissement personnel) peut être excellent, *à condition que* soient réunies les conditions suivantes :

- le diagnostic a été fait précocement (entre 4–5 et 8–9 ans) ;
- l'enfant a de bonnes capacités de compensation, aussi bien sur le plan psychologique qu'intellectuel (catégorisation et raisonnement, langage, mémoires) ;
- le projet rééducatif est résolument tourné vers des objectifs fonctionnels (lutte contre les situations de double tâche, réussite scolaire effective, utilisation et sur-utilisation des compétences préservées).

Il faut en effet faire les choix qui assureront une scolarité diplômante, puisque les orientations réservées par défaut aux élèves en échec scolaire (travaux « manuels ») ne peuvent en aucun cas convenir à ces jeunes maladroits, qui ne feraient alors que tomber de Charybde en Scylla.

Dans toutes les autres situations (diagnostic tardif, associations de dys-, capacités de compensation du trouble relativement médiocres, fragilité psychologique…), il faudra composer au cas par cas, mais toujours en privilégiant les *objectifs à long terme*. Ce sont eux qui doivent déterminer les sous-objectifs spécifiés à court et moyen termes; eux qui doivent motiver le choix des actions rééducatives, palliatives, adaptatives. Les objectifs scolaires en particulier doivent être parfaitement calibrés, afin de permettre au jeune d'exprimer tout son potentiel, tout en évitant de le confronter à des échecs permanents ou répétés.

Enfin, les enfants dyspraxiques deviennent des adultes dyspraxiques. S'ils ont pu accéder à une vie professionnelle et personnelle satisfaisante, ils savent généralement parfaitement quelles activités éviter, quelles adaptations leur permettent d'en réaliser d'autres et dans lesquelles ils excellent. Mais beaucoup encore ne sont diagnostiqués que tardivement (souvent même à l'occasion d'un diagnostic posé pour un de leurs enfants), après des années d'échecs, d'errance, de découragement. Il n'y a actuellement que très peu de structures ou de professionnels réellement expérimentés pour les diagnostiquer, les conseiller, les accompagner.

Il faut dire que, même pour ce qui concerne le diagnostic et la prise en charge des jeunes enfants, le déficit (en personnels, en formations, en structures) est aussi très important, créant d'insupportables différences (de traitement, d'avenir) sur le territoire français, et compromettant les avancées ouvertes par la loi du 11 février 2005.

Vademecum

Les difficultés d'habileté motrice constituent un symptôme fréquemment allégué en situation scolaire. La sémiologie clinique en est très variable car les mécanismes causaux de ces troubles sont nombreux (fig. 3.28).
Les pathologies de la cognition motrice constituent le champ des dyspraxies. Elles englobent la planification temporelle (réseaux *fronto*-pariétaux) et la programmation motrice des actions apprises (réseaux occipito-pariétaux). Ces différents réseaux (connectés avec les noyaux de la base et le cervelet) sont diversement sollicités selon la nature même des gestes impliquant préférentiellement les espaces corporels, de préhension ou lointains, intégrant la mise en jeu automatique des fonctions visuospatiales. La dyspraxie est quasiment toujours associée à une anomalie des traitements spatiaux. On parle alors de dyspraxie visuospatiale.
Les conséquences de la dyspraxie pénalisent gravement et durablement la réalisation gestuelle, les activités de construction, les situations faisant appel aux traitements spatiaux dans les activités de la vie quotidienne et scolaire. Dans la vie de tous les jours, l'apprentissage gestuel est omniprésent : alimentation, habillage, hygiène, activités ludiques et sportives. En classe, la non-maîtrise de l'écriture manuelle est une constante, les habiletés numériques sont très régulièrement compromises, on relève une fréquence non négligeable de dyslexie dyspraxique.
Le diagnostic doit être posé par un médecin bien informé de ces pathologies, capable d'analyser et de faire une synthèse de bilans émanant de différents professionnels, de préciser l'éventail de troubles présenté par l'enfant, d'établir un projet thérapeutique individuel. Le projet doit intégrer le pronostic scolaire, qui tient compte des points forts (capacités préservées), et le contexte. Dans ce cadre, les conditions de la réussite dépendent de nombreux paramètres, parmi lesquels l'adhésion de l'enfant et des adultes aux stratégies d'aides proposées est primordiale.
Le pronostic est d'autant favorable que le diagnostic a été fait tôt (5–7 ans), chez un enfant présentant une dyspraxie isolée, doté de capacités conceptuelles verbales préservées, soutenu et étayé par un entourage prêt à mettre en œuvre les compensations proposées.
Ces compensations visent à anticiper l'effet délétère de la situation de double tâche induite par des « outils » scolaires gravement déficitaires (lire, écrire, compter), entraînés en classe, rééduqués avec les professionnels et restés insuffisamment rentables.
L'objectif thérapeutique étant centré sur l'acquisition des apprentissages et la réussite de la scolarité, en temps et en heure, en dépit de la pathologie, la compensation s'applique donc à diminuer les conséquences scolaires de la situation de handicap générée par la dyspraxie.

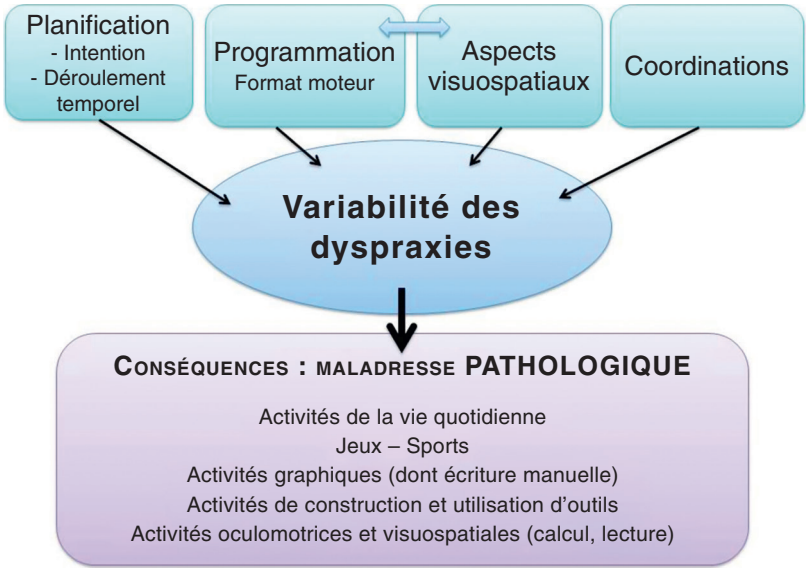


Fig. 3.28. Variabilité clinique des dyspraxies.

Pour aller plus loin

Berthoz A. Le sens du mouvement. Paris : Odile Jacob ; 1997.
Cello Y, Casalis S, Moron C. Vision, espace et cognition : fonctionnement normal et pathologique. Lille : Presses Universitaires du Septentrion ; 2005.
Coello Y, Honoré J. Percevoir, s'orienter et agir dans l'espace : approche pluridisciplinaire des relations perception-action. Marseille : Solal ; 2002.
Crouail A. Rééduquer dyscalculie et dyspraxie. Paris : Masson ; 2009.
Desmurget M. Imitation et apprentissages moteurs : des neurones miroirs à la pédagogie du geste sportif. Marseille : Solal ; 2006.
Gaie B, Le Lostec C, Mazeau M, Pouhet A, Toninato AM. Dyspraxies et troubles non-verbaux. Faire avec la complexité : études de cas. Paris : Elsevier Masson ; 2014.
Geuse RH. Le trouble de l'acquisition de la coordination : évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant. Marseille : Solal ; 2005.
Guberan B, Gaillard F. Art and praxia : Plastique and technique in young children's drawings. Neuropsychologie : Lausanne ; 2014.
Huron C. L'enfant dyspraxique, mieux l'aider à la maison et à l'école. Paris : Odile Jacob ; 2011.
Jeannerod M. La fabrique des idées. Paris : Odile Jacob ; 2011.
Jeannerod M. Le cerveau volontaire. Paris : Odile Jacob ; 2009.
Mazeau M, Le Lostec C. L'enfant dyspraxique et les apprentissages. Paris : Elsevier Masson ; 2010.

Quelques sites

Le cartable fantastique propose des adaptations pour les programmes scolaires de la scolarité primaire et les évaluations nationales : www.lecartablefantastique.fr

Le site du Dr Alain Pouhet, consacré à l'ensemble des dys- mais particulièrement riche dans le domaine des dyspraxies : https://sites.google.com/site/dralain-pouhet/les-dys-troubles-specifiques.

Le site de Michèle cerisier : https://sites.google.com/site/micheleceriser.

Références

Albaret JM, Couderc C. Étalonnage du test des bâtonnets chez des enfants de 7 à 11 ans. ANAE 2003 ; 72 : 89–94.
Albaret JM. Clinique des troubles du mouvement intentionnels : de la débilité motrice au trouble de l'acquisition de la coordination (TAC). Thérapies Psychomotrices et Recherches 2007 ; 150 : 92–106.
Albouy G. Rôle du sommeil dans la consolidation de la mémoire procédurale chez l'homme. . Lyon I : Université Claude Bernard ; Thèse de doctorat en neuroscience, 2008.
Alexandre A. Évaluation de la vitesse d'écriture d'élèves de différents niveaux scolaires. Motricité cérébrale 2008 ; 29 : 143–52.
Arents A, Berger Martinet A, Blanc S, Niessen F. Évaluation ophtalmo-pédiatrique et orthoptique de l'enfant dyspraxique. J Fr Ophtalmol 2012 ; 35 : 651–60.
Auzias M, Casati I, Cellier C, Delage R, Verleure F. Écrire à 5 ans ? Paris : PUF ; 1977.
Banta Lavenex P. Spatial relational learning and memory abilities do not differ between men and women in a real-world, open-fiels environment 2010 ; 207(1) : 125–37.
Bara F, Gentaz E. Apprendre à tracer des lettres : une revue critique. Psychologie Française 2010 ; 55 : 129–44.
Barray V, Picard A, Camos V. Étude comparative de la dyspraxie : évaluation neuropsychologique d'enfants porteurs de dyspraxie développementale ou consécutive à une prématurité. Ann Readapt Med Phys 2008 ; 51 : 161–8.
Barray V, Palu M, Lefevere G, Jaouen G, Galbiati C, Deborde AS. Étude comparative de trois tests de copies de figures utilisées chez l'enfant. In : Développements 2010. p. 21–33.
Barray V. Dyspraxie/TAC et écriture manuelle. Partie I, Présentation d'une méthode d'apprentissage. Développements 2012 ; 11 : 37–5. Partie II, Intérêt à long terme. Développements, 12 ; 2012. p. 6–17.
Ben Hamed S, Duhamel JR, Bremmer F, Graf W. Representation of the visual field in the lateral intraparietal area of macaque monkeys : a quantitative receptive field analysis. Exp Brain Res 2001 ; 140(2) : 127–44.
Blandin Y. L'apprentissage par observation d'habiletés motrices : un processus d'apprentissage spécifique ? Annee Psychol 2002 ; 102(3) : 523–54.
Buccino G, Vogt S, Ritzl A, Fink GR, Zilles K, Freund HJ, Rizzolatti G, et al. Neural circuits underlying imitation learning of hand action : an event-related fRMI study. Neuron 2004 ; 42(2) : 323–34.
Chambaron S, Ginhac D, Perruchet P. Variations méthodologiques dans une tâche de TRS : quel impact sur l'apprentissage ? Annee Psychol 2008 ; 108 : 465–86.
Chambaron S, Berberian B, Ginhac D, Delbecque L, Cleeremans A. Action, observation et imagerie mentale d'une action : peut-on apprendre implicitement dans tous les cas ? Annee Psychol 2010 ; 110 : 351–64.
Chaix Y, Albaret JM, Brassard C, Cheuret E, Castelnau P, de Bénesteau J, et al. Motor impairment in dyslexia : the influence of attention disorder. Eur J Paediatr Neurol 2007 ; 11 : 368–74.
Coulbeau L, Royer P, Brouziyne M, Dosseville F, Molinaro C. Development of children's mental representations : effect of age, sex and school experience. Percept Mot Skills 2008 ; 106 : 241–50.
Dalens H, Solé M, Neyrial M, Villedieu K, Coulangeon LM. La reconnaissance visuelle d'images chez l'enfant normal de 3 à 8 ans (100 cas). Revue de Neuropsychologie 2003 ; 13(4) : 411–25.
Dasen P, Misha R. Development of geocentric spatial language and cognition : an eco-cultural perspective. Cambridge : Cambridge Université Press ; 2010.
de Ajuriaguerra J, Auzias M, Coumes F, Denner A, Lavondes-Monod V, Perron R, et al. L'écriture de l'enfant. Tome 1 (L'évolution de l'écriture et ses difficultés). Paris : Delachaux-Niestlé ; 1989.
Decety J, Grèzes J. Grèzes JDurée de la simulation mentale en fonction de l'index de difficulté, Représentations mentales/neurales et actions. In : Viader, Eustache, Le Chevallier, editors. Espace, geste, action. Bruxelles : DeBoeck Université ; 2000. p. 99.

Decety. Naturaliser l'empathie. Encéphale 2002 ; 28 : 9–20.
Deforge H. Conséquences de la grande prématurité dans le domaine visuo-spatial à l'âge de 5 ans. Arch Pediatr 2009 ; 16 : 227–34.
Dehaene S, Piazza M, Pinel P, Cohen L. Three parietal circuits for number processing. Cogn Neuropsychol 2003 ; (3/4/5/6)487–506.
Dellatolas G, Coutin T, de Agostini M. Bissection and perception og horizontal lines in normal children. Cortex 1996 ; 32 : 705–15.
Dewey D, Kaplan BJ. Subtyping of developmental motor deficits. Dev Neuropsychol 1994 ; 10(3) : 265–84.
Elbert T, Rockstroh B. Une empreinte dans le cortex des violonistes. La Recherche 1996 ; [juillet].
Faure S, Buzzi E, Pernici M, Rhanny N, Spotorno S. Spécialisation et interaction hémisphériques : de l'impasse des études sur les différences entre les hommes et les femmes à la prise en compte des hormones sexuelles. Revue de Neuropsychologie 2010 ; 2(4) : 320–5.
Fayol M. L'acquisition du nombre. Que sais-je ? Paris : PUF ; 2012.
Frith U. L'énigme de l'autisme. Paris : Odile Jacob ; 1996.
Gaillard F. Reconnaître l'usage de l'outil. Étude préliminaire chez l'enfant de 4 à 7 ans. ANAE 2006 ; 88–89 : 151–8.
Galati G, Pelle G, Berthoz A, Committeri G. Multiple reference frames used by the humain ebrain for spatial perception and memory. Exp Brain Res 2010 ; 206(2) : 109–20.
Gallese V. The inner sense of action : agency and motor representations. Journal of Consciousness Studies 2000 ; 7 : 23–40.
Garcia L. Études des représentations spatiales en environnement sonore, master ATIAM, LIMSI-CNRS (groupe cognition perception usage) et IRCAM. Sous la direction de M. Auvray ; 2010.
Garraux G, et al. La dopamine au service du geste. Université de Liège ; 2008. http://reflexions.ulg.ac.be/cms/c_13642/la-domapine-au-service-du-geste.
Gérard CL, Dugas M. Les dyspraxies de développement : un essai de typologie à partir de 51 cas. Ann Read Med Phys 1991 ; 34 : 325–52.
Gérard CL. Clinique des troubles des apprentissages. Bruxelles : De Boeck ; 2011. p. 160.
Gibbs J, Appleton J, Appleton R. Dyspraxia or developmental coordination disorder ? Unravelling the enigma Arch Dis Child 2007 ; 92(6) : 534–9.
Gilger JW, Kaplan BJ. Atypical Brain Development : A Conceptual Framework for Understanding Developmental Learning Disabilities. Dev Neuropsychol 2001 ; 20(2) : 465–81.
Gomez A, Rousset S, Bonniot C, Sharmaller A, Moreaud O. Deficit in egocentric-updating and spatial context memory in a case of developmental amnesia. Neurocase 2014 ; à paraître.
Grön G, Wunderlich AP, Spitzer M, Tomczak R, Riepe MW. Brain activation during human navigation : gender-different neural networks as substrate of performance. Nat Neurosci 2000 ; 3 : 404–8.
Houdé O, Mazoyer B, Tzourio-Mazoyer N. Cerveau et psychologie. Paris : PUF ; 2002.
Huau A, Jover M, Velay JL. Étude de la graphomotricité chez des enfants présentant une dyslexie. Présentation affichée au Colloque Les Troubles du langage écrit de l'enfance à l'âge adulte ; 2012 ; Toulouse.
Hubert V, Beaunieux H, Che´telat G, Platel H, Landeau B, Danion JM, et al. The dynamic network subserving the three phases of cognitive procedural learning. Hum Brain Mapp 2007 ; 28(12) : 1415–29.
Jacobs S, Hanneton S, Roby-Brami A. Aspects neurophysiologiques de l'utilisation d'outils. Arob@se 2005 ; 1 : 114–26.
Jolly C, Huron C, Gentaz C. A one-year survey of cursive letter handwriting in a french second-grade child with developmental coordination disorder.Topics in Cognitive Psychology (in press).
Kashiwagi M, Iwaki S, Narumi Y, Tamai H, Suzuki S. Parietal dysfunction in developmental coordination disorder : a functional MRI study. NeuroReport 2009 ; 20 : 1319–24.
Kennerknecht I, Grueter T, Welling B, Wentzek S, Horst J, Edwards S, Grueter M, et al. Non syndromic hereditary prosopagnosia. Am J Med Genet A 2006 ; 140A(15) : 1617–22.
Kohl RM, Ellis SD, Roenker DL. Alternating actual and imagery practice. Research Quaterly for Exercice and Sport 1992 ; 63(2) : 162–70.
Lacourse MG, et al. Brain activation during execution and motor inagery of novel and skilled sequential hand movements. Neuroimage 2005 ; 27(3) : 505–19.
Larroque B, Ancel PY, Marret S, Marchand L, André M, Arnaud C, et al. EPIPAGE Study group. Neurodevelopmental disabilities and special care of 5-year-old children born before 33 weeks of gestation (the EPIPAGE study), a longitudinal cohort study, 2008. Lancet 2008 ; 371 : 813–20.
Le Lostec C. Dyspraxie visuo-spatiale et écriture clavier, pourquoi ? Comment ? Réadaptation 2005 ; 522 : 40–5.
Liratni M, Wagner A, Pry R. Performances d'écriture de 12 enfants à haut potentiel intellectuel. ANAE 2012 ; 116 : 86–94.
Li-Wei Z, Qi-Wei M, Orlick T. Zitzelsberger. The effect of mental imagery training on performance enhancement with 7–10 year-old children. Sport Psychologist 1992 ; 6(3) : 230–41.
Maguire EA, Gadian DG, Johnsrude IS, Good CD, Ashburner J, Frackowiak RS, et al. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. Proc Natl Acad Sci U S A 2000 ; 97(8) : 4398–403.
Mazeau M. Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant. Paris : Masson ; 1995.
MacNeil LK, Mostofsky SH. Specificity of dyspraxia in children with autisme. Neuropsychology 2012 ; 26(2) : 165–71.
Miller LT, Polatajko HJ, Missiuna C, Mandich AD, Macnab JJ. A pilot of a cognitive treatment for children with developmental coordination disorder. Hum Mov Sci 2001 ; 20 : 183–210.
Missiuna C, Mandich AD, Polatajko HJ, Malloy-Miller T. Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP). Part I, Theorical foundations. Phys Occup Ther Pediatr 2001 ; 20(2–3) : 69–81.
Morvan C. Perception visuelle du mouvement pendant la poursuite oculaire. Thèse sciences cognitives. Université Paris VI ; 2007 sous la direction de M. Wexler.

Nicolson RI, Fawcett AJ. Procedural learning difficulties : reuniting the developmental disorders ? Trends Neurosci 2006 ; 30(4) : 135–41.
Nielsen T. Volition : a new experimental approach. Scand J Psychol 1963 ; 4 : 225–30.
Nissen MJ, Bullemer P. Attentional requirement of learning. Cogn Psychol 1987 ; 19 : 1–32.
O'Hare A, Gorzkowska J, Elton R. Development of an instrument to measure manual praxis. Dev Med Child Neurol 1999 ; 41 : 597–607.
O'Hare A, Khalid S. The association of abnormal cerebellar function in children with developmental coordination disorder and reading difficulties. Dyslexia 2002 ; 8(4) : 234–48.
Oullier O, Lagarde J, Jantzen KJ, Kelso JA. Dynamiques comportementale et cérébrale des coordinations sensorimotrices : (in)stabilité et métastabilité. J Soc Biol 2006 ; 200(2) : 145–67.
Pascual-Leone A, Nguyet D, Cohen LG, Brasil-Neto JP, Cammarota A, Hallett M. Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. J Neurophysiol 1995 ; 74 : 1037–45.
Petit O, Pascalis O. Dossier imitation, introduction générale. Revue de primatologie. 2009 [en ligne] (http://primatologie.revues.org/279 DOI:10.4000/primatologie.279).
Pierre P, Soppelsa R. Évaluation clinique des troubles de l'orientation dans les grands espaces. Évolutions Psychomotrices 1998 ; 10(42) : 205–14.
Pinker S. L'instinct du langage. Paris : Odile Jacob ; 1999.
Polatajko HJ, Mandich AD, Miller LT, Macnab JJ. Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP). Part II, The evidence. Phys Occup Ther Pediatr 2001 ; 20(2–3) : 83–106.
Polatajko HJ, Cantin N. La prise en charge des enfants atteints d'un TAC : approches thérapeutiques et niveau de preuve. Traduit par Rivière J. In : Geuse RH, editor. Le trouble de l'acquisition de la coordination. Marseille : Solal ; 2005.
Poucet B, Alverne A, Hövk V, Renaudineau S, Sargolini F, Save E. L'hippocampe et le code neural de la mémoire spatiale. Biol Aujourdhui 2010 ; 204(2) : 103–12.
Ramachadran V, Oberman L. Les miroirs brisés de l'autisme. Pour la Science, 2007. p. 50–7.
Ramachadran V. Le cerveau fait de l'esprit ; enquête sur les neurones miroirs. Paris : Dunod ; 2011.
Ramus F. Developmental dyslexia : specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction ? Curr Opin Neurobiol 2003 ; 13(2) : 212–8.
Ramus F, Pidgeon E, Frith U. The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. J Child Psychol Psychiatry 2003 ; 44(5) : 712–22.
Rioult-Pedotti MS, Friedman D, Donoghue JP. Learning-induced LTP in neocortex. Science 2000 ; 290 : 533–56.
Rivière J. Locomotion autonome et cognition sociale : le paradoxe de l'amyotrophie spinale infantile. Arch Pediatr 2007 ; 14 : 279–84.
Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L. Premotor cortex and the recognition of motor actons. Cognit Brain Res 1996 ; 3 : 131–41.
Rizzolatti G, Sinigaglia C. Les neurones miroirs. Paris : Odile Jacob ; 2008.
Rochat P. La connaissance de soi. In : Lecuyer R, editor. Le développement du nourrisson. Paris : Dunod ; 2004. p. 371–86.
Sawada M, Mori S, Ishii M. Effect of metaphorical verbal instruction on medeling of sequential dance skills by young children. Percept Mot Skills 2002 ; 95 : 1097–105.
Schmidt L, Lebreton M, Cléry-Melin M-L, Daunizeau J, Pessiglione M. Neural Mechanisms Underlying Motivation of Mental Versus Physical Effort. PLoS Biol 2012 ; 10(2) : e1001266.
Stamback M, L'ehriteau D, Auzias M, Bergès J, de Ajuriaguerra J. Les dyspraxiqes de l'enfant. Psychiatr Enfant 1964 ; 7 : 381–497.
Sugden D. La prise en charge dynamique du TAC. In : Geuse RH, editor. Le trouble de l'acquisition de la coordination. Marseille : Solal ; 2005.
Tsai CL, Wu SK. Relationship between visual-perceptual deficits and motor impairments in children with DCD. Percept Mot Skills 2008 ; 107 : 457–72.
Vaivre-Douret L, Lalanne C, Ingster-Moati I, Boddaert N, Cabrol D, Dufier JL, et al. Subtypes of developmental coordination disorder : research on their nature and etiology. Dev Neuropsychol 2011 ; 36(5) : 614–43.
Vallas E, Bénesteau J, Albaret JM. Test de rétention visuelle de Benton : étalonnage français auprès d'enfants âgés de 8 à 11 ans. Développements 2009 ; 1(3) : 27–33.
Varela F, Coutinho A, Dupire B, Vaz NM. Cognitive networks : immune, neural and otherwise. In : Perlson AS, editor. Theorical immunology, Vol II. NY : Addison-Wesley ; 1988. p. 359–74.
Ward A, Rodger S. The application of CO-OP with children 5–7 years with developmental coordination disorder. British Journal of Occupational Therapy 2004 ; 67(6) : 256–64.
Werner JM, Cermak SA, Aziz-Zadeh L. Neural correlates of DCD : the mirror neuron system hypothesis. Journal of Behavioral and Brain Sciences 2012 ; 2 : 258–68.
Williamson MA. Deconstructing visual-spatial cognition in typically developing children. Thèse, Ottawa : library and archives Canada ; 2010.
Wilson PH, Maruff, Lum J, Procedural learning in children with developmental coordination disorder Hum Mov Sci 2003 ; 22(4–5) : 515–26.
Yue G, Cole KJ. Strength increases from the motor program : comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. J Neurophysiol 1992 ; 67 : 1114–23.
Zanone PG. Une approche écologique-dynamique de la coordination. In : Albaret JM, Soppelsa R, editors. Précis de rééducation de la motricité manuelle. Marseille : Solal ; 1999. p. 29–54.
Zilbovicius M, Boddaert N, Belin P, Poline JB, Remy P, Mangin JF, et al. Temporal lobe dysfunction in childhood autism. Am J Psychiatry 2000 ; 157(12) : 1988–93.
Zwickers JG, Missiuna C, Harris SR, Boyd LA. Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. Pediatrics 2010 ; 126 : e679–86.

Mémoires : fonctionnement, développement, déficits

CHAPITRE 4

PLAN DU CHAPITRE

Différents systèmes mnésiques

Mémoire procédurale

Mémoires déclaratives
- Mémoire sémantique
- Mémoire épisodique
- Au total

Mémoire de travail
- MCT et MT
- Rôle de la MT
- Modèle de Baddeley

Synthèse

Mémoires et apprentissages

Mémoires et langage
- Lexique
- Compréhension de récits
- Au total

Mémoire et apprentissages académiques
- Circonstances de mémorisation : explicite *versus* implicite
- Consolidation
- Restitution des informations
- Métamémoire
- Au total

Liens des différents secteurs mnésiques avec les apprentissages

Substrats cérébraux

Réseau hippocampique

Réseau cortical

Aspects développementaux

Les bébés et la mémoire procédurale
- Paradigme d'habituation/nouveauté
- Apprentissage procédural implicite
- Imitation différée
- Amorçage perceptif
- Au total

Développement de la mémoire épisodique
- Prémices
- Amnésie infantile
- De 3 à 7 ans
- À partir de 6–7 ans

Développement de la MT
- En ce qui concerne la MCT et la MT auditivo-verbales
- En ce qui concerne la MT visuospatiale

Mémoires et conscience

Dysmnésies

Étiologies et prévalence
- Prévalence des dysmnésies développementales

Diagnostic d'un déficit en MLT
- Échelles de Wechsler
- Bilan mnésique
- Au total

Déficit en MLT et apprentissages didactiques
- Signes d'alerte à l'école
- Symptômes
- Préconisations thérapeutiques

Déficit en MT et apprentissages
- Diagnostic
- MT et scolarité : déficit sévère
- MT et scolarité : déficit modéré
- Préconisations thérapeutiques
- Au total

Conclusion

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

« Se souvenir, ce n'est pas assister en spectateur passif
à l'apparition d'images qui, conservées dans les zones obscures du moi,
remonteraient comme d'elles-mêmes vers une surface plus claire ;
c'est proprement reconstruire le passé.
… Toute mémoire est un effort. »
Marc Bloch. *Mémoire collective, tradition et coutumes*. 1925

La mémoire est ce qui assure pour l'individu la continuité du monde, de son histoire, de sa personnalité. Elle autorise la persistance du passé dans l'instant présent. Elle permet de se reporter aux événements antérieurs, de les confronter et de les rétablir dans leur déroulement temporel et leur cohérence interne. Cependant nos souvenirs, garants de notre identité, ne sont pas « enregistrés » tels que. Ils sont *reconstruits*, *réorganisés*, à chaque étape de leur mise en mémoire *et* de leur évocation. Ainsi, un même événement sera vécu et raconté de diverses façons par différents participants ou par un même sujet au fil du temps.

La mémoire, c'est aussi (pour l'enfant, *surtout ?*) la capacité d'*apprendre*, d'engranger des savoirs. « L'apprentissage désigne tout processus susceptible de *modifier un comportement ultérieur.* » (A. Baddeley). On a longtemps opposé, dans les apprentissages, la mémorisation (plutôt dépréciée) et la compréhension (valorisée, car liée à l'intelligence, au raisonnement). Mais c'est oublier que l'on ne raisonne pas « à partir de rien », que l'intelligence s'exerce sur un matériel mémorisé, sur des connaissances.

Très dépendantes des fonctions attentionnelles et exécutives (chapitre 5), les fonctions mnésiques sont multiples. Elles réalisent un vaste système composé de sous-systèmes partiellement isolables se développant de façon spécifique, chacun pouvant être préservé ou atteint au décours d'un développement pathologique. Nous montrerons que certains systèmes mnésiques plus robustes que d'autres peuvent être préservés, alors que d'autres peuvent s'avérer déficients, permettant certains apprentissages, mais en compromettant d'autres. D'où l'utilisation du pluriel : nous parlerons « *des* » mémoires, décrirons le fonctionnement – le développement – les symptômes, propres à chaque sous-système.

Ces quelques rappels soulignent qu'il s'agit d'une fonction protéiforme.
Aucun domaine de l'intelligence et de la psychologie humaine n'échappe aux influences mnésiques, *compétences transversales,* alimentant et irriguant toutes les autres fonctions cognitives. Les apprentissages exigent la sollicitation de savoirs anciens mémorisés et la constitution de savoirs nouveaux à mémoriser.

Cette complexité est désormais bien établie aussi chez l'enfant

Ceci pour réfuter l'idée assez répandue que, si l'enfant était porteur d'une pathologie mnésique, il n'aurait pu faire *aucune* acquisition depuis sa naissance ; et son corollaire, ayant manifestement fait des acquisitions, il est donc indemne de tout trouble dans le secteur mnésique ! Ce « pseudo-bon sens » a longtemps fait obstacle à l'investigation de la mémoire chez l'enfant, contribuant encore aujourd'hui à négliger ou nier l'existence des *dysmnésies développementales*.
Alors que nous disposons désormais dans ce domaine de tests étalonnés et d'outils diagnostiques fiables, lorsque les spécialistes des troubles cognitifs développementaux listent les dys-, les dysmnésies sont encore aujourd'hui tout simplement omises !

Différents systèmes mnésiques

Classiquement la mémoire est définie comme l'ensemble des systèmes biologiques et psychologiques réalisant :

- dans un premier temps l'inscription en mémoire (fixation, enregistrement) ;
- puis le stockage (conservation) ;
- permettant l'utilisation ultérieure des données mémorisées (restitution).

Mais si tout un chacun sait ce que c'est que d'avoir une « bonne » ou une « mauvaise » mémoire, c'est-à-dire d'emmagasiner et conserver[84], puis de se rappeler, c'est-à-dire d'évoquer consciemment tel ou tel aspect des souvenirs emmagasinés, il ne s'agit en aucun cas d'un tout homogène, d'un secteur unique ou unifié.

- Sur l'axe temporel, on distingue :
  - la *mémoire rétrograde*, concernant les connaissances et souvenirs stockés dans le passé ;
  - la *mémoire antérograde*, intéressant les informations nouvelles à enregistrer, permettant de nouvelles acquisitions ;
  - la *mémoire prospective*, fonction essentielle dans la vie quotidienne permettant la réalisation de nos intentions dans le futur (*les courses à faire ce soir, rappeler telle personne demain matin*). Cela suppose le maintien actif sur une certaine durée de la mémorisation de faits.
- Si l'on s'intéresse aux contenus de la mémoire, on distingue :
  - la *mémoire procédurale* stockant des savoir-faire ;
  - la *mémoire déclarative* qui conserve les connaissances ;
  - la « *métamémoire* », c'est-à-dire la connaissance ou les croyances que l'on possède sur notre propre mémoire.
- Si l'on se centre sur les fonctions de la mémoire, on reconnaît :
  - des *mémoires à long terme* (MLT), qui stockent les informations de quelques minutes à toute la vie et possèdent des structures spécifiques de saisie, de stockage et de récupération des informations ;
  - des mémoires provisoires, transitoires, qui possèdent, elles aussi des structures et des fonctionnements propres :
    - « à très court terme » (mémoire sensorielle),
    - « à court terme » (MCT), stockage passif provisoire,
    - ou encore « de travail » (MT), mémoire permettant un travail cognitif en temps réel sur des données stockées temporairement.
- Enfin, on ne peut aborder la mémorisation sans prendre en considération l'*oubli*, et ce, selon différents points de vue :
  - phénomène actif d'effacement de la trace ;
  - trouble de la fixation, du codage initial de l'enregistrement ou de la consolidation secondaire ;
  - trouble du rappel, l'information est bien stockée, mais irrécupérable ;
  - influence d'interférences, rétro- ou proactives[85], qui provoquent des confusions, amalgames et télescopages.

Cependant, un oubli sélectif et modéré est indispensable au bon fonctionnement cognitif.

Ce véritable puzzle de différents sous-systèmes, isolables mais interdépendants (fig. 4.1) peut être représenté fonctionnellement par MNESIS, modèle mis au point par Eustache et Desgranges (2003).

Nous structurerons ce chapitre autour de trois grands secteurs (fig. 4.1) :
- la mémoire procédurale ;
- les mémoires déclaratives (sémantique et épisodique) ;
- la MT.

Il s'agit de systèmes interdépendants possédant chacun leurs règles de fonctionnement, sous-tendus par des réseaux cérébraux identifiés et distincts, pouvant donner lieu en pathologie à des dissociations variables (l'un des secteurs étant préservé ou atteint indépendamment de la préservation ou de l'atteinte des deux autres).

Mémoire procédurale

Comme son nom l'indique, elle stocke des procédures c'est-à-dire des règles de fonctionnement. Il s'agit des différents *savoir-faire* permettant de développer chacune des grandes fonctions cognitives domaine-dépendantes. La mémoire procédurale est donc le terreau dans lequel s'enracinent tous les apprentissages, practomoteurs, langagiers… Il ne faut cependant pas la réduire à la mémoire *de* l'action (apprendre à faire du vélo ou à jouer du piano), des procédures cognitives complexes (la résolution d'équations) sont aussi stockées en mémoire procédurale. En quelque sorte, il s'agit d'une structure, sorte de trame sur laquelle les événements, les informations, les données s'inscrivent.

[84] Des savoirs, des souvenirs, des sensations, des événements, des émotions, des informations…

[85] Interférences rétroactives : les informations nouvelles altèrent la mémorisation de faits anciens. Interférences proactives : les informations anciennes infèrent sur une nouvelle et rendent sa mémorisation difficile.

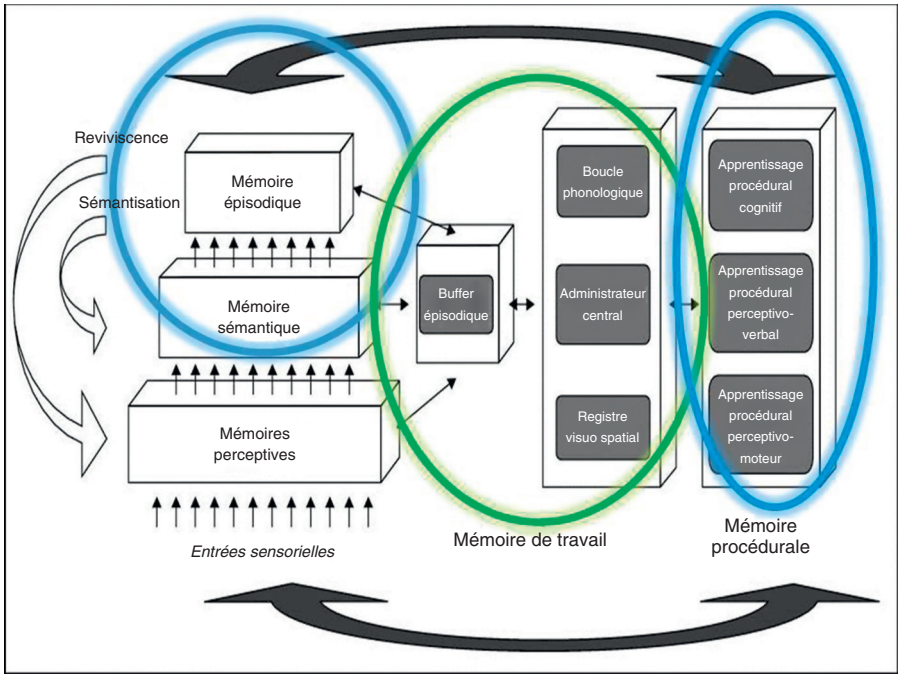


Fig. 4.1. Les différents systèmes mnésiques.
Les mémoires à long terme (en bleu) et la mémoire de travail (en vert). *Inspirée de : Eustache F, Desgranges B. Concepts et modèles en neuropsychologie de la mémoire : entre théorie et pratique clinique. In : Meulemans T, Desgranges B, Adam S, Eutache E (eds). Évaluation et prise en charge des troubles mnésiques. Marseille : Solal, 2003 : 13–49.*

Ce canevas *spécifie les processus* par lesquels les acquisitions de tel domaine cognitif seront engrammées. Il se remplit de tel ou tel élément au fil du développement. Ces procédures ne sont *ni conscientes ni verbalisables,* on peut juste en dire : *on fait comme ça !*

La mémoire procédurale est précocement efficace chez le bébé. Elle rend compte des acquisitions majeures qui se font entre 0 et 3 ans, bien avant la maturation des autres systèmes mnésiques. Elle a la particularité d'être très robuste.

Mémoires déclaratives

A contrario, la mémoire déclarative, *consciente et explicite*, peut s'exprimer *verbalement* (d'où son nom). Elle est récupérable intentionnellement et recouvre largement l'idée habituelle que chacun se fait de « la » mémoire, ensemble de nos savoirs et connaissances descriptives : mots, concepts et idées, connaissances sur soi et sur le monde, connaissances académiques, expériences vécues, etc. Ces systèmes, de développement plus tardif (ils s'appuient sur le langage pour se manifester), sont aussi plus vulnérables. Au sein de la mémoire déclarative, on isole deux secteurs relativement indépendants :

- la mémoire sémantique d'une part ;
- la mémoire épisodique d'autre part.

Mémoire sémantique

Constituée en *réseaux distribués* qui engramment la *valeur* des divers *signifiants*, quelle que soit leur forme de surface, elle correspond à l'ensemble des connaissances *générales* que le sujet possède sur le monde (le soleil se lève à l'est ; Paris capitale de la France ; 6 × 3 = 18).

Elle repose de façon bilatérale sur les lobes temporaux externes, en lien avec l'hippocampe qui joue un rôle dans la mémorisation de nouvelles informations.

Pour certains, le système sémantique serait unique et indépendant de la modalité d'entrée des informations ; pour d'autres, il est organisé en sous-systèmes modalité-dépendants : verbal et visuel.

C'est une mémoire *décontextualisée*, on ne peut pas dire *ni où ni quand* ce savoir a été précisé-

ment acquis. Il n'est relié à aucune émotion ou à aucun vécu subjectif particulier. Elle renferme le corpus des connaissances partagées par toute une communauté, indépendamment de toute référence spatiotemporelle. Certaines sont acquises implicitement, transmises culturellement dans le milieu de vie, mais beaucoup sont apprises par le biais de la scolarité (connaissances didactiques).

Une analogie : la très grande bibliothèque ou TGB

De contenance (supposée) illimitée, elle permet l'acquisition de nombreux volumes qui doivent être rangés, mais surtout *classés* pour permettre de retrouver chacun facilement et précisément :

- chaque ouvrage est d'abord apprécié, non en fonction de la couleur de la couverture ou du format du livre (forme de surface), mais en fonction de son *contenu* (traitement sémantique, dit aussi « profond »), ce qui déterminera son *emplacement* dans le réseau de la TGB ;
- simultanément une *fiche* est constituée (indiçage) qui précise ses caractéristiques (auteur, éditeur, date de parution, thème…) et son emplacement, son *adresse,* dans la TGB.

Mémoire épisodique

C'est la mémoire de l'ensemble des souvenirs propres à chaque individu *assortis de leur connotation subjective*, qui constitue l'histoire, les savoirs, la biographie propres à chacun.

Cette mémoire s'applique à tout fait, événement, information ou connaissance, qui, lors de sa présentation, suscite un intérêt, un sentiment, une émotion, un affect. Concernant l'essentiel des événements de notre vie, elle s'opère spontanément, *sans intervention consciente* du sujet, sans effort apparent (faible coût cognitif). C'est tout naturellement que nous nous rappelons avec précision nos souvenirs vécus intensément, sans faire volontairement quoi que ce soit pour les retenir.

Le circuit limbique, *automatiquement activé*, enregistre et mémorise de façon implicite, automatique, solide et stable, toute information à connotation affective (positive ou négative). Le sentiment de « reviviscence » accompagnant l'évocation (ou la reconnaissance) du souvenir est la marque du souvenir épisodique, nommé aussi *conscience autonoétique* (*cf. infra*).

Les souvenirs : une reconstruction obligée

« Quoi qu'on fasse, on reconstruit toujours le monument à sa manière. Mais c'est déjà beaucoup de n'employer que des pierres authentiques ».

Marguerite Yourcenar. *Les mémoires d'Hadrien*. 1951

L'inscription d'un souvenir dépend de l'importance donnée par le sujet à chaque élément de la scène, fonction de l'attention portée à tel ou tel élément. La consolidation du souvenir, liée à la répétition et/ou la reviviscence, induit cependant des distorsions. Un souvenir n'est jamais la photographie objective d'un événement, mais plutôt une reconstruction, un subtil bricolage à partir d'éléments réels (ou probables) dont chacun est assorti d'un coefficient (d'intérêt, d'attention, de motivation) qui lui donne une proportion relative propre au sujet et à chaque remémoration du souvenir.

Cette mémoire, *essentiellement contextuelle*, se rapporte aux faits, expériences, connaissances *particularisables* en fonction du contexte, de la charge affective, des conditions uniques qui entouraient l'acquisition de cette information. On peut dire « où, quand, comment » a été inscrite telle information : « c'est pendant mes vacances en Auvergne que j'ai lu ce livre ». Elle concerne le vécu de chacun et joue un rôle capital dans l'histoire et la biographie personnelle des individus.

Cette mémoire siège dans le circuit limbique. Yonelinas et al. (2005) ont également montré l'importance des lobes préfrontaux

La mémoire autobiographique stocke les événements que nous avons vécus. Elle nous permet non seulement de *les situer dans le temps et l'espace,* mais aussi de les restituer dans leur *contexte émotionnel* et leur ambiance qualitative (bruits, odeurs, lumière) et d'évoquer (reviviscence) le ressenti subjectif (sensations corporelles, état d'esprit, pensées) qui leur est associé, leur connotation affective. Des événements socioculturels partagés par toute une communauté (mémoire collective), peuvent être intégrés à la mémoire autobiographique (le 11 septembre 2001, j'étais à tel endroit).

Tous ces souvenirs s'organisent selon une chronologie plus ou moins rigoureuse, propre à chacun, certaines périodes de temps pouvant être contractées ou au contraire étirées.

Le rappel de ces souvenirs peut se faire :

- *de façon intentionnelle* : on retrouve alors généralement d'abord des indices généraux (périodes de vie : ça se passait durant mes années de collège), larges périodes qui servent de « balises » à partir desquelles on évoque l'événement précis et détaillé, associé à son halo perceptif et émotionnel ;
- *ou de façon incidente* : un élément fait ressurgir de façon inopinée un souvenir précis qui partage le même halo sensoriel ou émotionnel (l'audition d'une vieille chanson associée à un flirt), éléments dynamiques qui se transforment et évoluent avec le temps, potentiellement distordus.

Certains souvenirs, initialement autobiographiques peuvent, par la répétition de l'événement, s'inscrire comme des connaissances sémantiques.

La mémoire autobiographique sollicite de nombreux réseaux : frontaux (stratégie de recherche, reconstruction du souvenir), temporaux (savoirs généraux, sémantiques, sur sa propre vie), hippocampiques (reviviscence, aspects émotionnels), et pariéto-occipitaux (imagerie mentale).

Au total

Qu'il s'agisse de langage, d'apprentissages académiques ou de souvenirs biographiques, les mémoires épisodique et sémantique, au-delà de leurs réelles spécificités ont partie liée, ce qui justifie leur regroupement sous le terme générique de mémoire *déclarative*.

Mémoire de travail

MCT et MT

La plupart des auteurs ne considèrent actuellement qu'une seule seule sorte de mémoire transitoire (dénommée alors MCT, et correspondant alors à la fois à la MCT et à la MT).

D'autres (Cowan, 2008) – dont nous sommes – considèrent que MCT et MT sont *deux entités différentes*. En effet, si dans les deux cas il s'agit toujours de maintenir brièvement actives quelques informations, sur le plan structurel et fonctionnel, MCT et MT ont des caractéristiques différentes :

- la MCT conserve les informations durant un court délai (environ une minute). Poncelet et al. (2009) définissent la MCT « comme un système et un processus sous-tendant le stockage *passif* d'informations verbales ou visuospatiales » ;
- la MT, outre un espace de stockage, comprend un processeur de contrôle (l'administrateur central) permettant de surcroît un *travail* sur ce matériel transitoirement stocké et non une simple restitution.

On observe d'ailleurs en clinique des *doubles dissociations* signant la relative indépendance de ces deux éléments : certains enfants réussissent bien l'épreuve de restitution de données sérielles dans l'ordre (MCT) et non l'épreuve de réorganisation du matériel (MT), alors que d'autres présentent le profil inverse.

Rôle de la MT

Les informations issues des différents systèmes perceptifs (*cf.* fig. 4.1) sont captées, analysées et brièvement stockées dans ces systèmes perceptifs (mémoire sensorielle, quelques millisecondes) avant d'être transférés dans une mémoire transitoire dont la capacité et la durée de stockage sont limitées, dont le rôle est de *maintenir actifs certains éléments choisis pour réaliser une tâche cognitive* (résolution de problème, au sens large du terme).

Beaucoup d'informations arrivent dans les différents systèmes de traitement de manière *séquentielle*, sérielle, les unes après les autres. Le traitement unitaire de ces éléments au fil de leur entrée dans les systèmes de traitement serait sans efficacité, sans construction de sens.

Par exemple, lors d'une tâche de lecture, des *entrées de faible signification* (si l'on se réfère aux mots isolés) sont *transformées* en temps réel en éléments porteurs de plus en plus d'informations, de plus en plus grande valeur sémantique, jusqu'au niveau du sens, des concepts, des idées, dont la combinaison et la mise en relation (avec des informations antérieurement stockées en MLT) permettent *la compréhension* du texte au fil de la lecture.

La MT représente le système qui permet de conserver actifs quelques secondes en mémoire, un nombre restreint de ces éléments arrivant « en ligne », généralement associés à d'autres sélective-

ment récupérés en MLT, de façon à pourvoir les confronter, les combiner ensemble, pour assurer le travail cognitif que nécessite leur prise en compte *simultanée*.

Les résultats de la tâche cognitive ainsi effectuée peuvent être ensuite adressés en MLT.

MT et langage (oral/écrit)

Nous avons signalé que les dysphasies (chapitre 2) tout comme les dyslexies phonologiques (chapitre 6), s'accompagnent d'un déficit notable en MT auditivo-verbale.
La MT peut en effet être comprise comme le catalyseur du langage, à l'intersection entre mémoires et langage, oral et écrit (fig. 4.2).

Modèle de Baddeley

Nous présentons ici le modèle le plus utilisé et le plus fonctionnel en pratique clinique. Baddeley (1986) propose un système qui comprend initialement trois composantes :

- l'*administrateur central*, amodal, gérant les ressources attentionnelles et contrôlant *deux « systèmes esclaves »* modalité-dépendants ;
- l'un auditivo-verbal dit *boucle phonologique* ;
- l'autre visuospatial dit *calepin visuospatial*.

Baddeley (2000) y adjoint ensuite un quatrième élément, le *buffer épisodique*, qui complète le système (fig. 4.3).

Boucle phonologique

Ce système, dédié au maintien temporaire des informations auditivo-verbales, est exploré par des épreuves de rétention et/ou de réorganisation de listes sérielles (mots, chiffres, lettres, sons…), le nombre d'items restitué immédiatement représentant l'*empan* mnésique. L'empan évolue avec l'âge et le niveau intellectuel de l'enfant.

La boucle phonologique est elle-même constituée de deux sous-systèmes :

- l'un est un élément de *stockage* (appelé stock phonologique), qui peut maintenir actives les informations environ 2 secondes. Au-delà, les données commencent à s'effacer. Les informations y sont déposées sous forme phonologique, ce que

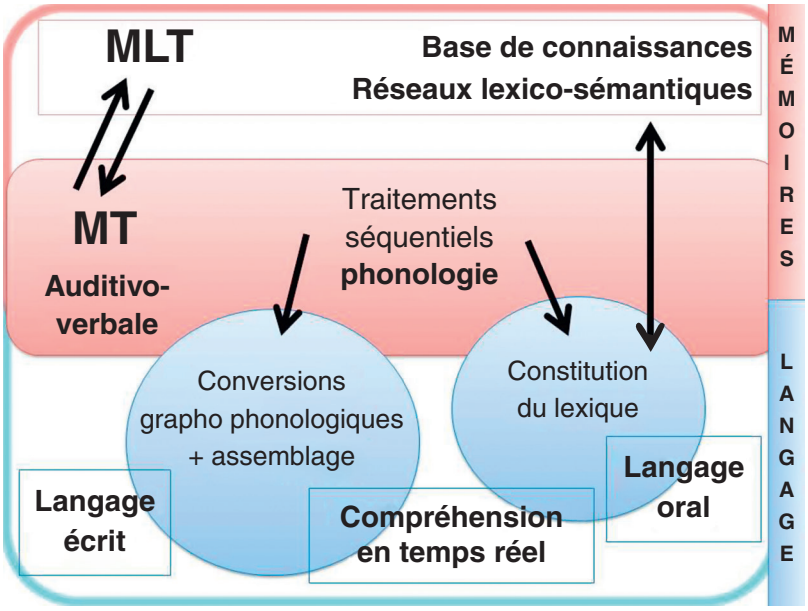


Fig. 4.2. **Les intersections mémoire/langage.**

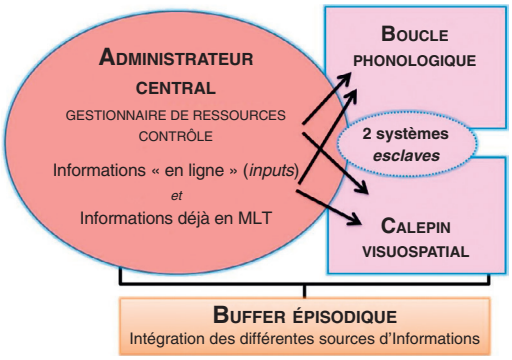


Fig. 4.3. Structure de la mémoire de travail.
MT : mémoire de travail ; MLT : mémoire à long terme.

confirme l'*effet de suppression articulatoire*. Si l'on ajoute à la tâche de MT verbale une tâche articulatoire (ex. : dire «ba/ba/ba/ba»), l'empan mnésique se dégrade fortement traduisant la concurrence entre les deux tâches, toutes deux phonologiques ;

- l'autre est un processus actif de répétition, de *récapitulation articulatoire* (subvocalisation) qui permet de «rafraîchir» les informations stockées, de les maintenir actives et/ou de les réentrer dans le système, afin d'en disposer durant un délai plus long pour effectuer le travail cognitif requis.

L'existence de ce processus est corroborée par les faits suivants :

- l'effet de similarité phonologique. Lors de la restitution d'une liste de mots, la performance (l'empan) se dégrade si les mots entretiennent des rapports de proximité phonologique (cou, loup, roue, mou) ;
- l'effet de longueur des mots. Les mots courts donnent lieu à un meilleur empan que les mots longs. Ces derniers en effet prennent plus de temps pour être récapitulés : la vitesse d'articulation fonction de la longueur des mots est donc reliée à l'empan mnésique.

L'empan dépend de la *familiarité* du matériel à mémoriser, donc des informations sémantiques déjà inscrites en MLT. Ainsi, l'empan de mots est plus important que l'empan de non-mots ; l'empan de mots fréquents est plus important que l'empan de mots rares.

La taille de l'empan est capitale concernant :

- la compréhension du langage oral (consignes longues ou multiples, discours, récits) ;
- et du langage écrit (données d'un problème, texte) ;
- le calcul, la manipulation de données numériques ;
- le raisonnement et la résolution de problèmes au sens large ;
- mais aussi l'acquisition de nouvelles formes phonologiques, qu'il s'agisse :
  - de l'acquisition d'un vocabulaire précis et spécifique n'appartenant pas au vocabulaire courant (*cf.* le lexique acquis au cours de la scolarité, par exemple : orthogonal, fossile, séisme, facétieux[86]),
  - ou de l'apprentissage formel, scolaire, d'une langue étrangère.

Calepin visuospatial

Ce système maintient brièvement en mémoire des informations visuelles, visuospatiales, mais aussi les *images mentales* générées et utilisées au décours d'un travail cognitif. Il fonctionne comme le précédent, avec un système de stockage et un processeur de répétition rafraîchissant et maintenant actif le stock visuospatial le temps nécessaire au travail cognitif.

Ainsi, on note :

- l'*effet d'interférence* d'une tâche visuelle ou visuospatiale concurrente (ex. : regarder des configurations de cases noires et blanches diversement réparties) qui fait chuter l'empan mnésique (alors qu'une tâche simultanée phonologique n'a aucun effet sur l'empan visuospatial) ;
- l'*effet de similarité visuelle* : lors du rappel d'éléments entretenant des relations de similarité visuelle (H et N), on note des confusions et l'empan est moindre que si les items sont visuellement sans liens (H et O) ;
- l'*effet de complexité* (qui peut peut-être être considéré comme le pendant de l'effet de longueur pour la boucle phonologique).

Par ailleurs, le calepin visuospatial comporte deux versants liés au matériel à mémoriser :

- l'un strictement visuospatial (ex. : mémorisation de matrices, de points, de cases noircies dans des grilles, de dessins géométriques) ;

[86] Il s'agirait de 300 à 1 000 mots nouveaux et spécifiques par année scolaire selon les niveaux.

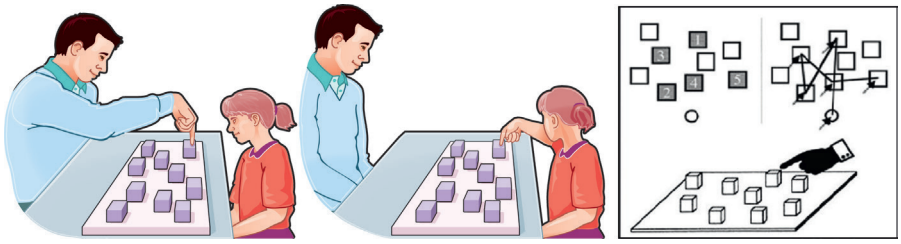


Fig. 4.4. Épreuve des cubes de Corsi.
D'après : Sammer G. Working memory load and EEG-dynamics as revealed by point correlation dimension analysis. International Journal of Psychophysiology 1999; 34 : 89–102. Par Carole Fumat.

- l'autre practospatial, codant les *mouvements* dans l'espace (Cubes de Corsi[87] [fig. 4.4]). Neuf cubes sont disposés sur la table. L'examinateur en *désigne certains du doigt successivement,* ce qui réalise un geste dessiné dans l'espace par l'examinateur (trajet virtuel). Immédiatement après, le sujet doit désigner à son tour ces mêmes cubes dans le même ordre. On obtient ainsi, après plusieurs essais successifs, un empan direct, reflet de la mémoire à court terme. En ordre inverse, on détermine un empan à rebours, réclamant un travail de réorganisation, reflet de mémoire de travail visuospatiale.

L'empan visuospatial est très variable chez un même sujet en fonction de la complexité visuelle du matériel présenté et des conditions (durée de présentation, délai de réponse). En outre, beaucoup d'informations présentées visuellement peuvent être recodées phonologiquement et traitées par la boucle phonologique, d'où l'intérêt d'utiliser des items non dénommables.

Le rôle de cette MT visuelle et/ou visuospatiale est important lors :

- de la constitution d'analogies et/ou de catégories logiques sur la base d'informations visuelles (géométrie). C'est aussi le cas lors d'épreuves de « classement catégoriel » (EDEI-R) ou de complètement de puzzles (Progressives Matrices) : les enfants doivent prendre connaissance de nombreux items visuels, les confronter les uns aux autres selon différents critères pour en extraire le point commun ou manquant ;
- de la comparaison d'images mentales (par exemple, décider si la personne en face de soi est bien Julie, ou simplement quelqu'un qui lui ressemble), ou lors de tâches de rotation mentale (ou de manipulation mentale d'une carte spatiale).

Administrateur central

Baddeley met au centre du système un processeur central qui contrôle, coordonne et répartit les ressources attentionnelles pour les deux systèmes-esclaves. Il s'agit d'un processeur de *gestion* des données (*non* de stockage). Cette composante de sélection, de contrôle, de planification et de répartition des ressources représente la part des fonctions exécutives en charge de la gestion des MT, auditivo-verbale et visuospatiale (*cf.* fig. 5.2).

Le rôle des fonctions exécutives dans la gestion de la MT est double :

- d'une part *mettre à jour* en permanence le système de stockage *et* sélectionner les éléments à stocker et à maintenir actifs (à récapituler), ou au contraire à négliger. Le processus de mise à jour ou d'actualisation de la MT est indispensable *et permanent*, lié d'une part à la faible capacité des systèmes de stockage, d'autre part à l'entrée en continu des *inputs* à traiter (écoute d'un cours, lecture d'un récit). Cette mise à jour doit être pertinente : les éléments entrants ou sortants du système doivent être *sélectionnés* en fonction de la tâche à effectuer ;

[87] Ou dans la BEM 144, de JL Signoret.

Une analogie : le jonglage

Un jongleur (par exemple) peut jongler avec 6 balles (empan mnésique). À chaque nouvelle balle qui lui est envoyée (*inputs*), il doit laisser tomber *au moins une* des balles en jeu pour attraper *au moins une* des nouvelles balles qui arrivent (mise à jour, actualisation). Faute de quoi, tous les éléments peuvent être perdus (chute de plusieurs ou toutes les balles).

Cela nécessite *attention soutenue, partage des ressources* (entre le fait d'une part de guetter et sélectionner les *inputs* à « attraper », et de continuer à jongler) et *sélectivité* (tous les éléments sont différents et d'un intérêt plus ou moins en rapport avec son projet). Enfin, le jongleur ne peut ni s'arrêter (il faut en permanence rafraîchir et en permanence mettre à jour), ni être trop lent (notion d'un temps maximal d'environ 2 secondes pour effectuer les traitements avec un jeu donné de balles), sous peine là encore de perdre toutes ses balles.

Cette analogie souligne l'aspect *dynamique* de la MT et de sa gestion par l'*administrateur central.*

- d'autre part mais simultanément, répartir les ressources entre le maintien des informations (leur stockage, qui isolément ne permet que leur restitution à l'identique) *et* leur traitement, plus ou moins coûteux en fonction du nombre des éléments à considérer, leur complexité, types de traitements à effectuer (routiniers ou non), l'expertise du sujet.

Exemples de la nécessité de stocker *et* simultanément de traiter les informations

Vérifier sa monnaie chez un commerçant (stocker la somme donnée *et* effectuer la soustraction).

Garder en tête le début de la phrase (« soulignez en bleu les verbes… ») *et* y intégrer la précision («… du premier groupe »), etc.

NB. Lors de la mise en jeu de la MT, les capacités attentionnelles (orientation et focalisation de l'attention) et de sélectivité sont fortement sollicitées. Le maintien des informations dans le système est fragile, très vulnérable aux interférences liées à des distracteurs (entraînant des oublis) que le sujet doit impérativement *inhiber*.

Buffer épisodique

Le système précédent à trois composantes ne permettait cependant pas de rendre compte de toutes les contraintes qui s'imposent aux systèmes de MT.

Pourquoi introduire le *buffer* épisodique ?

« Dans le modèle initial, le maintien à court terme des informations est trop contraint, du fait des capacités limitées des systèmes de stockage, pour expliquer les capacités du système cognitif à traiter des informations nombreuses et complexes. Lors du rappel de textes, le système cognitif est capable de maintenir et de restituer un nombre d'informations qui dépasse de loin l'empan auditivo-verbal. Cela souligne les interactions permanentes avec la mémoire à long terme, mais suggère aussi l'existence d'une *instance de stockage* dont les capacités et les caractéristiques sont autres que celles des sous-systèmes satellites du modèle initial. La difficulté est décuplée quand il s'agit d'informations nouvelles, partiellement représentées en mémoire à long terme et, de surcroît, *sous un mode multimodal*, ne pouvant être stockées dans un sous-système satellite spécialisé. »

F. Eustache et B. Desgranges. *Les chemins de la mémoire*. 2012. p. 110

À l'interface entre MT et mémoire épisodique, le *buffer* (fig. 4.3) peut conserver les informations plusieurs secondes. Il est chargé du *stockage temporaire et intégré* d'informations venant de *diverses sources* de modalités différentes. Il est dit « épisodique », car il stocke des « épisodes » spécifiés dans le temps et dans l'espace. Il est également sous le contrôle de l'administrateur central.

Tableau 4.1. Caractéristiques comparées MLT *versus* MT.

	Mémoire à long terme	Mémoire de travail
Nombre d'informations stockées	Illimité	Limité à l'empan (1 à 9 éléments, selon l'âge et l'expertise)
Durée du stockage	Illimité	Environ 2 secondes
Traitement des informations	Sur le fond (traitement sémantique, conceptuel)	Sur la forme (ex. : phonologique pour le matériel verbal)
Maintien des informations	Réutilisation	Répétition
Rôle spécifique	Acquisition de connaissances (savoir-faire, savoirs, biographie)	Traitement « on line » des *inputs*
Rôle spécifique dans le domaine langagier	Construction et utilisation des réseaux lexico-sémantiques Construction et récupération des scripts et schémas	Compréhension des discours et textes en temps réel
Analogie	Très grande bibliothèque	Le jongleur

Cette instance joue un rôle important :
- dans la récupération des informations pertinentes en MLT ;
- dans l'inscription en MLT des informations en provenance de la MT ;
- dans l'encodage et la récupération en mémoire épisodique. À ce titre, il intervient dans l'expérience biographique de notre vécu.

L'administrateur central

Comme toutes les fonctions exécutives, il repose sur des réseaux frontaux. L'imagerie fonctionnelle (Wager et Smith, 2003) le confirme et le précise : les fonctions de manipulation de l'information (stratégie, flexibilité) activent le cortex frontal inférieur, alors que le cortex frontal supérieur est plutôt sollicité lors des opérations de mise à jour de la MT. La boucle phonologique active les aires de Broca et de Wernicke dans l'hémisphère gauche, tandis que le calepin visuospatial active les aires visuelles (occipitales et pariétales postérieures).

Synthèse

Les mémoires comportent toutes des éléments de stockage *et* des instances de gestion du stock. Ces dernières ressortent des fonctions attentionnelles et exécutives.

En ce qui concerne la MT, les éléments de stockage sont constitués de la boucle phonologique, du calepin visuospatial et du *buffer* épisodique. La partie exécutive de la MT, appelée « administrateur central », peut aussi être considérée comme une fraction des fonctions exécutives dédiée à la MT. À ce titre, cette partie exécutive de la MT sera intégrée au chapitre suivant, traitant des fonctions exécutives (*cf.* fig. 5.2).

La distinction entre mémoires à long terme et mémoire(s) transitoire(s) (au singulier ou au pluriel selon que l'on considère MCT et MT comme un seul système ou comme deux systèmes distincts) est féconde. On peut, schématiquement, résumer ainsi leurs principales caractéristiques (tableau 4.1).

Mais, au-delà de ces oppositions, l'ensemble forme un système complexe (fig. 4.5), au sein duquel chaque élément entretient des relations de dépendance avec les autres.

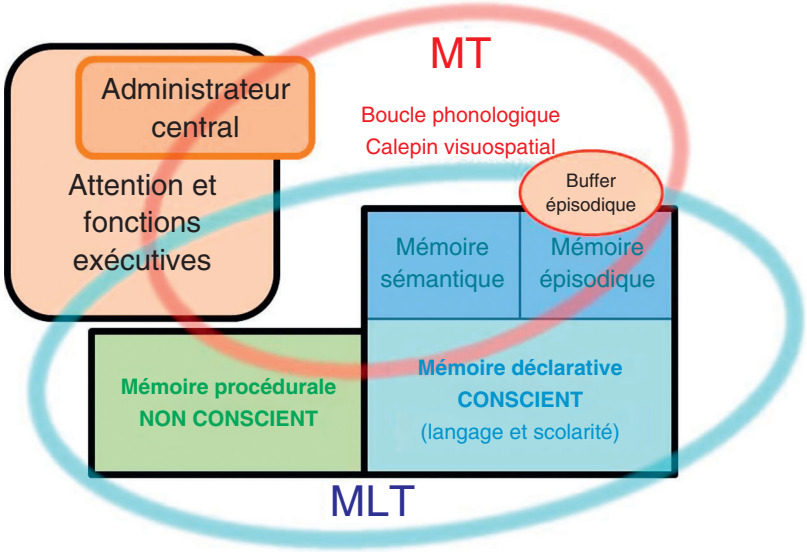


Fig. 4.5. Les sous-systèmes mnésiques et leurs interrelations.
MT : mémoire de travail ; MLT : mémoire à long terme.

Mémoires et apprentissages

Avant même d'être mémorisées, les informations doivent d'abord être repérées et *saisies* pour être traitées et engrammées[88]. Cette phase, qui représente l'entrée dans les systèmes mnésiques en conditionne l'« alimentation ». Elle dépend de l'intégrité des fonctions de « capture » de l'information : systèmes sensoriels, fonctions attentionnelles et exécutives, âge et intérêts du sujet, état émotionnel et expertise dans le domaine, etc. (fig. 4.6). Certaines contre-performances mnésiques pourront donc être rapportées directement aux systèmes qui, en amont, alimentent la mémoire.

Dans cette section nous nous centrons sur le fonctionnement des mémoires qui constituent le socle des apprentissages en général, plus particulièrement le langage (oral et écrit) et les apprentissages didactiques et scolaires (académiques).

Mémoires et langage

Tout comme mémoires et conscience sont intimement liées, mémoires et langage sont des fonctions largement imbriquées.

Lexique

Au sein des compétences linguistiques, c'est en effet le lexique qui est directement concerné par la mémoire sémantique (et non la syntaxe[89]). La taille du lexique, sa précision et sa disponibilité sont des ingrédients très importants de la réussite scolaire.

La constitution du lexique repose sur la coordination des mémoires sémantique et de travail.

La mémoire sémantique est le support des réseaux lexico-sémantiques qui permettent le stockage et la récupération des mots du lexique avec leur signification[90].

L'alimentation de ces réseaux est :

- implicite, en situation écologique de « *bain de langage* » ;
- explicite et intentionnelle, en situation d'apprentissage scolaire : termes spécifiques non

[88] Engrammer : inscrire cérébralement.

[89] En effet, en ce qui concerne la syntaxe (Ullman et al., 1997), nous rappelons qu'il ne s'agit pas d'un « stockage en mémoire », mais bien d'un *savoir-faire* (procédural) dont le dysfonctionnement est au cœur du concept de dysphasie (dysphasie phonologique-syntaxique), *cf.* chapitre 2.

[90] En ce qui concerne l'organisation fonctionnelle de ces réseaux, *cf.* chapitre 2, fig. 2.6.

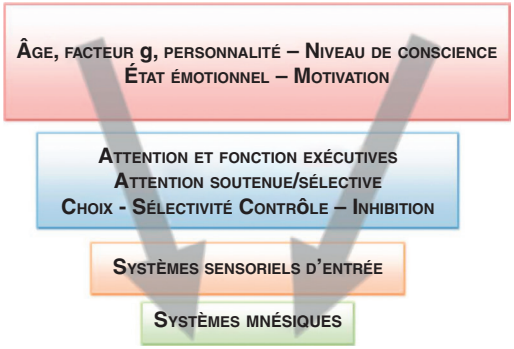


Fig. 4.6. Les « entrées » dans les systèmes mnésiques.

utilisés en langage courant, ou apprentissage d'une langue seconde.

La MT auditivo-verbale (MT *phonologique*) est déterminante pour retenir la suite ordonnée de phonèmes constituant un mot nouveau. Les compétences phonologiques et métaphonologiques sont très significativement corrélées au niveau lexical de l'enfant (Bonvin, 2009).

Outre la taille du lexique, il faut considérer sa *disponibilité*. Un mot est d'autant mieux engrammé et d'autant plus accessible :

- qu'il est fréquent ;
- qu'il est proche d'un exemplaire typique de la catégorie : table ou armoire sont des prototypes de la catégorie « meubles » ; au contraire, placard ou étagère seront beaucoup moins facilement évoqués comme « meubles », car moins typiques ;
- qu'il appartient, dans sa catégorie sémantique, au niveau de base (*cf.* fig. 2.7) ;
- qu'il est inséré dans un contexte approprié (incitateur), et non appris isolément ou au sein de listes produisant des interférences ;
- qu'il a donné lieu à un amorçage sémantique : la présentation préalable d'un mot relié sémantiquement (assiette) facilite la récupération d'un mot cible (table). Les synonymes et antonymes (« un caillou est dur et un coussin est… ? → mou ») peuvent aussi contribuer aux effets d'amorçage.

Ces éléments peuvent être utilisés pour élargir le lexique, faciliter l'acquisition et l'utilisation d'un vocabulaire nouveau ou d'une langue étrangère.

Compréhension de récits

Pour comprendre des corpus longs (discours, textes), connaître le lexique et accéder à la syntaxe de chaque phrase ne suffisent pas. Il faut construire l'avancée du sens, en intégrant les nouvelles informations, en les replaçant dans leur contexte chronologique.

Les jeunes enfants, jusque vers 7–10 ans, construisent des significations locales qu'ils peinent à coordonner entre elles. Ils ne retiennent que des bribes éparses. Ils ne peuvent accéder au scénario, à la cohérence de l'histoire.

Progressivement, entre 5 et 8–10 ans se mettent en place des structures spécifiques : les *prototypes,* les *scripts* et les *schémas,* représentations qui se construisent progressivement par la répétition d'expériences. Elles facilitent la compréhension de ces corpus longs et s'inscrivent alors peu à peu en *mémoire sémantique.* Ces « cadres mentaux » (prototypes), ces « squelettes » de situations courantes (scripts) ou de récits (schémas narratifs), servent de trame où s'inscrivent les différents éléments du récit, histoire, discours.

Prototypes

Ce sont des « condensés » de traits caractérisant une classe, une catégorie de concepts, utilisés ensuite dans des procédures de comparaisons, de regroupements *analogiques.*

Analogies et prototypes

Un moineau ou un merle sont les prototypes de la catégorie « oiseau ». À l'inverse, la poule ou l'autruche qui sont pourtant des oiseaux, sont très éloignés du prototype, en particulier parce qu'il est difficile de les évoquer en train de voler. Plus un exemplaire a d'analogies avec le prototype, plus il sera *facilement évoqué*, par exemple, dans une tâche de fluence sémantique.

Schémas narratifs

En ce qui concerne la compréhension de textes et récits, les schémas constituent une trame mémorisée dans lequel s'inscriront les éléments particuliers de *cette* histoire que j'écoute, lis ou regarde au cinéma. Grossièrement, le schéma narratif classique d'une histoire est le suivant : présentation des personnages, surgissement d'un problème-

conflit-défi, résolution du problème, morale ou conclusion. Cela permet d'accéder à des informations non contenues explicitement dans le texte, de replacer tous les événements dans une logique de déroulement (le scénario) qui donne sens au récit (s'il n'est pas chronologique, s'il y a des *flash-back*).

Il n'y a donc pas *reconstitution* à chaque fois d'un scénario, mais *préexistence* de ce dernier, mémorisé, assurant tri, hiérarchisation, chronologie de l'information au fur et à mesure qu'elle est dispensée.

Scripts

Ce terme désigne une situation familière de vie quotidienne à laquelle on peut se référer sans avoir besoin de la détailler ou de l'expliciter. Les scripts s'inscrivent progressivement *et implicitement* en mémoire à long terme, fruit de l'expérience (familiale, culturelle, sociale) et de la répétition. (*cf.* note de bas de page n° 32, chapitre 2)

Au total

Langage et mémoires sont intimement tressés : ils évoluent de conserve et construisent ensemble des réseaux de plus en plus complexes d'où émergent pensée, langage et conscience.

Mémoire et apprentissages académiques

L'*apprentissage* désigne l'acquisition de connaissances nouvelle, renvoie à l'idée de *processus dynamiques*, impliquant les notions de changements, modifications, évolutions des systèmes, alors que le terme *mémoire* fait essentiellement référence aux notions de *conservation et de permanence* de l'information.

Certains apprentissages *scolaires* (didactiques, académiques) sont des savoir-faire, dépendant de mémoires procédurales spécifiques (la lecture, le graphisme manuel), d'autres sont des savoirs de nature déclarative, conscients et verbalisables, d'abord en mémoire épisodique (importance du contexte d'apprentissage).

Une grande partie des apprentissages scolaires devient secondairement des savoirs sémantiques, sortes d'universaux partagés par toute une communauté (Rome est la capitale de l'Italie). Ils sont alors décontextualisés.

D'autres connaissances sont associées à des souvenirs *incidents*, propres au sujet, mémorisés en même temps que la notion apprise, attachés à l'apprentissage cible lui-même (mémoire épisodique). Indices accessoires, mémorisés *automatiquement* en même temps que l'information principale (tonalité affective et émotionnelle), ils sont très robustes et très importants *pour le rappel* des informations. L'évocation du contexte (indice) soutenant alors le rappel de l'information, voire de l'ensemble des éléments qui lui sont liés. Tout ce qui peut soutenir cette inscription implicite en mémoire épisodique lors de l'apprentissage renforce donc l'inscription de la trace mnésique et en favorise le rappel : contexte inhabituel, anecdote, effet de surprise.

La mise en jeu coordonnée de plusieurs systèmes mnésiques

Ainsi, lorsque l'enfant apprend en classe « qu'un carré est un parallélépipède rectangle dont tous les côtés sont égaux », toutes ses capacités mnésiques sont requises. Sa mémoire procédurale est sollicitée lors de la construction géométrique du carré. Sa mémoire de travail auditivo-verbale lors de l'écoute de la définition dans laquelle chaque mot compte. Sa mémoire sémantique, elle, va engrammer le concept et, peut-être, le rapprocher du prototype des parallélépipèdes (s'il a préalablement construit cette notion) ce qui en facilitera ensuite la rétention et l'évocation correcte. Plus le sujet possède *déjà* d'informations (ou de cadres de pensée) dans le domaine, plus la mémorisation est facile, efficace et de bonne qualité (« I know »).

Si, au même instant, la maîtresse demande à l'enfant de changer de place ce qui le rapproche de sa camarade préférée, il s'en souviendra avec une autre tonalité (mémoire épisodique : il peut encore revivre cette émotion aujourd'hui : « I remember »). Cette mémorisation incidente va « colorer » la trace mnésique de la notion cible (la définition du carré) et faciliter ensuite son rappel.

Circonstances de mémorisation : explicite *versus* implicite

En ce qui concerne les apprentissages, en particulier scolaires, il faut bien distinguer :

- les mémorisations spontanées ou *implicites* qui se font sans intervention volontaire du sujet : c'est le cas des *souvenirs incidents*. Les mécanismes de mise en mémoire sont *automatiques*, non contrôlables par l'individu. La mémorisation ou l'oubli de ces souvenirs sont sous la dépendance des états émotionnels et affectifs de chacun. Les souvenirs ainsi constitués sont particulièrement *robustes* en regard des pathologies organiques, neurologiques ou neurodéveloppementales, alors qu'ils sont très sensibles aux variations psychoaffectives ou aux pathologies psychodynamiques ;
- et les mémorisations *explicites*, intentionnelles, qui nécessitent un *effort mental* particulier et conscient, pour l'acquisition de ces informations, pour lutter contre leur oubli (révisions). *C'est le cas pratiquement de l'ensemble des apprentissages scolaire*s. Ces mémorisations volontaires sont, au contraire des précédentes, particulièrement vulnérables.

Quand l'émotion s'en mêle, les structures limbiques sont automatiquement activées. Lorsque ce n'est pas le cas (peu d'enfants se sentent personnellement concernés par la conjugaison des verbes du deuxième groupe ou la définition du carré !), alors la mémorisation doit être laborieusement mise en route par un *effort* conscient dont le rendement est médiocre (mémorisation fragile, nécessitant de nombreuses révisions et réactualisations).

On peut donc favoriser l'engrammation d'une information nouvelle en manipulant :

- le *contexte* : « halo » d'informations explicites intentionnellement ciblées sous forme d'informations incidentes (spatiotemporelle, affective), stocké simultanément avec l'information, renforçant la trace mnésique, favorisant son rappel ;
- le *contraste* de l'information, autre élément favorable. Le caractère nouveau, inattendu, original, anecdotique de l'information facilite l'apprentissage, au contraire des apprentissages simultanés ou peu contrastés de notions proches favorisant les interférences (tables de multiplication).

Consolidation

Il ne suffit pas qu'une information soit engrammée pour qu'elle persiste en MLT. C'est la qualité de la consolidation de la trace mnésique qui assurera, ou pas, sa pérennité.

Réactivation

La structuration progressive des souvenirs (épisodique et/ou sémantique) se fait par divers mécanismes de *consolidation* : répétitions, réactivations, réutilisations, etc. La consolidation est indispensable au stockage à long terme.

Il existe un gradient temporel : les souvenirs les plus récents, ayant été moins sollicités, sont moins bien « consolidés » en MLT. Les souvenirs les plus anciens sont les plus solides, les plus stables.

Les répétitions atteignent une efficacité maximale en fonction du *délai* existant entre deux répétitions (ce délai optimal varie selon la nature et les conditions de l'apprentissage).

Mémoire et sommeil

Ce lien, d'observation ancienne, a été récemment confirmé par des travaux en IRM-f (Rauchs et al., 2005, 2011), qui montrent la réorganisation des traces mnésiques au cours du sommeil. Lorsque la consigne est de retenir une information, on enregistre un signal dans l'hippocampe : c'est la présence (ou l'absence) de ce signal qui indique ce qu'il faut consolider à long terme ou au contraire effacer. Au cours de la nuit qui suit l'apprentissage, lors des phases de *sommeil lent profond*[91], les neurones de l'hippocampe sont réactivés, participant à la *consolidation* de la trace mnésique. Les souvenirs consolidés sont alors ensuite transférés dans diverses régions du cortex pour y être stockés à long terme (*cf.* fig. 4.8).

[91] Chez les personnes âgées, on constate une importante diminution du sommeil lent profond.

NB. L'oubli (le non-enregistrement de certaines informations, leur non-consolidation) pourrait ne pas être un « trouble », un phénomène connoté négativement, mais le résultat d'une démarche cognitive positive, du ressort d'un choix, favorisant la *sélectivité* des informations retenues, en fonction de leur pertinence pour le sujet.

Nature des traitements

Lors de la consolidation, le traitement des informations porte préférentiellement sur « le fond », c'est-à-dire sur le contenu sémantique de l'information (et non sur sa présentation, visuospatiale ou phonologique, dite « forme de surface »). On dit que le traitement se fait *en profondeur*. Plus le traitement que subit un stimulus est « profond », plus la performance mnésique ultérieure sera élevée.

Ainsi, en MLT, les informations sont classées par catégories, contenus, concepts. Elles sont hiérarchisées, résumées, schématisées. Le stimulus est débarrassé de ses formes de surface, seule l'idée (la représentation du concept) est retenue, classée, mise en relation avec d'autres. « *La culture, c'est quand on a tout oublié !* »

Stratégies à l'œuvre

Dans les conditions de mémorisation volontaire, intentionnelle, les stratégies de mémorisation peuvent être différentes non seulement d'un sujet à l'autre, mais chez un même sujet d'une tâche à l'autre. La forme de surface du matériel ne contraint pas obligatoirement la stratégie de mémorisation : le matériel visuel peut être recodé en verbal (et inversement), ou faire l'objet d'un double codage (ce qui serait le plus efficace). Ces stratégies, en lien avec l'âge, l'attention, le facteur g et l'expertise du sujet dans le domaine, ne sont souvent que peu (ou pas) accessibles à la conscience. Elles évoluent avec le temps et l'expérience.

Les stratégies utilisées ont des efficacités différentes selon le matériel à mémoriser :

- la *répétition* des items à l'identique conduit à une restitution très séquentielle (type tables de multiplication, récitation). Il sera difficile d'extraire un élément précis de l'ensemble ; il faut souvent dérouler l'ensemble depuis le début pour récupérer l'élément recherché ;
- la répétition avec *réorganisation* des items selon un critère pertinent (l'apprentissage des capitales d'Europe données par ordre alphabétique peut être réorganisé en fonction d'un axe nord-sud *si* je maîtrise l'emplacement géographique de ces pays) ;
- les *moyens mnémotechniques* (méthode des lieux, constructions de petites phrases telles « mais où est donc Ornicar[92] ») sont des mémorisations assez rigides, utiles ponctuellement pour récupérer des listes fixes ou pour lutter contre des confusions (col*l*ine a deux colonnes : 2 /l/, colo*nn*e a deux collines : 2 /n/) ;
- le *travail sémantique* : reformulation, résumé, formation d'une image mentale, liens avec les savoirs antérieurs… permettent une récupération précise et sélective.

D'une manière générale, en mémoire volontaire, la rétention des informations est proportionnelle à la pertinence et à la profondeur du traitement, à la stratégie du codage (sémantique), aux « efforts cognitifs » mis en œuvre (eux-mêmes reflet de l'importance des ressources mobilisées et de la profondeur du traitement), telles la qualité et l'intensité de l'attention mobilisée. La disponibilité des contenus, la récupération des informations sont directement dépendantes des stratégies mises en œuvre lors de l'engrammation et de la consolidation.

Restitution des informations

Il ne suffit pas d'engrammer et de stocker des connaissances, encore faut-il qu'elles soient facilement accessibles ! La restitution des informations fait appel à deux processus : le rappel et la reconnaissance.

Rappel (ou évocation)

Il est contraint par les stratégies mises en œuvre lors des inscriptions en mémoire.

- *Rappel sélectif.* Lorsque la mémorisation a été effectuée « en profondeur », que le savoir a été sémantisé et relié à d'autres, alors l'informa-

[92] Mémorisation des conjonctions de coordination : mais, où, et, donc, or, ni, car.

tion est atteignable *précisément et isolément*, car elle est stockée avec son « adresse » par un mécanisme « associatif/sélectif-activation de réseau ». Toute une trame d'informations est en relation précise avec la cible, prête à être évoquée, à partir d'un détail, d'indices différents. Cet indiçage permet la recherche comme dans une encyclopédie dont on serait maître du codage des entrées. La récupération de l'information en MLT peut ainsi être *sélective*. L'accessibilité est directement liée à l'ancienneté du souvenir et à sa fréquence d'utilisation. L'effet de contexte lorsqu'il existe peut être déterminant, l'efficacité dépend alors de la proximité entre le contexte d'encodage et le contexte de rappel.

- *Rappel exhaustif.* Lorsque la mémorisation n'a pas porté sur les aspects sémantiques, ne s'est pas effectuée « en profondeur », mais est restée au niveau de la forme de surface, la restitution n'est pas sélective, mais *exhaustive* : il faut dérouler l'ensemble du savoir qui a fait l'objet de la mémorisation pour retrouver l'élément cible (long, imprécis, rigide). Si on interrompt le processus, il faut *tout* reprendre depuis le début (interrompu au milieu d'une récitation, l'enfant doit reprendre depuis le début).

Reconnaissance

Dans ce cas, il ne s'agit pas d'évoquer, mais « simplement » de reconnaître le stimulus : cette situation démontre que le savoir a bien été engrammé même s'il ne peut pas être rappelé. On distingue deux situations de reconnaissance.

- *La familiarité.* Il suffit d'identifier la forme globale, l'enveloppe de l'information ou de l'événement et d'en avoir conservé une trace mnésique, *même dégradée*, pour la comparer au stimulus présenté (« connaissez-vous cette personne ? → Oui, je l'ai déjà vue, à l'école ». Le sujet associe au contexte, l'école).
- *L'identification.* Identifier le stimulus est plus exigeant. Cela nécessite une analyse des détails et l'extraction de ceux qui sont pertinents, à partir desquelles un « balayage » en MLT permet de retrouver l'information : « → Oui, je la reconnais, c'est Mme W, la maîtresse de CP ».

La reconnaissance est une modalité moins coûteuse que l'évocation sur le plan cognitif et permet dans certains cas de dysmnésie une adaptation aux situations de la vie courante avec une certaine efficacité sociale.

Métamémoire

C'est l'ensemble des connaissances que nous avons au sujet du *contenu* de notre mémoire. Cette évaluation *consciente* est très précise et très fiable dans les conditions normales. Elle permet de n'entreprendre des recherches en MLT *que* dans les cas où l'information a effectivement déjà été stockée. « Quel est l'actuel gouvernant de la Slovénie ? » Beaucoup déclareront d'*emblée* ne pas le connaître, ils *savent* que toute recherche est inutile !

En pathologie, cette capacité est souvent atteinte. Le sujet n'entame pas (ou ne poursuit pas) des procédures de recherche pourtant fondées, ou, au contraire, et c'est le plus fréquent, il n'évalue pas ses oublis.

Au total

Les savoirs académiques (scolaires, encyclopédiques) sont particulièrement dépendants des capacités de mémoire déclaratives de l'enfant (ce qui n'est pas le cas des savoir-faire qui, eux, dépendent des mémoires procédurales). Ils sont subordonnés à des stratégies de mémorisation volontaire, fragiles, ce qui est beaucoup moins le cas des souvenirs biographiques.

Ces *dissociations* entre les différents secteurs au sein même des mémoires permanentes (MLT) et en particulier l'épargne des souvenirs biographiques[93] sont assez caractéristiques d'une pathologie, d'un déficit ou d'un dysfonctionnement mnésique structurel (non psychogène).

[93] Hormis le cas particulier des séquelles de traumatisme crânien où il est habituel de constater l'oubli complet d'une tranche de vie plus ou moins importante : amnésie post-traumatique.

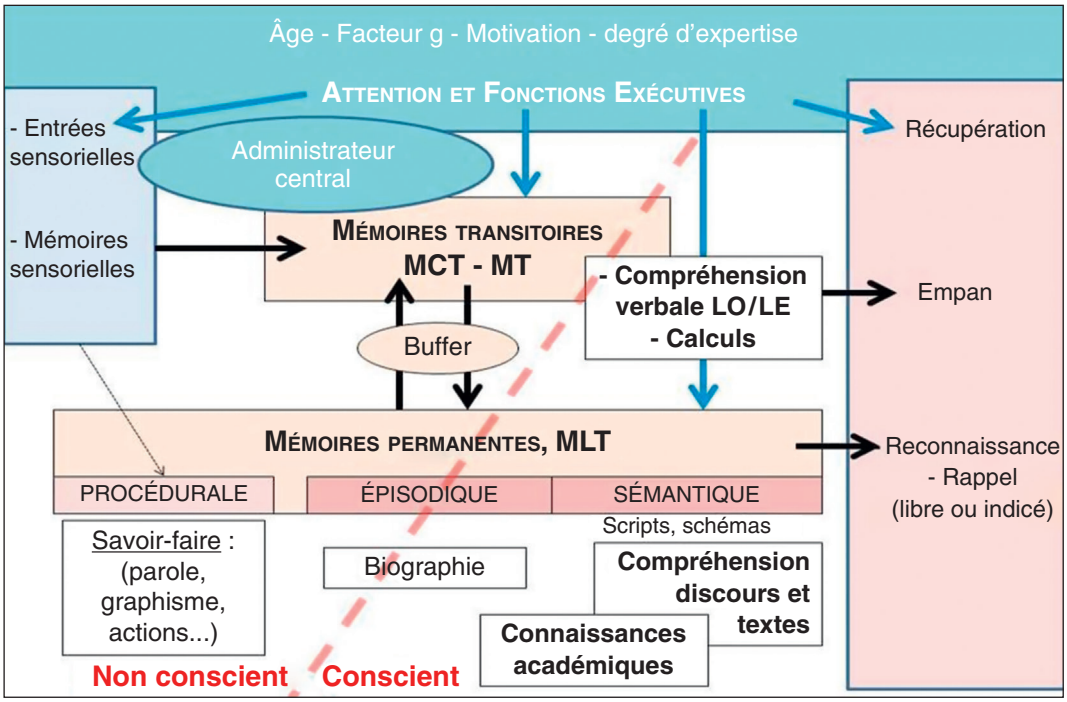


Fig. 4.7. Les systèmes mnésiques et les apprentissages.
LO : langage oral ; LE : langage écrit.

Liens des différents secteurs mnésiques avec les apprentissages (vidéo 12)

La figure 4.7, très schématique, illustre les relations complexes qu'entretiennent les fonctions exécutives, la MT, les différents MLT et les apprentissages (voir aussi fig. 4.11).

Mémoire et intelligence entretiennent des rapports circulaires, en spirale, chacun alimentant l'autre. Des stratégies de haut niveau favorisent une mémorisation sélective, sémantique, accessible, tandis qu'une mémoire fiable et efficace alimente le raisonnement et la structuration des idées. Certains ont même pu dire que l'intelligence était directement liée à la capacité de manipuler rapidement de multiples données de façon pertinente, ce qui revient à assimiler intelligence et capacité-vitesse de traitement en MT.

Intelligence et MT

- Engel de Abreu et al. (2010), étudient l'évolution de 119 enfants depuis l'école maternelle jusqu'à 8 ans, concernant leurs capacités en MCT, MT et intelligence fluide (Matrices de Raven). Ils trouvent une corrélation positive entre MT et intelligence fluide, ce qui n'est pas le cas avec la MCT.
- Des études anciennes (Hulme et Mackenzie, 1992) constatent chez des personnes trisomiques un important déficit de la MT (empan de 1 item à 8 ans, 2 à 10–12 ans, 3 à 20 ans). Dans une étude longitudinale menée sur 5 ans, ils mettent en évidence un décalage croissant entre l'âge mental des enfants et les capacités en MCT/MT verbale.
- *A contrario*, certains enfants présentant de façon constitutionnelle un déficit sévère de la MT auditivo-verbale développent cependant des fonctions de facteur g (non verbales) conformes à leur âge réel (*cf.* fig. 4.16).

Substrats cérébraux

Mémoriser, processus support de l'apprentissage, consiste à créer de *nouveaux circuits*, en reconfigurer d'autres, modifier les connexions déjà existantes, en particulier grâce à des phénomènes de facilitation ou de stabilisation de certains circuits.

Le renforcement fonctionnel des liaisons entre certains groupes de neurones conduit à la constitution de *réseaux*; ainsi plusieurs « traces » peuvent coexister simultanément et être rappelées indépendamment.

Sur le plan biologique, la trace mnésique est la modification physique, matérielle (électrobiochimique) qui induit la *facilitation synaptique*, générant l'établissement de réseaux d'activation préférentiels entre certaines cellules.

La potentialisation à long terme (PLT) est la notion physiologique qui rend compte des mécanismes qui permettent cette facilitation synaptique, phénomène essentiellement observé au niveau des synapses des neurones de l'*hippocampe*.

Réseau hippocampique

Spécialisé dans les traitements mnésiques, le système limbique est la structure permettant le stockage et le rappel des souvenirs, ainsi que l'engrammation des apprentissages nouveaux. Siégeant au sein des hémisphères cérébraux, il est composé de plusieurs structures entretenant entre elles des liens privilégiés dont l'hippocampe (fig. 4.8) qui joue un rôle spécifique dans la mémoire déclarative : maintien, réorganisation et récupération des souvenirs épisodiques.

Son rôle est également attesté dans la MCT (lors de lésions secondaires bi-hippocampiques[94], on constate un sévère *oubli à mesure*) et en mémoire spatiale : cellules de lieu permettent de coder les espaces, les relations spatiales (chapitre 3).

Le cingulum est le lieu où se projettent toutes les afférences avant qu'elles ne soient redistribuées sur l'ensemble du cortex (en particulier frontal).

Réseau cortical

« L'hippocampe est nécessaire à la formation initiale des souvenirs, mais son rôle n'est que *temporaire*. Cette région sous-corticale du cerveau ne constitue pas un site de stockage définitif; ce sont au contraire des zones spécifiques du cortex qui permettent la *conservation à long terme* de nos souvenirs (Maviel et al., 2004). Le *cortex* tout entier est en effet le support de la *mémoire distribuée* (non focalisée en une zone identifiable), en particulier des connaissances sémantiques et des savoirs procéduraux, en particulier les *lobes temporaux* médians.

Lesburguère et al. (2011) ont également mis en évidence le rôle crucial du *cortex orbito-frontal* dans le rappel d'informations anciennes (> à 30 jours). Cette région est impliquée dans les processus affectifs et motivationnels en lien avec le système limbique : inhibition, codage de la valeur motivationnelle d'un stimulus.

Enfin, la MT est associée *au cortex préfrontal latéral* (fig. 4.9).

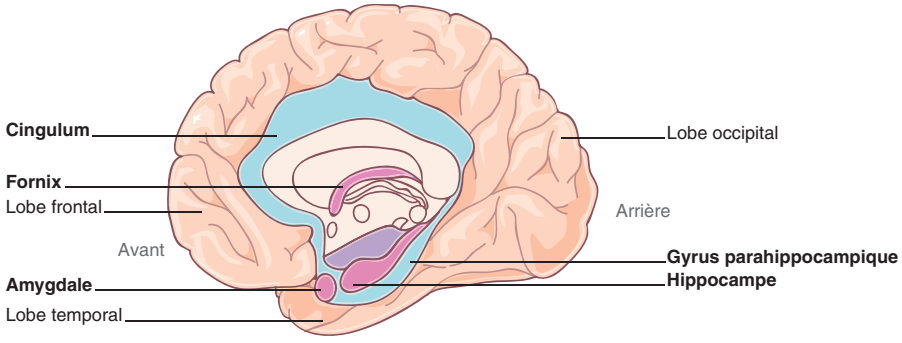


Fig. 4.8. L'hippocampe : repères anatomiques.
Par Carole Fumat.

[94] Par exemple, au décours de certaines encéphalites herpétiques.

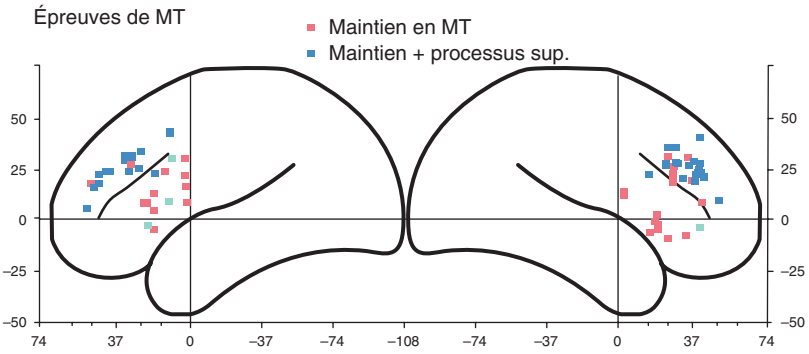


Fig. 4.9. Les régions préfrontales support de la mémoire de travail (MT).
Dissociation ventro-dorsale au sein du cortex préfrontal en fonction des processus mis en jeu : maintien des informations (en rouge) *versus* maintien + manipulation des informations (en bleu). Méta-analyse d'imagerie fonctionnelle. *Source : d'Esposito M. Aguirre GK, Zarahn E et al. Functional MRI studies of spatial and nonspatial in working memory. Cogn Brain Res 1998; 7(1) : 1–13.*

Les régions activées par le *maintien* des informations (MCT) sont proches, mais distinctes de celles sollicitées par leur *manipulation* (MT), ce qui conforte l'expérience clinique et suggère que MCT et MT sont deux mémoires transitoires au moins partiellement indépendantes.

Au total, la mémoire repose sur la connectivité intense entre cortex et hippocampe. Cette importante connectivité fait parler de *réseau* mnésique. Elle autorise le rappel d'un souvenir à partir d'indices divers et assure les liens fonctionnels entre savoirs, souvenirs, savoir-faire.

Aspects développementaux

Les bébés et la mémoire procédurale

On peut mettre en évidence une mémorisation très précoce chez le nouveau-né et le bébé, évaluable uniquement par des stratégies de *reconnaissance*. L'enfant montre qu'il garde une trace mnésique d'événements passés influençant son comportement présent. La mise en évidence d'évocation ou de rappel volontaire (réactivation consciente d'un souvenir, en l'absence de tout stimulus perceptif qui le sous-tend) est possible vers 8–9 mois.

Paradigme d'habituation/nouveauté

Pour mettre à jour les compétences précoces des bébés, on utilise le paradigme de la succion non nutritive ou du regard préférentiel. La première phase de ce protocole, dite d'*habituation*, consiste à proposer à plusieurs reprises au bébé l'audition ou la vision d'un même stimulus, jusqu'à obtenir un net désintérêt de l'enfant marqué par une diminution d'au moins 50 % du rythme de succion ou du temps de fixation du regard. Cette indifférence reflète la reconnaissance donc la *mémorisation* du stimulus antérieurement présenté. En augmentant le délai entre la phase d'habituation et la *présentation ultérieure* d'un stimulus identique (ou différent), on teste le maintien de la mémorisation des bébés. Ainsi, dès 5 mois ils sont capables de reconnaître des photographies après un délai de 2 semaines.

Apprentissage procédural implicite

Rovee-Collier (1999) imagine de transmettre à un mobile les mouvements du pied d'un bébé par un ruban (apprentissage). Après un délai variable, elle propose de nouveau le même mobile et enregistre la fréquence des mouvements de pieds du bébé, mais en faisant varier les intervalles de temps entre les deux phases. À 2 mois,

on constate une rétention de l'association durant quelques heures – attestée par mouvements du pied significativement plus fréquents –, mais un oubli à 24 h. À 3 mois, les bébés peuvent retenir cette association après un délai de 2 semaines.

Plus l'enfant est jeune, plus ces mémorisations sont fragiles. Ce sont les *délais* augmentant entre deux présentations qui traduisent l'évolution des capacités mnésiques.

Par exemple, à l'âge de 2 mois, un bébé peut reconnaître visuellement un objet qu'il a déjà tenu dans sa main (intermodalité) 30 secondes auparavant (Streri, 2013). Il faut attendre l'âge de 8 mois pour qu'il reconnaisse l'objet exploré manuellement après un délai de 5 minutes.

Imitation différée

Meltzoff et Moore (2005), dans des protocoles d'imitation différée, montrent que la précocité et la durée de l'intervalle de rétention pendant lesquels les actes cibles peuvent être mémorisés sont remarquablement précoces. Dès 6 semaines, les bébés imitent une action après un délai de 24 heures ; vers 9 mois, après un délai d'un mois ; vers 14 mois, après 4 mois.

Amorçage perceptif

Le paradigme d'amorçage perceptif consiste à présenter un stimulus (l'amorce) pour en apprécier l'effet sur l'identification du stimulus cible présenté dans un second temps. L'amorçage est positif si le sujet identifie plus rapidement la cible après présentation de l'amorce que sans. Ces protocoles permettent d'évaluer les capacités des enfants en mémoire procédurale.

Exemple d'amorçage perceptif visuel

Citons le protocole d'identification progressive d'images fragmentées. On présente à l'enfant des images parcellaires, plus ou moins dégradées, d'un objet que l'enfant doit nommer. On note à partir de quel degré de dégradation le sujet peut reconnaître l'objet. L'effet d'amorçage (traduisant une mémorisation implicite, perceptive) est attesté par une identification des items cibles à un niveau de dégradation plus important que pour les items contrôles.

Ces paradigmes sollicitent particulièrement les aires sensorielles primaires et le système de représentation perceptive (*cf.* fig. 4.1), base de la mémoire procédurale. Ces méthodes ne sont pas utilisables chez l'enfant avant l'âge de 3 ans. Les résultats sont ensuite *stables*.

Au total

La mémoire procédurale, efficace très précocement (dès la naissance) est très robuste. Elle constitue le noyau des premiers apprentissages sensorimoteurs entre 0 et 3 ans (gestes, parole), essentiellement *via* l'expérimentation active et l'imitation (présupposant l'orientation de l'attention). Elle se développe énormément durant les 6–12 premiers mois (augmentation des délais de rétention) et atteint rapidement sa puissance adulte (vers 3 ans).

Développement de la mémoire épisodique

Prémices

Les premières manifestations de la permanence de l'objet (entre 3–5 et 8 mois) attestent des capacités d'*évocation* d'un objet, ou d'une personne, en son absence.

La mémorisation très précoce (6–9 mois) d'événements est également attestée, y compris dans la vie courante (*cf.* les réactions de beaucoup de bébés lors des consultations : pleurs anticipés dès la salle d'attente s'ils ont précédemment subi un vaccin dans les mêmes lieux. Ceci jusqu'à un mois de délai entre les deux événements). Il s'agit bien d'une mémoire épisodique, concernant un événement précis, engrammé avec son halo émotionnel et affectif.

Amnésie infantile

Sous ce terme on désigne l'incapacité des *adultes* à évoquer des souvenirs datant de leur première enfance (peu de souvenirs avant 5–7 ans et quasiment *aucun* avant 3 ans). Les théories psychanalytiques évoquent des mécanismes de *refoulement*.

Les neurosciences avancent les effets de l'immaturité des hippocampes ; et/ou l'insuffisance des capacités langagières permettant la consolidation et/ou la récupération des souvenirs (ils seraient engrammés mais irrécupérables) ; et/ou le fait que les premières expériences vécues sont mémorisées

au service de la construction des savoirs (sémantiques ou procéduraux) et non en tant que souvenirs biographiques.

De 3 à 7 ans

Cette période, concomitante de l'explosion des capacités langagières, est celle d'un important développement de la mémoire déclarative, en particulier épisodique, favorisant l'accumulation de connaissances sur le monde et les apprentissages.

Avant 5 ans, ne pouvant encore manipuler le temps (ce qui les empêche de situer les événements dans leur chronologie et fragilise l'encodage en mémoire épisodique), les enfants peuvent rappeler des événements, mais non leur circonstance de survenue, le contexte émotionnel ou personnel dans lequel ils se sont déroulés. Diverses sources contribuent au développement de la mémoire épisodique : sentiment de subjectivité, ToM (chapitre 1), attribution de la source, maîtrise suffisante de la notion de temps.

Les résultats des différentes expérimentations à ce sujet montrent que les capacités de rappel des enfants de cet âge sont essentiellement dépendantes du matériel qu'on leur propose de mémoriser et des conditions de l'expérimentation. L'intérêt et la motivation (thème et champ des informations à mémoriser), le contexte (familier ou non) dans lequel se déroule l'expérience, la situation de rappel (description verbale *versus* mise en scène de l'événement) sont déterminants.

À partir de 6–7 ans

Les enfants entrent dans la scolarité et sont sollicités pour mémoriser des éléments de manière plus arbitraire et plus systématique. Simultanément, le repérage dans le temps et la capacité à utiliser le langage pour organiser sa pensée et ses souvenirs se développent, de même que le contrôle exécutif et les stratégies de mémorisation.

La question reste entière de savoir si l'augmentation importante des performances mnésiques à cette époque de la vie ressort d'un développement intrinsèque de la mémoire et/ou d'un développement des stratégies (verbales, exécutives) mises en œuvre.

Vers 7 ans

L'enfant utilise assez spontanément la *répétition* (des mots, des chansons, des nombres, des noms) pour mémoriser. Si le matériel est familier ou motivant, répétition et mémorisation sont facilitées. Cette stratégie réclame une attention et une MT suffisante pour gérer la liste d'éléments à répéter sans redites ni oublis (ex : *la suite des noms des nombres*). Elle est, dans un premier temps rigide, l'enfant répétant dans l'ordre les items proposés. Elle induit une récupération de type *séquentielle*, exhaustive, longue et fastidieuse (il faut répéter *toute* la chanson, ou *tous* les items de la liste depuis le début), stratégie très vulnérable aux oublis et interférences.

À l'adolescence

Ce n'est qu'aux alentours de l'adolescence que le jeune peut utiliser des stratégies plus élaborées améliorant l'efficience mnésique. Il acquiert de la souplesse et réorganise les items (sémantique, analogie, imagerie mentale, association d'idées, élaboration de concepts reliant les éléments à mémoriser, moyens mnémotechniques divers) permettant la récupération d'un souvenir ou d'une information de façon sélective et précise en fonction des besoins du moment.

La figure 4.10 résume et compare les diverses modalités de développement des différents systèmes de mémoires à long terme.

Développement de la MT (vidéo 13)

D'une façon générale, entre 2 et 14 ans environ, on observe une augmentation régulière des empans avec l'âge, quel que soit le matériel proposé.

En ce qui concerne la MCT et la MT auditivo-verbales

En répétition de chiffres dans l'ordre (MCT), un enfant de 2 ans peut retenir et restituer immédiatement 2 items ; l'empan est approximativement de 4 items à 5 ans, de 5 items à 7 ans, de 5 à 6 items à 10 ans, et il atteint la performance adulte (7 ± 2 items) vers 16 ans.

Sous-système mnésique →	Mémoire procédurale	Mémoire épisodique	Mémoire sémantique
À partir de ...	Naissance +++	3 - 3 ans ½ Premiers souvenirs « racontables » (déclaratifs, conscients)	8 - 18 mois
Évolution	Peu d'évolution	**Développement +++ à partir de 5 ans** (liens avec repérage temporel, théorie de l'esprit...)	- Dés 4 - 5 ans beaucoup de connaissances sur le monde, les gens, l'environnement... **- Développement +++ période scolaire** (5 -12 ans)
Caractéristique	**- « Boîte à outils » d'emblée** - Non conscient (implicite) - Robuste	**Mémoires déclaratives** **- Recyclage neuronal** - Explicite, conscient - Importance langage, scolarité +++ - Fragile (nécessite consolidations)	

Fig. 4.10. Tableau comparatif de l'évolution des différents systèmes mnésiques chez l'enfant.
MCT : mémoire à court terme ; MLT : mémoire à long terme ; MT : mémoire de travail ; LO : langage oral ; LE : langage écrit.

En répétition de chiffres à rebours (MT), l'empan est approximativement de 2 items à 5 ans, de 3 items à 7 ans, de 4 items à 10 ans, et il atteint la performance adulte (5,5 ± 1,5 item) vers 16 ans.

On a proposé plusieurs hypothèses pour rendre compte de cette évolution :

- évolution de l'administrateur central ;
- accroissement de la vitesse d'articulation, améliorant le fonctionnement de la boucle articulatoire (*cf.* fig. 4.3).

Accroissement de l'empan et vitesse articulatoire

Gavens et Camos (2006) infirment cette hypothèse en montrant que, lorsque les durées totales de traitement sont les mêmes pour tous les enfants, les empans sont tout de même plus élevés chez les aînés que chez les plus jeunes (ce ne serait donc pas en réduisant la durée de la récapitulation que les aînés progresseraient en MT).

En ce qui concerne la MT visuospatiale

Si l'on utilise l'épreuve la plus courante à savoir les Cubes de Corsi, les enfants de 4–5 ans peuvent désigner 4 blocs ; leur performance augmentant régulièrement jusqu'à 9 blocs vers 10–12 ans.

Les étalonnages de ces tests dans les batteries composites ou dans les batteries spécialisées peuvent servir de repère pour juger de cette évolution. Cependant les résultats peuvent être différents *selon les tâches* utilisées.

Mémoires et conscience

On distingue plusieurs niveaux de conscience (de soi, du monde) liés aux capacités de mémorisation, de façon circulaire, car certaines possibilités de mémorisation sont liées à la conscience de

soi, en retour la mémoire conditionne l'accès à la connaissance du monde et à la représentation de sa propre identité.

Concernant l'acte de connaissance, ses rapports avec l'intellect et la pensée (désignés par le terme - *noétique*, du grec *noûs*, l'esprit), on distingue trois niveaux :

- la mémoire procédurale, *non consciente*, sous-tend une conscience de soi dite *anoétique*, purement « perceptive », qui réside dans les sensations immédiates et directement liée à l'environnement physique immédiat ;
- à partir de l'âge de 8 mois environ, l'enfant acquiert peu à peu une *conscience noétique*, liée à la connaissance du monde et résultant d'un sentiment de familiarité. L'enfant devient conscient du monde et de son environnement (matériel et affectif). Son développement est important entre 5 ans et 10–13 ans (Piolino et al., 2007) ;
- enfin se développe la conscience *autonoétique*, c'est-à-dire une conscience portant sur soi-même, le sentiment de sa propre identité, à partir de l'âge de 18 mois, mais véritablement à partir de l'âge de 3 ans (et durant toute la vie).

Dysmnésies

Les dysmnésies, *comme tous les dys-*, désignent des déficits *électifs* du développement mnésique en regard de l'âge et du niveau intellectuel et scolaire de l'enfant, ne pouvant être rapportés à un trouble sensoriel, un déficit intellectuel, à des troubles mentaux (TSA), des conditions éducatives délétères.

Le diagnostic en est rarement posé en raison de la conjonction de plusieurs éléments.

- *Un aspect historique* : d'une part, les troubles mnésiques chez l'enfant ont été essentiellement associés des causes *lésionnelles* initialement exclues des diagnostics de dys- (séquelles de traumatismes crâniens graves, d'encéphalite herpétique ou de tumeurs cérébrales). Lorsque les troubles cognitifs *développementaux* ont été mis à jour, ils ont d'abord été décrits à partir de symptômes, visibles et/ou « bruyants » (langage oral ou écrit, hyperactivité…). Or, si l'on en reste aux symptômes, les pathologies mnésiques, faussement « silencieuses », sont facilement négligées ou méconnues.
- *La banalisation des signes d'appel* : en l'absence d'investigations particulières, ils sont en effet d'une grande trivialité, se résumant le plus souvent à un échec scolaire.
- *L'interprétation du déficit dans un autre cadre.* Lorsqu'un trouble mnésique est évoqué, s'il s'agit d'un déficit en MT, il est souvent interprété comme un signe d'*accompagnement* d'une dyslexie, d'une dyscalculie ou de difficultés qualifiées « d'attentionnelles », ces derniers constituant le diagnostic.

Pourtant, dans la littérature, des « amnésies développementales », qui sont toujours des *troubles de la MLT*, ont été décrites depuis les années 1980.

Plus récemment, on confirme chez l'enfant le fractionnement des différents systèmes mnésiques et de leur développement, rendant compte des *dissociations* des atteintes des différents sous-systèmes lors des dysmnésies (Vargha-Khardem et al., 2001 ; Temple et Richardson, 2004, 2006), certains secteurs pouvant être très déficitaires et les autres intacts.

Ces dissociations sont fondamentales pour affirmer la nature organique, neurologique du trouble (non psychogène, non éducationnelle) ; pour comprendre et anticiper les difficultés (scolaires, de vie quotidienne, de vie sociale) de ces jeunes ; pour proposer des stratégies thérapeutiques adaptées et efficaces.

Étiologies et prévalence

Dans la littérature, c'est généralement le terme « d'amnésie développementale » qui est utilisé. Il recouvre aussi bien des dysmnésies « développementales au sens strict » (c'est-à-dire sans cause connue) que des troubles du développement de la mémoire liés à des causes neurologiques acquises précocement[95]. En fait, comme pour tous les autres dys-, la symptomatologie n'est pas radicalement différente en fonction des étiologies.

[95] Les lésions sont dites acquises par les auteurs (en particulier Vargha-Khargem) si elles surviennent *après* l'âge de 5 ans.

Ce qui est déterminant, c'est :
- *la précocité du trouble* : l'enfant ne dispose pas de l'éventail standard des « outils cognitifs » qui contribuent au développement typique ;
- *la nature du ou des dysfonctionnements* au sein des systèmes mnésiques : élément fondamental pour en comprendre les répercussions (dans la scolarité et la vie du sujet) et orienter au mieux les aides thérapeutiques.

Prévalence des dysmnésies développementales

Les sources sont de deux ordres : d'une part chez des enfants tout-venant, et d'autre part chez des jeunes anciens prématurés *indemnes* de trouble moteur ou cognitif.

Dans une population d'enfants tout-venant

Narbona (2009, p. 83) fait état d'une étude réalisée au Royaume-Uni en 2004, concernant 134 enfants de 8 à 9 ans, d'intelligence normale (évaluée par les Progressive Matrices), sans trouble patent des apprentissages. Huit obtiennent des scores significativement faibles aux épreuves mettant spécifiquement en jeu la mémoire déclarative, soit 5,9 % de la cohorte.

Ainsi, les dysmnésies développementales se retrouveraient chez environ 6 % de la population standard, prévalence concordante avec celle de tous les autres dys-. Il est donc très probable que de nombreux cas ne sont pas diagnostiqués.

Population d'enfants anciens prématurés

Dans cette population, la prévalence des dysmnésies est plus élevée, aux alentours de 8 à 10 % des enfants nés avant 32 SA (semaines d'aménorrhée) (Briscoe et al., 2001). C'est essentiellement la *mémoire déclarative* qui est déficitaire, en particulier la *mémoire épisodique,* mais aussi quelquefois la mémoire sémantique (Temple et Richardson, 2004). Cette forme de dysmnésie est très pénalisante sur le plan scolaire, d'autant que les déficits associés en *MT* sont également fréquents.

Hypotrophie hippocampique et MT

- Woodward et al. (2005) comparent les performances en MT à l'âge de 2 ans chez 92 enfants nés prématurément et 103 enfants contrôles nés à terme. Les enfants prématurés montrent clairement de très grandes difficultés à réaliser la tâche de MT (ce qui n'est pas le cas des enfants nés à terme).
- Beauchamp et al. (2008) explorent – chez 227 enfants nés à 30 SA et/ou pesant moins de 1250 g à la naissance – la relation entre les volumes régionaux cérébraux (IRM cérébrale à l'âge équivalent au terme) et le déficit en MT à l'âge de 2 ans (tâche dite *delayed alternation* : l'enfant doit retrouver, après un délai de 3 secondes, une friandise cachée sous l'un ou l'autre de deux caches identiques). Les enfants qui manifestaient un déficit en MT présentaient aussi un volume significativement plus petit des hippocampes, ce qui n'était pas le cas de ceux qui ne présentaient pas de déficit en MT.

À noter, chez des enfants nés à terme, mais ayant souffert d'une anoxie néonatale (Vargha-Khadem et al., 1997, 2001), c'est également plus souvent la *mémoire épisodique* qui est significativement affectée (la mémoire sémantique étant relativement préservée).

Ce sont ces mêmes troubles (touchant au premier plan la mémoire épisodique) que l'on retrouve aussi préférentiellement chez les enfants *sans aucun antécédent neurologique*. Narbona (2009) affirme que c'est la forme d'amnésie développementale la plus fréquente : « cette dissociation, entre mémoire épisodique – déficitaire – et les mémoires sémantique et procédurale – conservées – se retrouve communément dans les amnésies de développement ».

Ces troubles de la mémoire épisodique sont gênants dans la vie quotidienne (médiocre rétention/évocation des événements de vie, troubles de la mémoire prospective pénalisant les activités de vie quotidienne et souvent interprétés comme un défaut de motivation ou d'attention, difficulté à s'orienter et à se repérer dans des lieux nouveaux, etc.). Ils impactent notablement la qualité de la mémorisation lors des apprentissages scolaires.

Dysmnésies lésionnelles

Les troubles mnésiques secondaires à des lésions cérébrales *précoces* avérées s'observent dans différentes circonstances et revêtent alors des colorations cliniques spécifiques, fonction des structures cérébrales atteintes. La pathologie neurologique primaire étant souvent grave et repérée, contrairement aux troubles développementaux, ces jeunes sont toujours bien investigués sur le plan neuropsychologique, et leurs troubles sont pris en compte rapidement, *via* des rééducations et des cursus scolaires adaptés.

Dans ce chapitre, nous considérerons les dysmnésies *développementales* ayant des répercussions notables *dans les apprentissages scolaires* (fig. 4.11).

Nous envisagerons donc :

- les déficits en mémoire déclarative (MLT), en particulier ceux touchant la *mémoire didactique*, très pénalisants pour l'avenir scolaire de ces enfants ;
- les *déficits en MT*, et leurs répercussions sur la compréhension verbale (discours, récits et, en langage écrit, lecture de textes) et les activités mathématiques.

NB. Il n'est pas habituel de traiter des déficits en MT dans le chapitre des « amnésies de l'enfant », qui, classiquement, ne concernent que les MLT. Les dysfonctionnements en MT sont généralement compris comme des avatars des fonctions exécutives. Mais nous avons montré que *seule une partie* de la MT (l'administrateur central) relève des fonctions exécutives (*cf.* fig. 5.2).
Les systèmes esclaves auditivo-verbal (boucle phonologique) et visuospatial (calepin visuo-spatial) sont en réalité des instances de stockage, des « réservoirs » qui peuvent être déficitaires en eux-mêmes (indépendamment de tout trouble de la gestion exécutive de ces réservoirs). Ces déficits sont alors bien des troubles mnésiques, des « dysmnésies de travail ». D'ailleurs, comme nous l'avons décrit plus haut, il s'agit de déficits liés *à des anomalies hippocampiques* (et non frontales).

Diagnostic d'un déficit en MLT

Échelles de Wechsler

Les échelles de Wechsler adaptées à l'âge montrent le *contraste* entre :

- les *bonnes performances* de l'enfant dans les tâches de raisonnement logique (classements, catégorisations, déductions, facteur g), de jugement, d'adaptation sociale ;
- l'*échec marqué* au subtest « Information » très saturé en connaissances sémantiques (scolaires et socioculturelles), un score médiocre, voire faible au subtest « Vocabulaire » et/ou « Arithmétique » ;
- les *épreuves de MT* sont sans particularité si la dysmnésie en MLT est *isolée*[96].

Simultanément, on note que :

- la scolarité (grande section maternelle [GSM], cours préparatoire [CP], cours élémentaire [CE]) avait démarré normalement, banalement, voire très bien ;
- l'enfant est motivé, appliqué, sans trouble du comportement, mais souvent découragé ;
- il n'existe aucun trouble spécifique dans le domaine visuo-practo-spatial ni aucune déviance notable (de type dysphasie) en langage oral.

Ces signes *négatifs* sont très importants. Ils incitent à poursuivre par une évaluation des différents sous-systèmes mnésiques.

Bilan mnésique

Il est motivé chez un enfant :

- sans antécédent particulier, au décours d'un échec scolaire *de constitution progressive à partir du CE* ;
- en échec scolaire et présentant des antécédents neurologiques précoces, repérés ou non, en particulier prématurité, anoxie cérébrale périnatale, épilepsie, méningite…
- mais aussi chez un jeune déjà diagnostiqué dyspraxique ou dysgnosique. Il faut alors vérifier que les fonctions mnésiques sont normales, puisqu'elles seront souvent sur-utilisées pour compenser le trouble.

Par ailleurs, l'évaluation mnésique ne peut pas être interprétée *indépendamment* (*cf.* fig. 4.6) :

- du niveau scolaire de l'enfant ;
- de son niveau de facteur g. Ses stratégies et capacités de mémoire en dépendent directement ;

[96] Mais les deux types de troubles, en MLT et MT, peuvent être associés, assombrissant le pronostic scolaire alors très compromis.

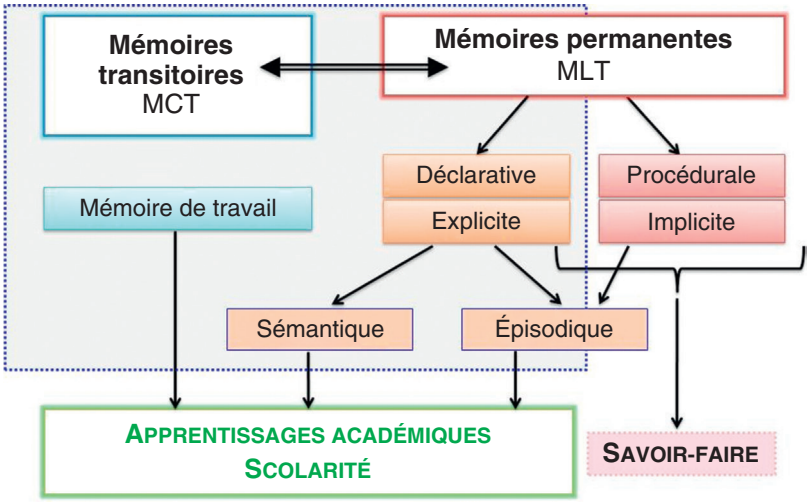


Fig. 4.11. **Mémoires et scolarité.**

- de ses capacités attentionnelles et exécutives. Tout déficit dans ce secteur conduit à interpréter *a priori* les troubles mnésiques comme *secondaires* au TDA/H et/ou au syndrome dysexécutif ;
- de ses capacités neurovisuelles et langagières, ces dernières constituant les « portes d'entrée » pour saisir le matériel à mémoriser.

Cela implique donc que toutes les fonctions ci-dessus aient été *préalablement* explorées.

Enfin, certaines situations pathologiques autres, tel un état dépressif sévère, peuvent être des contre-indications (provisoires) à la passation d'un bilan mnésique qui serait trop impacté par ce contexte.

Architecture du bilan mnésique

L'évaluation de la mémoire à long terme comporte au minimum :

- des épreuves explorant le *stock* déjà mémorisé, et ce en fonction de différents critères, afin de mettre en évidence les difficultés spécifiques ;
- des propositions d'investigation en *évocation et en reconnaissance* ;
- du matériel neutre et « arbitraire » (exploration des connaissances didactiques) *versus* les éléments de la biographie personnelle (affectivement investis) ;
- des épreuves d'*apprentissage* de données nouvelles, également sous diverses conditions : matériel auditivo-verbal ou informations présentées visuellement.

Idéalement, l'évaluation des capacités mnésiques devrait permettre de croiser les performances en fonction des différents critères pertinents :

- mémoire sémantique *versus* épisodique ;
- matériel verbal *versus* visuospatial ;
- mémorisation explicite (l'enfant est prévenu qu'il doit se rappeler) *versus* implicite (l'enfant n'est pas informé que le stimulus doit être mémorisé, *cf.* figure de Rey [mémoire]) ;
- en reconnaissance (familiarité, identification) *versus* en évocation (libre ou indicée) ;

Dissociation entre évocation et reconnaissance

Adlam et al. (2009) montrent (fig. 4.12), sur une population de 10 patients ayant des antécédents d'anoxie cérébrale, que leurs performances mnésiques sont déficitaires (par rapport à des contrôles) aussi bien en mémoire verbale que visuelle (fig. 4.12, formes, portes). Cependant, leurs capacités de rappel sont beaucoup plus altérées que les capacités de reconnaissance. Ces jeunes font ainsi la preuve que leurs difficultés ne résident pas tant dans les étapes de fixation, consolidation et stockage des informations que dans leur disponibilité (évocation).

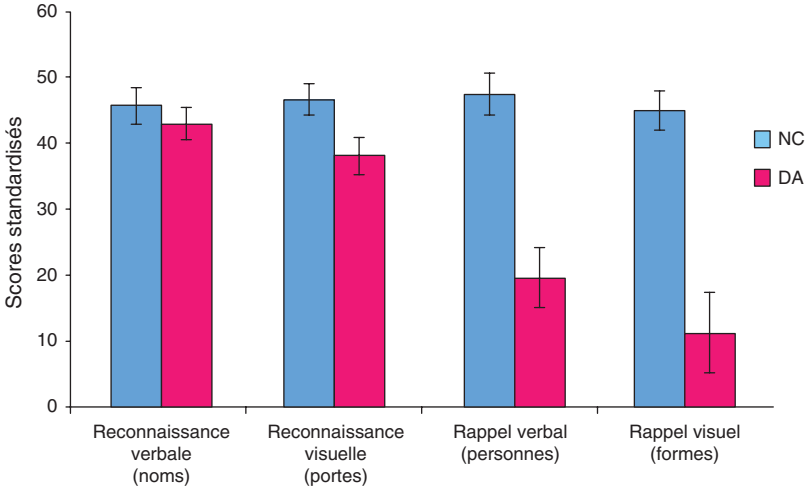


Fig. 4.12. Difficultés modérées en reconnaissance et sévères en rappel.
NC : sujets contrôles ; DA : amnésie développementale. *Source : Adlam AL, Malloy M, Mishkin M, Vargha-Khadem F. Dissociation between recognition and recall in developmental amnesia. Neuropsychologia 2009 ; 47(11) : 2207–10.*

- épreuves d'apprentissage (présentation du ou des stimuli à plusieurs reprises), en restitution immédiate *versus* différée, en présence ou non d'interférences (listes ou informations données après la liste cible et avant la restitution ou la reconnaissance) ;
- matériel *séquentiel* (listes de mots, de dessins…) *versus* matériel *simultané* (global, holistique, ex. : figure de Rey) ;
- évaluation de la *métamémoire* (l'enfant peut-il « prédire » sa performance dans le domaine, s'il sait ou s'il n'a jamais su…).

Outre les résultats quantifiés (situer l'enfant par rapport à la norme), les aspects *qualitatifs* de ce bilan sont essentiels. Il faut noter :

- si l'enfant privilégie les réponses « je ne sais pas », ou bien s'il fait des confusions ou des amalgames, et si ces derniers peuvent être rattachés à des interférences repérables ;
- s'il est, ou non, aidé par des indices proposés ;
- si la dégradation de la performance est, ou non, fonction du temps (délai de réponse, restitution différée…) ;
- si certains éléments orientent vers une pathologie attentionnelle ou dys-exécutive (persévérations, impulsivité, ajouts d'intrus, diffluences, coq-à-l'âne…[*cf.* chapitre 5]).

Épreuves spécifiques[97]

Évaluation de la mémoire sémantique

Elle fait appel à :

- des tests étalonnés explorant les connaissances sémantiques (subtests : information des échelles de Wechsler, personnages et lieux connus ou connaissances du K-ABC, connaissances de la NEMI-2…). Les épreuves de vocabulaire, de dénomination, de devinettes (K-ABC-II) et de fluence verbale explorent les réseaux lexico-sémantiques ;
- des épreuves qui explorent les connaissances académiques, en relation avec le niveau scolaire ;
- des contes et récits traditionnels (souvent partiellement réutilisés ou évoqués de façon allusive dans des publicités, des chansons, des dessins animés, ce qui favorise les consolidations), ex. : le petit chaperon rouge, trois petits cochons… ;
- des questions informelles (non étalonnées) qui explorent les connaissances socioculturelles communes à la génération dont fait partie l'enfant : marques de voiture, de produits de grande

[97] Les épreuves citées reflètent le choix des auteurs, sans aucune prétention d'exhaustivité.

consommation (Coca-Cola®, Nutella®…), noms de supermarchés, slogans publicitaires « canoniques », chanteurs à la mode, etc.

Évaluation de la mémoire épisodique

Elle repose sur l'évaluation de la capacité à mémoriser de façon intentionnelle du matériel (verbal et non verbal) en demandant une restitution explicite en rappel (libre ou indicé) et en reconnaissance (« I know »). Peu d'épreuves permettent d'explorer le sentiment de reviviscence (« I remember »), donnant accès à la source de l'apprentissage et sa situation dans le temps.

- Les données autobiographiques sont, par définition, difficiles à explorer ; cependant on peut questionner le dernier anniversaire, les dernières vacances, le Noël précédent (où, avec qui, détails précis, cadeaux, anecdotes…). Notons l'existence d'un questionnaire écologique de dépistage, le CUMA-A (12 questions, en espagnol, mais facilement transposables en français), pour enfants de 5–13 ans, préétalonné auprès de 21 jeunes dysmnésiques et 157 sujets contrôles[98]. Attention ! Le fait de donner son nom, son âge, la composition de la fratrie, la profession des parents, son adresse, sont des connaissances sémantiques (et non épisodiques).
- L'apprentissage de données nouvelles : plusieurs tests étalonnés explorent la capacité à fixer, stocker puis récupérer (restituer) des données nouvelles, qu'il s'agisse de mots couplés (CMS), de listes de mots (NEPSY) ou de dessins (BEM).

Batteries spécialisées

Des batteries spécialisées, en français, rassemblent certaines de ces épreuves et permettent d'explorer les différents systèmes mnésiques, de mettre en évidence d'éventuelles dissociations.

La CMS (*Children Memory Scale*) (5–8 ans et 9–16 ans)

Elle explore quatre grands secteurs : la mémoire visuelle (configuration de points) et la mémoire verbale (chacune en immédiat et en différé, et pour la mémoire verbale, en reconnaissance), l'apprentissage, l'attention/concentration (dont la MT) (fig. 4.13).

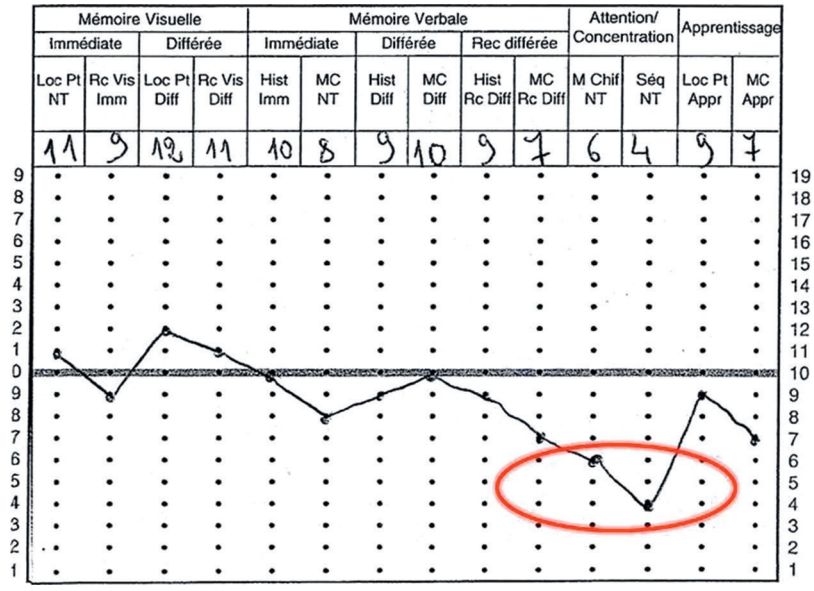


Fig. 4.13. CMS : déficit mnésique dans les épreuves de MT (Mémoire de chiffres), avec des NS entre 4 et 7 alors que les scores de toutes les épreuves de MLT sont compris entre 8 et 12.
On notera qu'ici le subtest le plus raté (NS = 4) est rapporté aux domaines « attention/concentration »…

[98] *Cf.* europepmc.org/abstract/MED/12861507

- Intérêt : dans une modalité donnée (verbale ou visuelle), on peut comparer la restitution en rappel et reconnaissance, en immédiat *versus* en différé.
- Limites : il n'y a pas de parallélisme de conception entre les épreuves verbales et visuelles, qui ne peuvent donc pas être comparées entre elles avec fiabilité.

La BEM 144 (Batterie d'efficience mnésique) (Signoret, 1991)

Elle bénéficie d'un préétalonnage très utile à partir de l'âge de 6 ans (et même dès 4 ans pour les épreuves en reconnaissance). Elle propose des épreuves de mémoire visuelle très originales, en particulier une liste de dessins dits « non dénommables » en reconnaissance (en choix multiple : familiarité) et un apprentissage de dessins-couplés. Les dessins sont non figuratifs et non dénommables (pour éviter – ou limiter – le recours à des stratégies verbales) et ni leur mémorisation ni leur restitution ne nécessitent de traitements spatiaux.

- Intérêt : bâtie sur le modèle neuropsychologique de la mémoire, la BEM[99] propose des épreuves verbales et visuelles construites sur les mêmes modèles : elle permet donc de comparer valablement performances auditives *versus* visuelles.
- Limites : de passation assez longue, cette batterie comporte aussi une faiblesse quant à l'établissement de normes chez l'enfant. Le pré-étalonnage dont on dispose donne cependant des indications précieuses.

Le test de rétention visuelle de Benton ou BVRT[100]

Cest un test de mémoire visuospatiale. Il s'agit de figures géométriques à évoquer (en immédiat ou en différé) ou à reconnaître (en choix multiple).

- Intérêt : comparaison rappel/reconnaissance avec du matériel visuospatial.
- Limite : justement, limité à du matériel visuospatial.

Le RBMT-E[101] (5–10 ans et 11–14 ans)

Il cherche à évaluer les capacités mnésiques en lien avec la vie quotidienne, d'une façon plus écologique. Il propose certaines épreuves originales (rappel d'un court trajet, rappel d'un objet caché en début d'examen et, en mémoire prospective, par exemple, un rendez-vous à se rappeler). Il comporte aussi des épreuves plus classiques (rappel d'une histoire…), en rappel immédiat et différé.

- Intérêt : seule batterie qui propose des épreuves écologiques, en lien avec la vie quotidienne.
- Limites : c'est un test peu sensible, des difficultés mnésiques modérées ne seront pas détectées.

Des épreuves mnésiques au sein d'autres batteries composites

Ces épreuves doivent être comprises comme des compléments de bilan, ou au contraire des éléments déclencheurs d'un bilan plus complet : elles doivent être complétées pour disposer d'une évaluation cohérente.

- La NEPSY-II propose quatre épreuves de MLT : mémoire verbale (récit), apprentissage de liste de mots, assortie d'une liste interférente (rappel immédiat et différé), mémoire visuelle de figures et de visages, mémoire bimodale : prénoms *et* visages d'enfants.

  NB. Cette batterie comporte aussi une section explorant l'attention et les fonctions exécutives.
- Le K-ABC proposait une épreuve de mémoire spatiale (configuration de dessins dans une grille), réclamant aussi des compétences visuospatiales. Le K-ABC-II propose deux épreuves de mémoire associative : dessins couplés à des mots et des non-mots, en reconnaissance (en choix multiple), en immédiat et en différé ; et symboles couplés à des mots existants, en évocation, en immédiat et en différé.
- Les tâches de Rey. Deux épreuves sont très utilisées. L'apprentissage d'une liste (les 15 mots de Rey) en rappel immédiat assorti d'une tâche de reconnaissance. La figure de Rey, étalonnée dès l'âge de 4 ans, épreuve de mémorisation visuospatiale implicite, est proposée d'abord en copie sans que l'enfant soit averti qu'il doit la mémoriser, puis demandée

[99] Il existe une batterie réduite : BEM 84, cf. Van der Linden M. et al., 2004.

[100] Étalonnage récent, enfants 8–11 ans : Vallas et al., 2009.

[101] Éditeur : International Press.

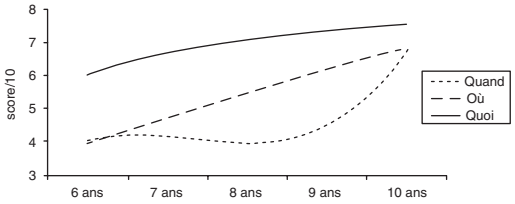


Fig. 4.14. Performances de restitution des enfants de 6–10 ans au « Quoi/Où/Quand ».
Source : Guillery-Girard B, Bon L, Martins S et al. L'évaluation neuropsychologique de la mémoire chez l'enfant. In : Chokron S et Démonet JF (eds). Approche neuropsychologique des apprentissages. Marseille : Solal ; 2010.

en rappel libre après un délai de 3 minutes. Elle nécessite une bonne expérience pour la cotation sans laquelle elle n'a aucun intérêt : c'est le différentiel entre les performances étalonnées en copie et en mémoire qui donne des indications.

- Les épreuves « Quoi/Où/Quand ? », (version 6–10 ans, *in* Guillery-Girard et al., 2010, fig. 4.14), très originales, permettent d'évaluer des éléments réellement « épisodiques » de l'apprentissage, en interrogeant la capacité à situer dans le temps et dans l'espace l'acquisition du savoir, à le revivre de façon subjective (*I remember*) *versus* de façon objective (*I know*).

Des associations couplées « animal + caractéristique » sont présentées dans trois situations différentes. Lors du rappel (la caractéristique est présentée, le sujet doit évoquer l'animal), l'enfant doit également préciser comment il le sait (paradigme *I remember/I know/I guess*), en disant s'il s'en souvient (reviviscence contextualisée), s'il le sait (savoir décontextualisé) ou s'il le devine. Les résultats chez les enfants tout-venant confirment *la maturation hétérogène de la mémoire épisodique* et l'accès tardif (à partir de 9 ans) au « quand ? » (localisation temporelle de l'acquisition).

Au total

Il est à noter que :

- il n'existe pas de batterie « complète » ou d'épreuve « clé » : chacune possède ses particularités qu'il convient d'exploiter en fonction des questions qui se posent, au cas par cas, pour tel ou tel enfant ;
- les différentes épreuves se complètent, aucune ne peut prendre sens isolément. Leur interprétation émerge de la *confrontation* des performances entre différentes épreuves en fonction de critères pertinents (visuel *versus* auditif, rappel *versus* reconnaissance, immédiat *versus* différé…).

Les restitutions différées le sont généralement de 20 ou 30 minutes, rarement d'une heure. Ces délais sont évidemment très courts par rapport aux exigences scolaires ou même dans la vie quotidienne. Les performances des enfants à ces épreuves peuvent donc quelquefois rassurer à tort.
D'une façon générale, les troubles mnésiques dans la vie familiale et quotidienne (en situation écologique) peuvent être très gênants (mémoire prospective, capacité à dater le souvenir en mémoire épisodique) alors même que les tests objectifs paraissent satisfaisants.
Des troubles mnésiques authentiques sont souvent interprétés à tort à l'école ou par l'entourage comme une dys-attention ou d'un défaut de motivation.

Déficit en MLT et apprentissages didactiques[102] (vidéo 12)

Nous choisissons ce terme de « mémoire didactique » pour souligner – au sein de la *mémoire déclarative* – plusieurs particularités liées aux exigences scolaires, c'est-à-dire l'importance :

- de la mémoire *sémantique* où s'engramment les notions générales, permettant de comprendre le monde et soi-même, le partage « d'un fond commun d'évidences » ;
- de la mémoire *épisodique*, qui permet l'apprentissage de données nouvelles. C'est électivement dans le domaine scolaire que l'on observe les déficits les plus marqués ;
- l'importance de l'intentionnalité et de la volonté nécessaires pour engrammer les notions acquises, circonstance tout à fait spécifique à la scolarité qui rend compte d'un *effort mnésique*.

[102] Ce terme réfère à ce qui est propre à l'enseignement (Larousse).

Signes d'alerte à l'école

Les premiers symptômes sont relativement tardifs. En effet, les acquisitions de la première enfance (motricité, gestuelle, langage oral) et les premiers apprentissages scolaires (5 à 7–8 ans) sont essentiellement d'ordre procédural. Le développement initial du langage écrit, tout comme celui du langage oral dans les années précédentes, s'effectuent donc dans des délais normaux et selon des modalités sans particularité.

Cette pathologie est donc « muette » durant les premières années de la vie.

Les premiers signes ne sont guère perceptibles avant que l'enfant ne commence à être soumis à des apprentissages systématisés concernant les connaissances générales devant être mémorisées (orthographe, tables de multiplication, histoire, géographie, sciences de la vie et de la terre, récitations, définitions diverses à mémoriser, etc.), c'est-à-dire vers 7–8 ans. Pourtant, quelquefois les parents rapportent *a posteriori* que l'enfant mémorisait mal certains éléments de la vie sociale ou familiale (prénoms des enfants de la classe, etc.)

Les inquiétudes se révèlent donc le plus souvent au décours du *CE* (2e–3e années de primaire), craintes confirmées par la suite par une *stagnation* marquée à ce niveau. En effet, du fait de la nature cumulative des apprentissages scolaire, ces déficits mnésiques vont être caractérisés par la constitution *progressive*, à bas bruit, d'un *retard global* d'abord modéré (suscitant souvent un maintien[103]) puis rebelle, l'écart à la norme ne cessant de s'accroître en raison du non-cumul des connaissances.

Les difficultés sont d'abord banalisées (attribuées à un manque de motivation, de travail, de méthode), mais, s'ils sont écoutés, les parents témoignent de l'énorme quantité de travail investie chaque soir et chaque week-end pour apprendre les leçons et faire les devoirs, contrastant avec les faibles performances de l'enfant.

Symptômes

C'est donc à partir du CE (et au-delà, certains enfants n'étant adressés qu'en fin de CM, voire déjà orientés en classes spécialisées après constatation de multiples insuffisances en fin de primaire) que les inquiétudes se manifestent.

Faits numériques

L'apprentissage en est particulièrement laborieux. L'enfant ne peut mémoriser les compléments à 10, il apprend péniblement la table de 3, puis tout nouvel apprentissage (table de 4 puis de 6, par exemple) provoque des *confusions et amalgames* qui vont empirer au fil de l'accumulation successive des nouveaux apprentissages (les doubles sont cependant toujours mieux mémorisés). Les premiers savoirs, au lieu de se consolider au fil des mois, se délitent progressivement, donnant l'impression de « construire sur du sable ». Tout apport nouveau, supplémentaire, compromet les frêles et médiocres acquis antérieurs.

Connaissances générales

Les oublis sont nombreux, malgré des efforts d'apprentissage adaptés et répétés (les parents en témoignent). On note la particulière fréquence des confusions et amalgames à l'intérieur de champs proches.

Exemple

Fabrice, jeune garçon de 12 ans, a présenté une anoxie néonatale; langage normal, intelligence normale (Similitudes, NS = 11), scolarisé en CLIS, niveau scolaire ≈ CE2. Apprentissage de la lecture sans particularité au décours du CP, puis stagnation des apprentissages au niveau CE rendant compte de l'important retard scolaire.
Interrogé sur le nom et l'emplacement des mers et océans qui entourent la France (en présence d'une carte muette), notions travaillées à plusieurs reprises dans le cadre scolaire, Fabrice évoque d'une façon hésitante la mer Méditerranée (sans pouvoir la situer), puis… l'« océan Armoricain » ! Il est certain que ces termes avaient été appris en classe, provoquant la création de combinaisons inédites (amalgames, interférences). On retrouve les mêmes difficultés dans les autres matières (biologie, histoire), et en calcul où il a besoin de disposer des tables de Pythagore pour résoudre les problèmes sur lesquels pourtant il raisonne bien.

Dans l'ensemble, les connaissances de nature encyclopédique sont extrêmement déficitaires par

[103] Terme officiel désignant un redoublement.

rapport aux savoirs normalement accumulés par les enfants de la même classe d'âge, ayant le même niveau scolaire et intellectuel.

Répercussions dans le langage

Le diagnostic de troubles du langage *secondaires* à des troubles mnésiques repose sur la confrontation de plusieurs lignées de signes. En effet, le rôle des fonctions mnésiques dans certaines anomalies du langage de l'enfant est attesté par la présence de signes positifs *et* négatifs, en particulier :

- l'*absence*, dans le langage conversationnel de l'enfant, de tout symptôme caractéristique de dysphasie. Il n'existe ni trouble phonologique, ni dys-syntaxie, ni réduction psycholinguistique, ni persévération, ni aucune des déviances qui traduisent l'incompétence (partielle ou totale) des réseaux spécifiquement dédiés au traitement de l'information linguistique (chapitre 2). Il n'y a aucun trouble de la pragmatique ;
- *la présence* d'un déficit des fonctions mnésiques *dans d'autres secteurs*, en particulier visuel et/ou visuospatial, atteste que le trouble mnésique déborde le secteur strictement langagier.

Les anomalies langagières peuvent être de deux ordres, concernant la constitution du lexique en MLT et/ou la récupération (le rappel) des mots.

- *Non-inscription dans les réseaux lexicaux* de termes rares ou spécifiques, donnant alors une tonalité de « vocabulaire pauvre ». Les deux versants afférent (vocabulaire dit « passif », souvent testé par la désignation d'images) et efférent (versant expressif ou encore dit vocabulaire « actif » souvent testé par la dénomination d'images) sont atteints et déficitaires dans des proportions grossièrement concordantes.
- *Difficultés de récupération du mot* (manque du mot ou anomie [chapitre 2]). Ce trouble se situe à l'exacte intersection entre les systèmes mémoire et langage (*cf.* fig. 4.2). Ce qui caractérise cette situation (contrairement à la précédente), c'est l'importante dissociation entre des capacités dans la norme pour le stock lexical connu, évalué par des épreuves de reconnaissance (désignation), *et* un déficit significatif dans les épreuves de dénomination et de fluence.

C'est en effet uniquement sur le versant expressif que se manifeste la difficulté, avec non-réponse (« je ne sais pas », « mot sur le bout de la langue ») ou paraphrase (image d'une louche : « c'est un truc pour… comme une cuillère »). C'est une pathologie qui peut être comprise comme un trouble de l'*accès* lexical (du rappel), les mots étant présents dans le lexique (comme en fait foi la normalité des performances en désignation), mais non atteignables, non mobilisables au moment voulu (mais ils peuvent l'être ou l'ont été).

Si ce trouble ne touche *que* les réseaux lexicaux, il est intégré aux troubles spécifiques du langage (chapitre 2). Mais si d'autres troubles mnésiques coexistent (mémoire sémantique, mémoire épisodique et apprentissage nouveaux, mémoire visuelle et/ou visuospatiale…), il est alors logique de le considérer comme *secondaire* à une dysmnésie qui diffuse dans le secteur langagier. L'anomie n'est alors qu'un des symptômes au sein du tableau de dysmnésie.

Sandra, un vocabulaire « pauvre »

Sandra, 7 ans ½, ancienne prématurée, consulte en CE1 pour échec scolaire sévère. Elle présente aux épreuves verbales le profil suivant (notes standards) : Similitudes : 12, mais Vocabulaire : 5 (toutes ses notes « performances » sont comprises entre 10 et 13). Son langage (pragmatique, contenu, compréhension et expression) ne comporte aucune déviance particulière et ses compétences syntaxiques sont concordantes avec son âge réel. Simultanément, on note une intense désorientation temporelle, sans trouble de la structuration spatiale, et de grandes difficultés d'apprentissage et de rétention des connaissances encyclopédiques qui sont le motif de la consultation.

Le bilan en consultation montre des anomalies portant sur les tâches de mémoire à long terme impliquant les entrées auditivo-verbales (récits, apprentissages de listes de mots), mais aussi un déficit dans tous les secteurs de la mémoire à long terme, y compris sur afférence visuelle (BEM 144). Les mémoires transitoires (de travail et à court terme) sont épargnées, donnant lieu à des performances normales. De même, les épreuves langagières ne mettant pas en jeu la MLT sont réussies à hauteur du niveau scolaire et du niveau de raisonnement (par exemple : répétition de mots, non-mots et phrases de longueur concordantes avec son âge réel…).

Préconisations thérapeutiques

On aidera ces enfants d'abord en faisant le diagnostic de dysmnésie développementale, puis en leur proposant des aménagements scolaires en *fonction du bilan*, de l'intensité des troubles et du pronostic scolaire.

Par exemple, si la mémoire visuelle est moins atteinte que la mémoire auditivo-verbale, ce qui est fréquent, on favorisera les apprentissages à partir d'observations, dessins, illustrations, schémas, vidéos…

De nombreux auteurs (Guillery-Girard et al., 2004; Adlam et al., 2005; Stefaniak et Meulemans, 2011) ont montré que des données peuvent être mémorisées en utilisant des *stratégies particulières* (à vérifier au cas par cas) telles que :

- le double encodage : les données sont présentées simultanément visuellement (mot écrit, dessin, pictogramme) et auditivement;
- l'apprentissage sans erreur : si l'enfant n'est pas sûr de sa réponse, hésite ou ne sait pas, l'examinateur – ou l'ordinateur, selon les protocoles – fournit rapidement la bonne réponse. Cela permet que seul le savoir visé soit engrammé. La cible correcte est ainsi associée au contexte de nombreuses fois (importance des répétitions), sans risque d'interférence avec des approximations ou des savoirs erronés;
- l'estompage : cette technique consiste à présenter la cible à mémoriser à plusieurs reprises puis à en estomper (masquer, omettre) progressivement certains éléments que le sujet doit évoquer. C'est une façon de faciliter le rappel en fournissant des indices, d'abord très importants (peu d'estompage de la cible) puis de plus en plus faibles.

Ces stratégies peuvent être combinées diversement en fonction du concept dont on souhaite la mémorisation et de sa forme de surface (auditive, visuelle ou visuoverbale). Leur réussite tient au niveau de motivation, d'attention, de facteur g et d'efficacité des fonctions exécutives du jeune.

Cependant, si l'on peut s'inspirer de ces techniques en séance de rééducation, elles restent peu écologiques et ne sont guère utilisables en situation scolaire.

Aide-mémoire

Plus généralement, il faudra donc que l'enfant puisse avoir sous les yeux ce qu'il ne peut mémoriser (sous-main transparent, carnets, mémos…).

Cependant, pour être utiles, ces palliatifs doivent être bien organisés et pas trop nombreux afin que l'enfant sache lesquels utiliser, quand et comment (dans quelles circonstances). L'utilisation judicieuse de classeurs et répertoires de différentes couleurs selon le type d'informations contenues (classements internes catégoriels, présentation spatiale et utilisation de couleurs, typographies, graphismes clairs et différenciés) est fondamentale. L'enfant doit être incité à y rechercher et repérer les informations dont il a besoin.

Durant la scolarité primaire, tout cela est assuré avec le concours de l'enseignant, de l'auxiliaire de vie scolaire, des parents, des rééducateurs. Il est en effet tout à fait illusoire, sous prétexte d'autonomie, de laisser l'enfant « organiser » lui-même ces aides. Elles ne seraient rapidement que des éléments *supplémentaires* ingérables. Il faut aider l'enfant à gérer son déficit, et à utiliser des listes, des schémas, des cartes, à savoir *où* trouver l'information et *sous quelle forme*, quels supports lui sont vraiment une aide (plans, tableaux, dessins…). Cette autonomie ne peut s'acquérir que progressivement, après une longue période d'étayage par les adultes.

Ces palliatifs sont à encourager dans tous les secteurs de la scolarité. En calcul, on laisse à disposition les tables de Pythagore ou une calculette, afin de lui permettre ainsi de se confronter à des questionnements et des raisonnements d'un autre ordre. Pour l'orthographe d'usage, l'utilisation d'un correcteur orthographique peut être une solution permettant l'accession à un écrit socialement acceptable.

Utilisation des scripts et schémas narratifs

Le stockage et la récupération en MLT des scripts et schémas narratifs sont indispensables au décodage de la plupart des échanges linguistiques et à la compréhension de récits. Leur corrélation avec l'expérience, le quotidien, leur permanente réactivation (actions et événements habituels), leur utilisation réitérée au jour le jour en font des éléments très solides, acquis *implicitement* en

mémoire sémantique, donc peu sensibles à la pathologie. Comme ils contribuent à réduire considérablement la charge en mémoire à long terme lors de l'écoute de récits ou la lecture de textes, ces aspects peuvent être utilisés (et même travaillés, entraînés) au décours des dysmnésies.

Stratégies recommandées

Outre ces palliatifs, on veillera à :

- *la permanence de traces,* à portée de l'enfant (multiplier les photos, images, illustrations, schémas, résumés à partir de mots clés…), et sa participation active dans leur confection (lui demander d'effectuer les découpages, collages et dessins correspondants, pictogrammes…) ;
- *la profondeur du traitement de l'information*. Par exemple, en ce qui concerne l'orthographe d'usage, ne pas se contenter de la simple répétition ou copie du mot. Les associations phonétiques inattendues ou les allitérations amusantes permettent certes de mettre en scène les aspects liés à la forme de surface, mais on améliore de beaucoup ses performances en demandant à l'enfant d'effectuer aussi un traitement sémantique sur le mot (chercher des mots de la même famille, les synonymes/antonymes, construire une phrase comportant ce mot, préciser sa classe grammaticale…) ;
- *la mise en saillance de quelques éléments*. En ce qui concerne les textes, récits, films, exposés sur des sujets d'intérêt général (histoire, géographie, biologie…), on fournit systématiquement une trace écrite (plus ou moins assortie de dessins ou pictogrammes), à partir de laquelle on propose à l'enfant de faire ressortir le ou les quelques points clés : surligner, colorier… Ce travail d'extraction, de mise en relief (surlignage) et hiérarchisation des idées (travail de synthèse et résumé) doit être fait *avec un adulte*, car les enfants en sont normalement incapables avant 10–14 ans (selon la nature du matériel). Les points clés ainsi dégagés font *ensuite* l'objet d'un travail secondaire : illustrations, associations et relations explicites avec d'autres savoirs, répétitions…

La répétition

Des stratégies de répétition avec ajout progressif (on énumère l'ensemble des éléments, on en ajoute un, on recommence depuis le début de la liste…) favorisent la rétention des premiers items aux dépens des derniers, mais surtout n'autorisent pas le rappel sélectif (il faudra dérouler l'ensemble de la litanie à chaque utilisation d'un des éléments). Une liste écrite (ou imagée) rendra peut-être alors autant de services, surtout si on a pris la peine de regrouper les éléments qui entretiennent des liens privilégiés selon des critères explicites (par exemple, en les regroupant visuellement, ou en surlignant de couleurs différentes les éléments appartenant à chaque catégorie…).

- *les contrastes* : il faut éviter la présentation successive de notions apparentées (par la forme ou le fond), dans des domaines voisins ou qui partagent beaucoup de points communs. Ces contiguïtés sont source de *confusions* (interférences) lors du rappel. On essaiera au contraire de les dissocier clairement, tant par une exposition très éloignée dans le temps que par des mises en contexte très différenciées ;
- *la « mise en scène »* des informations (dramatisation, suspens ou humour), les anecdotes, tout ce qui, rompant la continuité et la routine, pourra créer un effet de surprise, susciter une attente, étonner : cela favorise une *attention* élective, crée un *contexte* saillant et pourra être utilisé secondairement pour *indicer le rappel* ;
- les « recettes » facilitant le stockage – puis le rappel – sont nombreuses (associations mentales, à des images, des couleurs, des lieux ; associations logiques, motivées ou personnalisées…) : il convient d'encourager l'enfant à utiliser seulement les plus performantes pour lui, mais aussi les plus adaptées au matériel proposé.

Enfin, pour tous les enfants dont le bilan a montré la nette supériorité de leur mémoire visuospatiale, on aura intérêt à favoriser explicitement le recours à l'*image mentale*, la « visualisation » de la situation, d'un plan, d'un dessin, d'un tableau, même du contexte susceptible d'être associé spécifiquement à cette information. On doit valoriser au mieux cette mémoire visuelle, dont on accentuera *la sur-utilisation* à visée compensatrice.

En effet, la rééducation ne doit pas seulement chercher à minimiser le trouble, elle doit consister aussi en un *sur-entraînement des compétences préservées* (déterminées en fonction du bilan), voies de recours privilégiées exploitables avec le maximum d'efficacité fonctionnelle.

Entraîner la mémoire visuelle

Les jeux de reproduction (immédiate ou différée) de gestes, de parcours, de suites graphiques, de formes, de labyrinthes, de dispositions spatiales; « jeux des erreurs » après présentation du modèle mais en l'absence de celui-ci, etc.

Désorientation temporelle

La désorientation temporelle peut perturber la vie quotidienne et générer une angoisse diffuse. La famille et l'école doivent participer de conserve à sa prise en compte. Les principes généraux consistent :

- à « concrétiser » le temps, en transposant le déroulement dans un domaine perceptif, visuospatial, utilisable par l'enfant;
- à utiliser des repères choisis avec l'enfant, c'est-à-dire personnalisés, en lien avec ses intérêts, son vécu, les éléments saillants de son emploi du temps;
- à utiliser des repères *fixes,* stables, répétitifs;
- à laisser des *traces* (écrits, dessins ou pictogrammes, plans, images évocatrices de telle activité) auxquelles l'enfant peut se référer en permanence, et d'une fois sur l'autre.

L'enfant doit disposer :

- *sur lui,* d'un emploi du temps *de la journée* (illustré de pictogrammes et colorié si l'enfant est jeune et/ou ne maîtrise pas parfaitement la lecture);
- *en rééducation individuelle* (habituellement en orthophonie), d'un *agenda* de l'année où chaque page représente un jour (éphéméride)[104]. Il sera utilisé à plusieurs fins : repérage des intervalles de temps et de la *durée* (matérialisée dans ce cas par la quantité, l'épaisseur des feuillets passés ou restants, à partir d'une date signifiante pour l'enfant : son anniversaire, Noël); apprentissage de la notion de date et des repères socioculturels (vacances, fête des Mères, etc.); enfin, de brèves *annotations quotidiennes* d'anecdotes ou de faits marquants (indépendamment de l'importance objective des événements) permettent de jalonner le temps. Les fréquentes anticipations et retours en arrière familiariseront l'enfant avec la manipulation des notions de temps et matérialiseront l'avancée irréversible du temps.

En attendant les progrès liés à ce travail, on évitera de mettre l'enfant en situation impossible à assumer pour lui du fait de sa pathologie : par exemple, lui fixer des « rendez-vous » de rééducation dans un but d'autonomisation et le gronder pour ses retards ou oublis; ou encore, lui confier des responsabilités nécessitant une bonne gestion du temps prospectif (« lundi, après la récréation, tu arroseras les plantes… »). On peut aussi lui offrir une montre « parlante », qui permettra une amélioration fonctionnelle de son repérage dans la journée.

Assez rapidement (en quelques mois), l'enfant perçoit les bénéfices de cette rééducation et, s'il continue à oublier le contenu de ses leçons, il pense en revanche à réclamer chaque matin l'emploi du temps du jour; il n'oublie plus son agenda qu'il utilise comme une véritable « prothèse ». C'est une rééducation gratifiante, pour autant qu'elle soit soutenue et régulière.

Au total

Une grande partie de ce travail ne se conçoit que lors de *séances individuelles*, autorisant le respect des stratégies propres à l'enfant et de son rythme, ainsi que le contrôle de la *qualité attentionnelle*. Des séances courtes, mais fréquentes sont préférables. La coordination avec l'école est évidemment incontournable : il est important que l'enfant perçoive clairement le lien et puisse espérer des gratifications scolaires.

En classe, l'enfant doit être autorisé à disposer, sur sa table de travail, d'un certain nombre d'informations qui ne sont que les supports d'activités plus complexes : il doit avoir sur sa table ce qu'il ne peut avoir en tête (« prothèse » de mémoire).

[104] Le calendrier de l'année, dans lequel l'enfant se perd, ne convient pas pour ces usages.

Ces aides et adaptations, souvent difficiles à accepter par les divers intervenants – et par l'enfant lui-même –, permettront à l'élève de continuer d'acquérir des savoirs et des problématiques correspondant à sa classe d'âge, à son niveau, à ses intérêts. Faute de quoi, déclaré inapte – en calcul, en orthographe, en connaissances générales –, on ne pourra que lui proposer des redoublements (peu efficaces : sa mémoire ne gagnera que peu à ces délais), puis l'abandon précoce de toute scolarité.

Enfin, il faudra aussi savoir conseiller des *orientations scolaires* (techniques, scientifiques, vers l'artisanat…) – en fonction des capacités raisonnementales et des désirs du jeune – qui ne réclament pas la mémorisation d'importantes banques de données.

Déficit en MT et apprentissages (vidéo 13)

Le déficit en MT peut être isolé (*cf.* fig. 4.13). Cependant, il s'accompagne toujours de répercussions négatives sur les capacités en MLT : ces dernières sont secondaires et toujours au second plan derrière l'importance du déficit en MT.

Par ailleurs, il ne sera question *ici* que de déficit de la MT (des instances de stockage) *sans* trouble associé de l'attention et/ou des fonctions exécutives.

Enfin nous envisageons essentiellement la MT *auditivo-verbale*, ne disposant que de peu de données concernant les troubles des MT visuelle et visuospatiale et/ou leurs répercussions spécifiques dans les apprentissages.

Diagnostic

Plaintes

C'est souvent un *échec scolaire diffus* qui amène à consulter. Les enseignants signalent des difficultés de *compréhension* (des consignes, des textes, des explications…).

Très souvent, l'échec est attribué à tort (par l'école, par les parents) soit à un manque de travail, soit à une attention/concentration insuffisante, soit à une déficience légère (une « immaturité » intellectuelle). Ces allégations seront rapidement réfutées, d'une part par la constatation aux échelles de Wechsler de bonnes capacités d'intelligence générale, d'autre part par la réussite aux tâches attentionnelles (auditives et visuelles).

Outre la nature des plaintes initiales et les épreuves étalonnées, c'est le comportement de l'enfant – calme, attentif, appliqué – et l'absence de tout symptôme du domaine exécutif (impulsivité, persévérations, défaut d'inhibition…) qui orienteront le diagnostic.

Deux cas cliniques contrastés

Morgane, 12 ans, CM2, échec scolaire global : trouble de la MT isolé

Il s'agit d'une petite fille intelligente : son niveau de facteur g est concordant avec son âge réel aux échelles de Wechsler, que ce soit en verbal (Similitudes, NS = 11, mais aussi Information, NS = 9, Raisonnement verbal, NS = 9) qu'en non verbal (Identification de concepts, NS = 10, Matrices, NS = 11. Les autres épreuves sont à 8–9).

Pourtant, certains scores dans l'échelle verbale sont très faibles : Vocabulaire, NS = 5 ; Compréhension, NS = 3. Les épreuves de MT sont globalement effondrées : Mémoire des chiffres, NS = 6 *mais* l'empan endroit est de 6, alors qu'il n'est que de 2 éléments à l'envers. La Séquence lettres-chiffres est massivement ratée (NS = 1) ainsi qu'Arithmétique : NS = 2. Les épreuves de Code (NS = 6) et Symboles (NS = 3) sont faibles en raison d'une grande lenteur : Morgane ne mémorise pas la séquence et doit revenir en permanence aux modèles.

En consultation, Morgane confond les saisons, sa date de naissance, la date du jour, les jours et les mois. La désorientation temporelle est sévère. Une CMS précise que les indices de mémoire visuelle sont dans la norme alors qu'elle rate toutes les épreuves verbales (centile 1 à 10), qu'il s'agisse de stockage, encodage, récupération, apprentissage. La répétition de pseudo-mots (NEPSY, NS = 2) confirme le trouble sévère en MT auditivo-verbale, avec répercussion sur la compréhension et la MLT auditivo-verbale.

Sur le plan attentionnel et exécutif, on note :

- la répétition de chiffres à l'endroit correcte (6 items) traduisant une bonne attention ;
- un score strictement dans la norme au *Wisconsin Card Sorting Test*, mais aussi à la tour de la NEPSY (*cf.* chapitre 5), excluant un trouble exécutif.

On conclut à un trouble mnésique, essentiellement en MT auditivo-verbale (mais diffusant aussi en MLT), respectant la MLT visuelle (la MT visuospatiale n'a pas été explorée…), chez une jeune fille d'intelligence normale, sans trouble attentionnel ni exécutif.
Outre la rééducation et les aides à l'orientation temporelle, la question de l'orientation scolaire en fin de primaire doit être posée, car les stratégies de contournement (utilisation de la mémoire visuelle et visuospatiale) ne permettront pas une scolarité longue.

François, 13 ans, en 5e : trouble de la MT ou trouble dysexécutif ?

Diagnostiqué dyslexique depuis plusieurs années (dyslexie dite « mixte »), il consulte pour échec scolaire global et l'on évoque un « multidys- ». En lecture, on note des confusions de toutes sortes et un défaut de compréhension. Il y a aussi une dysgraphie qui compromet la relecture, un échec important tant en arithmétique qu'en géométrie, et des difficultés notées depuis toujours pour s'organiser, maintenir son attention, planifier une tâche.
Les échelles de Wechsler confirment :

- un déficit sévère en MT : Mémoire des chiffres, NS = 4 ; Séquence lettres-chiffres, NS = 3 (Code, NS = 1 ; Symboles, NS = 7) ;
- ce qui contraste de manière flagrante avec Similitudes, NS = 19.

On note aussi un score relativement médiocre (par rapport à Similitudes) au Vocabulaire (NS = 11) et à toutes les épreuves non verbales (NS entre 8 et 12).
Dans toutes les épreuves de la CMS, François se situe dans la norme (NS entre 8 et 12) sauf aux épreuves dites d'attention (séquences, NS = 4).
Outre son comportement, il est noté dans l'épreuve d'apprentissage d'une liste de mots (CMS) une progression normale d'un essai sur l'autre en nombre d'items restitués, mais surtout des *redites* et l'évocation d'*intrus* (qui seront mémorisés et ré-évoqués d'une fois sur l'autre).
L'association, chez ce garçon intelligent, d'un déficit très sévère en MT, de l'échec à toutes les tâches de planification et d'organisation, la diffusion des problèmes d'apprentissages à tous les domaines et à tous les modes (visuel, auditivo-verbal), les difficultés aux tâches de barrage, mais aussi lors des épreuves d'apprentissage (redites, intrus), enfin son comportement, doivent faire évoquer un syndrome dysexécutif (le trouble mnésique étant alors compris comme un symptôme secondaire) (*cf.* chapitre 5).

Épreuves de MT des échelles de Wechsler

Mémoire de chiffres (MCH)

C'est très souvent cette épreuve qui alerte.

Il est très important de ne pas calculer d'emblée la note de « Mémoire des chiffres », mais de considérer *séparément* les scores obtenus d'une part à la répétition de chiffres à l'endroit (reflet de l'attention et des capacités en MCT) et d'autre part en restitution des chiffres à l'envers (MT).

On observe en effet de fréquentes dissociations : certains enfants présentent un bon empan endroit et un empan envers déficitaire (par exemple, Andréa, 11;3 ans, en CM2 : empan endroit = 7 items *versus* empan à rebours = 3 éléments). Ce *pattern* évoque une bonne attention (chiffres à l'endroit) avec une bonne capacité de stockage immédiat des informations (MCT), mais (chiffres à l'envers) de grandes difficultés soit à maintenir suffisamment l'information pour y travailler (boucle phonologique), soit à manipuler les données (administrateur central, fonctions exécutives). À l'inverse, d'autres ont un empan envers soit aussi bon (ex. : 4 chiffres à l'endroit et 4 chiffres à rebours), soit meilleur (3 chiffres à l'endroit, 5 chiffres à rebours) qu'à l'endroit. Cette configuration est plus difficile à expliquer : beaucoup font l'hypothèse que la difficulté de la tâche « envers » permettrait à ces enfants de mieux mobiliser leur attention.

Séquence lettres-chiffres (SLC)

Notons tout d'abord que cette épreuve n'est valide que si l'enfant connaît bien l'ordre alphabétique et peut suffisamment l'automatiser. Là encore, on peut constater des dissociations importantes par rapport à l'épreuve des chiffres à l'envers, certains enfants réussissant nettement mieux (meilleure mobilisation attentionnelle ?) ou ratant très sévèrement (plus grande sollicitation de l'administrateur central).

Arithmétique

Dans la mesure où cette épreuve propose de petits problèmes oraux et demande des calculs mentaux,

elle sollicite en effet énormément la MT auditivo-verbale. Cependant, cette épreuve peut aussi être ratée pour de multiples *autres* raisons (chapitre 7), chez des sujets dont la MT est intacte.

C'est pourquoi il est fondamental de considérer *isolément* les résultats à chaque épreuve, puis de confronter les différentes épreuves les unes aux autres pour chercher à comprendre les raisons des échecs (sévères ou relatifs) et des réussites (absolues ou relatives).

L'hétérogénéité des scores au sein de ces différentes épreuves de MT doit être interrogée (en termes de rôle de l'attention, des fonctions exécutives, du matériel à mémoriser) et non lissée par le calcul « moyenné » d'un « indice de MT ».

Enfin, il est très important de ne pas s'arrêter aux épreuves de MT des échelles de Wechsler. Une épreuve de MT visuospatiale (Cubes de Corsi) est *indispensable* pour juger du caractère global ou au contraire modalité-dépendant du trouble.

En effet, comme nous l'avons déjà souligné, la nature du matériel influence énormément la performance en MT et cette information sera capitale pour repérer les modalités de présentation du matériel les plus efficaces et/ou pour proposer des adaptations des apprentissages.

Autres épreuves spécifiques

- *Empan de mots et d'images* d'objets familiers de de Agostini et al. (1996). L'empan de mots familiers est concordant avec l'empan de chiffres.
- *Tâches de l'université de Liège*[105] (Majerus, 2012). Ces tâches peuvent être librement téléchargées ; certaines sont étalonnées dès 4 ans.
- Signalons aussi les épreuves de reproduction de rythme de Mira-Stambak, épreuves auditives mais non verbales qui réclament de restituer dans l'ordre une suite de *patterns* auditifs (coups frappés, longs ou courts, rythmiquement).
- Les empans de tâches scolaires. Ces tâches renseignent sur la MT lors de tâches scolaires, à savoir la lecture, la numération et le calcul (Gavens et Camos, 2006). Elles demandent toutes d'effectuer deux tâches cognitives simultanées, de retenir des informations et d'effectuer un travail cognitif concomitant.
  - *L'empan de lecture* (Daneman et Carpenter, 1980).
  - *L'empan de comptage* (Case et al., 1982).
  - *L'empan de calcul* (Turner et Engle, 1989).

Les résultats à ces épreuves sont fortement corrélés entre eux et fortement corrélés à la réussite scolaire évaluée en français et en mathématiques.

MT et scolarité : déficit sévère

Lorsque le déficit est intense (empan envers impossible ou inférieur à trois éléments après 7 ans), les troubles infiltrent gravement l'ensemble des activités auditivo-verbales (*cf.* fig. 4.12).

Langage oral

L'enfant peut être en grande difficulté de compréhension du langage conversationnel, de consignes longues comportant plusieurs éléments, d'explications fournies, donnant alors l'impression soit d'un déficit intellectuel (les épreuves de facteur g ne sollicitant pas trop la MT réfuteront rapidement cette hypothèse), soit d'un trouble langagier à composante « sémantique ».

Certaines épreuves, prévues pour explorer d'autres domaines, sollicitent évidemment *aussi* la MT : c'est le cas de toutes les épreuves comportant des consignes longues (devinettes du K-ABC, Compréhension ou Raisonnement verbal des échelles de Wechsler). L'échec à ces épreuves peut donc égarer le diagnostic.

C'est aussi le cas des tests de compréhension morphosyntaxiques ou de tests de closure grammaticale. Il faut alors chercher à distinguer ce qui est lié primitivement, intrinsèquement, à un dysfonctionnement du « savoir-faire » syntaxique ou bien au contraire à une insuffisance de la MT qui diffuse dans tous ces secteurs. C'est l'*effet de longueur* qui est caractéristique du déficit en MT : l'enfant réussit l'épreuve (y compris à un niveau plus complexe dans le domaine considéré) lorsque la consigne est brève, alors qu'il échoue à un niveau plus simple si la consigne est longue.

Exemple (inspiré du [0.52] de Khomsi), compréhension syntaxique

Si l'on compare les compétences requises pour comprendre les deux phrases suivantes : « Je range le camion dont les roues ne sont pas cassées » et « Elle le lave », la première réclame

[105] Consultable sur : www.ppc.ulg.ac.be/evaluation.htm

essentiellement des capacités lexicales (roues, camion, casser, ranger) et de bonnes capacités en MT (4–5 éléments, en comptant la prise en compte de la négation), mais peu de capacités syntaxiques (compréhension de la négation). Au contraire, la seconde ne comporte qu'un seul mot « plein » (laver), réclame un empan mnésique beaucoup plus faible (3 éléments), mais exige un traitement syntaxique complexe (référents des pronoms, sujets et compléments, clé pour comprendre qui fait quoi à qui).
Une réussite à la seconde après un échec à la première doit faire soupçonner un déficit en MT (et non un trouble intrinsèque du secteur syntaxique, langagier). Bien évidemment, c'est l'existence d'*un faisceau concordant* d'arguments de ce type qui permet ce diagnostic.

Langage écrit

La phase initiale de l'apprentissage de la lecture réclame d'importantes ressources en MT (chapitre 3). Lorsque l'enfant ne peut pas travailler sur *au moins* trois éléments (correspondances graphèmes-phonèmes ou syllabes) maintenus simultanément actifs en mémoire, l'accès à la lecture par conversion graphophonologique (assemblage) est laborieux, voire compromis. La conversion de chaque segment graphémique, la mise en mémoire du résultat phonologique obtenu pour chaque fragment du mot écrit, puis leur assemblage pour accéder au sens, est trop coûteux en MT.

C'est donc très fréquemment que les premières consultations sont motivées par la suspicion d'une dyslexie.

Une hypothèse de dyslexie, puis de dysphasie

Lucie, 6 ans ½, en fin de CP, consulte pour « suspicion de dyslexie ». Son père est dyslexique et les enseignants signalent des difficultés de compréhension « probablement liées à un faible niveau de vocabulaire ». Il n'y a aucun antécédent particulier dans la première enfance, il n'y a pas eu de retard de parole/langage (Lucie a parlé tôt et bien), mais elle comprend mal les consignes et échoue toutes les tâches de phonologie proposées en classe. Des difficultés en calcul et numération sont également signalées.

- Le WISC-IV montre des scores faibles dans toutes les épreuves verbales, en particulier en vocabulaire (Similitudes, NS = 6; Vocabulaire, NS = 3; Compréhension, NS = 7). Les épreuves non verbales permettent d'éliminer une déficience intellectuelle : Cubes, Identification de concepts et Matrices, NS = 12. Code et Symboles sont faibles, respectivement à 6 et 7 en NS.
La MT est effondrée : Mémoire des chiffres, NS = 1 (elle répète difficilement 2 chiffres à l'endroit, et ne peut réaliser la consigne à l'envers). De même, la consigne est irréalisable à l'épreuve Séquence lettres-chiffres.
- Un bilan de langage est proposé (batterie EVALO) : les épreuves de métaphonologie donnent lieu à des échecs importants dans toutes les modalités proposées (détection de rimes, comptage syllabique, similarités/différences phonologiques) la situant à – 3 ET de la norme. La compréhension syntaxique la situe entre – 2 et – 3 ET. Le lexique (évalué par une épreuve de dénomination) est très faible (– 3 ET). Cela contraste avec la réussite (dans la norme) à l'épreuve de dénomination rapide[106].
Cela fera discuter un temps une dysphasie phonologique-syntaxique rendant compte des difficultés de compréhension, de métaphonologie et de calcul. Cependant, l'absence de tout antécédent de « retard » de langage, la fluence verbale normale, l'expression langagière tout à fait normale feront remettre en question cette hypothèse et reconsidérer le rôle primaire du déficit de MT auditivo-verbale.

Très souvent ces tableaux sont interprétés, au fil de la scolarité, en « *multidys-* » : vocabulaire pauvre, dyslexie phonologique avec déficit de la MT auditivo-verbale (chapitre 3) + « dyscalculie » (*cf. supra*, encadré « Deux cas cliniques contrastés », cas de François).

Mais les problèmes scolaires peuvent s'analyser ainsi : le déficit en MT (*diagnostic*) induit des *symptômes* dans différents secteurs : déficit lexical, déficit en compréhension orale (phrases ou consignes ou explications longues), déficit en métaphonologie (avec en effet dyslexie prévisible), dyscalculie.

[106] *Cf.* chapitre 3 : l'échec à cette épreuve est très prédictif d'une dyslexie phonologique. La réussite de Lucie, dans un contexte pourtant de déficit patent dans les épreuves de métaphonologie, doit étonner.

Ronan, une « dysmnésie de travail » dans un contexte neurologique

Ronan, 8 ans, présente une ataxie cérébelleuse. Il a une excellente autonomie motrice, il fréquente une CLIS, niveau CE1. D'intelligence normale et sans trouble du comportement, il consulte, car il est en grande difficulté d'acquisition de la lecture.

Le bilan montre de très bonnes performances dans tous les domaines visuo-practo-spatiaux (Cubes, Labyrinthes, etc.), où il obtient des scores homogènes entres 11 et 14. Les résultats sont également excellents sur le plan verbal : langage élaboré (milieu socioculturel favorisé) contrastant avec une performance médiocre aux épreuves de définition de mots (NS = 8), tandis que le niveau de développement (facteur g) est excellent (NS = 13 aux Similitudes ; Cubes, NS = 14). Le contact est agréable et adapté. Ronan se montre appliqué tout au long de la consultation.

On est frappé, dans ce contexte, d'un échec important à une épreuve de fluence verbale (évocation de noms d'animaux) : en fait, l'enfant trouve quelques noms d'animaux assez recherchés (panda, cerf…), puis s'interrompt, *ne sait plus où il en est* (« Le panda, j'l'ai dit ? Non ? … J'sais plus si j'l'ai dit… C'est quoi, tu demandes ? des animaux ? …»), peine à *maintenir la consigne* et, malgré une intense concentration sur la tâche, n'arrive pas à contrôler la liste qu'il évoque en même temps qu'il l'énonce. Simultanément, l'*empan de chiffres* est effondré (2 à 3 chiffres à l'endroit selon les essais, impossible à l'envers).

En lecture, il connaît toutes les correspondances sons-graphies, y compris pour les lettres contextuelles, les di- ou trigraphes, mais il échoue à lire une petite phrase. Les mots isolés, même réguliers et fréquents, le mettent en échec dès 3–4 syllabes. Pourtant, l'application et la bonne volonté de l'enfant sont incontestables. On constate que l'enfant procède par conversion *lettre à lettre*, réalisant une fusion syllabique toutes les deux ou trois lettres : quelle que soit la complexité « lexique » du mot présenté, Ronan, à partir de ce déchiffrage, parvient à lire et comprendre le mot à la seule condition qu'il soit *court* (2 syllabes, 5–6 lettres au maximum). Quelques mots simples (réguliers et fréquents, sans di- ni trigraphes) de 3 syllabes (soit 6 à 8 lettres) peuvent être déchiffrés, mais dès ce stade Ronan perd une partie des informations déchiffrées, ou les transforme en tentant de les répéter ultérieurement (confusions, amalgames), ne conservant qu'une petite partie des sons qu'il a produit. Il déclare alors « j'y arrive pas, j'sais plus » (cas le plus fréquent) ou, plus rarement, il invente un mot qui lui paraît compatible avec les premiers sons produits (hélicoptère → /hélice/). S'il peut lire des mots comme « lion, algue, peur, aspic ou exact », il échoue à « caravane, télévision, aspirateur ». L'influence de la *longueur* du mot est évidente et constante dans les difficultés de Ronan, alors que l'influence de la complexité n'est pas probante.

Son empan effondré, son échec aux épreuves de répétition de mots et phrases proportionnel à la longueur du message, confirment l'hypothèse d'une difficulté spécifique à travailler en mémoire transitoire sur une suite séquentielle. Étant donné la présence d'une discrète dysarthrie cérébelleuse (intelligibilité parfaite, mais débit anormal, ralenti), et le rôle attribué à la répétition articulatoire pour le maintien actif des informations en MT, on cherche à savoir comment procède Ronan avec des informations non verbales : l'empan visuo-spatial (carrés de la BEM 144) est raté, autant que le span auditivo-verbal (3 items au maximum). Le trouble des mémoires transitoires est, chez lui, global et indépendant de la modalité d'entrée.

Dans ces cas, la scolarité est globalement compromise. Des classes spécialisées (CLIS) peuvent permettre la (lente) mise en place des apprentissages de base, en lien avec des rééducations fréquentes et bien ciblées (orthophonie). Un projet éducatif, centré sur l'autonomie de vie quotidienne est souvent plus réaliste.

MT et scolarité : déficit modéré

Ces déficits autorisent une scolarité, mais engendrent des échecs scolaires diffus et inexpliqués. L'enfant a souvent déjà redoublé une fois (souvent le CP, en raison de difficultés d'accès au langage écrit). Les échelles de Wechsler confirment son intelligence générale dans la norme et notent une faiblesse dans les épreuves de MT (NS entre 5 et 7).

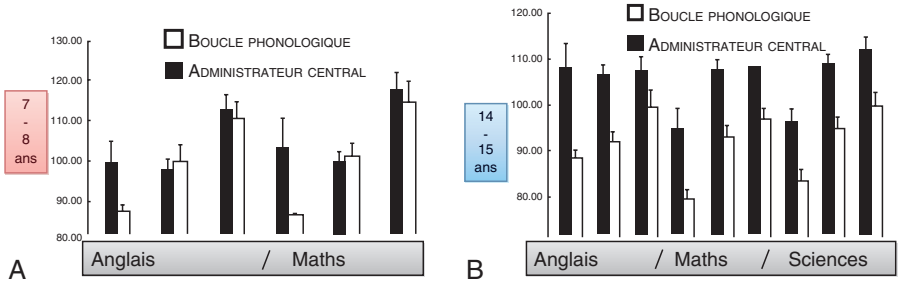


Fig. 4.15. Corrélations entre performances en mémoire de travail et performances scolaires en fonction de l'âge.
A. Chez les enfants de 7–8 ans. B. Chez ceux de 14–15 ans. *Source : Gathercole SE, Pickering SJ, Knight C, Stegmann Z. Working memory skills and educational attainment : evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. Applied Cognitive Psychology 2004 ; 18 : 1–16.*

Les répercussions se marquent surtout dans le langage.

- *À l'oral*, l'enfant perd souvent la consigne, surtout si elle est longue ou renferme plusieurs instructions qui doivent être traitées sériellement. Il interroge en permanence, cherchant à se faire répéter chaque élément de la consigne (« hein ? quoi ? page combien ? page 62 ? 72 ? en haut ? le numéro 3, le 5 ? »), et ce à longueur de journée, ce qui épuise son entourage (camarades, enseignant) et donne une *impression* de troubles attentionnels. Si, constatant qu'il n'a pas compris ce qu'on vient de dire, on lui délivre oralement de *longues* explications supplémentaires, il est de plus en plus perdu.
- Il en est de même *à l'écrit* : l'enfant lit mais ne comprend pas ce qu'il lit, à moins de fractionner les informations écrites en très courts segments. Ce trouble de compréhension de textes contraste avec un bon niveau de raisonnement (facteur g) et une lecture de mots isolés satisfaisante.
- *Le déficit lexical*. Il s'agit d'une anomalie de la *constitution* du lexique. En effet, le déficit en MT limite la capacité de stocker simultanément les unités phonologiques qui composent le mot nouveau et sa signification. Ce sont surtout les mots longs, rares, peu usités, le vocabulaire de niveau sous-ordonné (*cf.* fig. 2.7), les termes spécifiques à divers domaines (les mathématiques, la géographie, les sciences…) qui ne sont pas fixés ou de façon approximative, ou fragile. Cela concourt à l'échec scolaire, un grand nombre de notions et les termes qui les désignent devant être mémorisés chaque année. Par ailleurs, ce déficit lexical aggrave en retour les difficultés de compréhension, tant orales qu'écrites.
- *Répercussions sur la scolarité*. Plusieurs auteurs ont confirmé ces corrélations fortes entre niveau scolaire (en français, en mathématiques) et capacités en MT.

Ainsi, Gathercole et al. (2004) ont étudié, dans une population de 40 enfants de 7 à 14 ans, les performances en anglais, mathématiques et sciences en les reliant à leurs performances en MT ; ces dernières étaient évaluées (par 13 épreuves) dans leurs trois composantes, à savoir la boucle phonologique, le calepin visuospatial et l'administrateur central. Il semble en fait (fig. 4.15) que cette corrélation soit surtout importante *en début* de scolarité : à 7–8 ans les performances en anglais, calcul et MT sont en effet fortement corrélées. Les limitations en MT ont alors manifestement une répercussion importante sur les performances langagières. Mais chez les plus âgés, les performances langagières (en anglais) ne sont plus si dépendantes de la MT, alors que les *matières scientifiques* restent au contraire fortement corrélées aux performances en MT.

Alloway et al. (2005) étudiant 64 enfants de 7 à 11 ans repérés comme ayant des « besoins éducatifs spéciaux » (l'équivalent de nos Rased[107]) notent : « les très faibles niveaux de performance en MT sont beaucoup plus fréquents dans cette population à besoins éducatifs spéciaux que dans la population standard ».

Il très probable que ces déficits mnésiques sont largement sous-estimés chez les enfants en échec scolaire.

[107] Rased : réseaux d'aides spécialisées aux élèves en difficulté, au sein d'écoles primaires.

Préconisations thérapeutiques

Entraînement de la MT

Les exercices, simples et variés, doivent être brefs (car ils nécessitent de gros efforts attentionnels) et ludiques.

Ces entraînements consistent le plus souvent en exercices inspirés des tâches de tests (auditivo-verbales ou visuospatiales), partant des capacités de l'enfant et cherchant, par la répétition, à augmenter progressivement le nombre d'items stockés puis restitués[108]. Ces entraînements peuvent même être conduits en groupe classe, supervisés par les enseignants préalablement formés (Holmes et al., 2013). Des entraînements *via* un programme informatique sont également disponibles (ex. : programme CogMed[109]). Toutes les études montrent des progrès des enfants *dans les domaines entraînés*.

Exemples d'exercices de MT

Parler en verlan : répéter les mots de l'interlocuteur en disant les syllabes à l'envers (ruban → ban/ru, papillon → yon/pi/pa…), en jouant sur le nombre de syllabes; parler (ou comprendre) le «javanais» : insérer une syllabe (ici, «ja», donnée entre les syllabes du mot proposé : ruban → rujaban), ou le «vénusien» (on remplace tel phonème par tel autre), etc. On doit alors contrôler la longueur des mots et/ou des phrases proposés (en nombre de syllabes). D'une façon générale, tous les exercices de phonologie et métaphonologie sont des exercices de MT.

On veillera à ne pas proposer exclusivement des jeux langagiers : des suites de bruits, de rythmes sont des matériaux intéressants à utiliser (transformer les frappes brèves en coups longs, ajouter une frappe brève après chaque coup long; dire tel mot, telle syllabe, faire tel geste en fonction d'un code rythmé, sur le modèle du jeu «Jacques a dit»…).

Enfin, le matériel visuel permet de varier les exercices : suites de couleurs, alternances de figures simples (cercles, croix, carrés, étoiles…), suites de signes, jeux de codages divers, etc.

Cependant, malgré une évolution habituellement positive dans les domaines entraînés, le transfert dans les apprentissages s'avère souvent décevant.

- Holmes et al. (2009) proposent un entraînement de 35 min/j pendant 20 jours et constatent une amélioration chez des enfants présentant un déficit en MT, puis une amélioration des apprentissages scolaires 6 mois plus tard (essentiellement en mathématiques). Holmes et Gathercole (2013) montrent que ce progrès en MT a un impact positif sur les performances des enfants aux évaluations nationales (anglais, mathématiques). Cependant, ces résultats sont difficiles à répliquer, en particulier les transferts dans les apprentissages scolaires ne sont pas retrouvés dans d'autres travaux (Redick et al., 2013). Ces disparités dans les résultats sont le reflet de différences dans les protocoles d'entraînement et d'analyse des résultats.
- Corbin et Camos (2013) interrogent, *via* une revue de la littérature, le lien entre entraînement de la MT et amélioration des performances scolaires. Leur conclusion est que, si les diverses stratégies utilisées pour maximiser la MT sont bien efficaces (les enfants entraînés, dans l'ensemble, progressent en termes d'empan), les bénéfices de ces progrès en ce qui concerne les apprentissages scolaires sont loin d'être flagrants et encore moins démontrés… Ces conclusions confirment celles de Melby-Lervåg et Hulme (2013), qui, au terme d'une méta-analyse portant sur 23 études d'entraînement de la MT constatent l'absence d'effet à terme.

Au total, ces études confirment le rôle de la MT dans les performances langagières et les capacités d'acquisition en mathématiques, mais elles posent la question de la rentabilité *fonctionnelle*, de la validité *scolaire* des programmes d'entraînement de la MT.

Aménager les apprentissages, les exigences

Il faut aussi aménager l'environnement afin qu'enseignants et rééducateurs soient vigilants dans leurs consignes, explications verbales, présentation des apprentissages, etc. Cela s'avère plus fonctionnel.

[108] *Cf.* par exemple, Moulinier A. *Un travail de mémoire*. Isbergues : Ortho Editions . 2010.

[109] Ces programmes très populaires ont fait l'objet d'études bien conduites dont les conclusions sont mitigées (Shipstead et al., 2012).

Concrètement, cela signifie :
- *segmenter* les informations (orales et écrites) ;
- rendre saillants *quelques* éléments (surligner, mettre en marge le mot ou le dessin résumant le paragraphe…) ;
- si le calepin *visuospatial* est préservé (ce qui est fréquent), il faudra bien sûr utiliser cette suppléance le plus souvent possible : apprentissages par voie visuelle (schémas, tableaux, vidéos…).

Au total

Les troubles des mémoires transitoires (MCT, MT) sont redoutables car ils compromettent la consitution du lexique, l'accès aux tâches phonologiques sur lesquelles repose l'acquisition de la lecture en première intention, induisent des troubles de compréhension du langage oral, perturbent les apprentissages mathématiques et scientifiques.

Massifs, ces troubles ruinent toute possibilité d'apprentissage scolaire.

Trop rarement investigués, ils sont souvent méconnus et les difficultés de l'enfant sont alors interprétées diversement (paresse, immaturité, manque de motivation, troubles attentionnels, voire multi-dys), sans qu'aucune rééducation ni aménagement adéquats ne puissent être proposés.

Il est donc très important de porter ce diagnostic assez précocement, si possible aux alentours de 7–8 ans, d'une part pour éviter la confusion avec un retard intellectuel ou l'expression de troubles psychologiques, d'autre part pour apporter à l'enfant l'aide dont il a besoin *avant* que l'échec scolaire ne soit consommé. Préconiser, le cas échéant, une scolarité adaptée (CLIS) pour limiter la souffrance induite.

Conclusion

Les diagnostics de dysmnésies développementales (quel que soit le nom qu'on leur donne) sont rarement faits, qu'il s'agisse de troubles isolés de la MLT, de la MT, ou de l'association des deux.

Du fait, d'une part de signes tardifs au cours de la scolarité, et d'autre part de l'intrication MLT/MT/langage (qui, elle, se manifeste plus précocement lors de l'entrée dans le langage écrit) beaucoup de ces jeunes seront d'*abord* repérés en tant que « dyslexiques ». Pour certains cela s'avérera en effet le diagnostic pertinent, mais pour nombre d'autres, cela fera écran à des investigations plus ciblées et au diagnostic de dysmnésie.

Ce diagnostic permettrait pourtant de comprendre des échecs scolaires globaux chez des jeunes intelligents ne présentant pas de trouble des fonctions exécutives (aspect qualitatif de l'échec global en situation de dys-).

Deux consultations contrastées autour du diagnostic de « dyslexie »

Octave consulte à 13 ans ½, alors qu'il est en 5e
Il est *dyslexique*, sans adaptation d'aucune sorte. Il demande de l'aide pour la poursuite de sa scolarité. Le WISC-IV qui a été pratiqué à l'âge de 9 ans (lors du diagnostic de dyslexie) montre de bonnes capacités globales, dans la norme (toutes les épreuves, verbales et non verbales sont cotées entre 7 et 14) hormis les épreuves de MT : Mémoire des chiffres, NS = 6; Séquence lettres-chiffres, NS = 4 (Code, NS = 1, du fait d'une grande lenteur). La dyslexie-dysorthographie, de type phonologique, est attestée par un score qui le situe à – 2 ET au test de l'alouette (chapitre 6). Les épreuves de métaphonologie sont particulièrement ratées, elles aussi à – 2 ET de la norme.
Lors de la consultation, il se montre appliqué, concentré, soucieux de bien faire. Sa vitesse de lecture le situe dans la moyenne des CE2 avec des erreurs de précision (ex. : joliment → *joyeusement*). La dysorthographie est importante (*c'est mémé qui la dit et elles si conné quarelle* → c'est mémé qui l'a dit, et elle s'y connaît car elle…). L'empan de chiffres endroit est correct (5 items), mais l'empan à rebours est effondré, à 2 éléments seulement. Le déficit en MT est avéré. Cependant on note :
- le bon score aux subtests Vocabulaire (NS = 14) et Compréhension (NS = 12) de la WISC ;
- l'absence de toute difficulté en arithmétique et dans les matières scientifiques, qui, au contraire, constituent son point fort ;
- l'absence de tout symptôme évoquant un trouble de MLT (et encore moins un trouble attentionnel ou dys-exécutif).

Il est « en perdition » (selon ses termes) de manière spécifique et isolée en français et en anglais. L'ensemble de ce tableau fait conclure à une dyslexie phonologique *isolée*. Dans ce cadre, la MT auditivo-verbale est très déficitaire, mais *sans répercussion dans les autres secteurs* des apprentissages.

Mathias, 12 ans, en CM2

Sans aucun antécédent particulier, il consulte pour *dyslexie-dysorthographie* (ODEDYS : – 2 ET en précision et en vitesse de lecture). Au WISC-IV, il n'y a pas de dissociation majeure : l'indice de compréhension verbale est à 85 (Similitudes, NS = 10), l'indice de raisonnement perceptif à 88. L'indice de MT est plus faible (70) concordant avec l'indice de vitesse de traitement (71). L'empan de chiffres endroit est de 6 éléments (dans la norme), et de 3 éléments à rebours (très faible à 12 ans). La CMS est également *globalement* faible (à – 2 ET), associant un déficit en MT et un déficit en MLT (fig. 4.16). Les deux seules épreuves réussies (NS = 10) sont des épreuves de mémoire visuelle en *reconnaissance* (immédiate et différée).

Le diagnostic initial de dyslexie ne rend pas compte de l'*ensemble* des faiblesses de Mathias. Le diagnostic de dysmnésie, oui.

Il souffre en effet d'un déficit *global* du développement de ses fonctions mnésiques, aussi bien en MLT qu'en MT, qui impacte l'ensemble de ses apprentissages (ses résultats sont très faibles dans toutes les disciplines). Cela ne signifie pas qu'il ne faut pas prendre en compte son trouble de lecture pour lui-même, mais qu'il faut en intégrer la prise en charge dans une compréhension plus globale de sa pathologie et de son échec scolaire (il a déjà redoublé une fois).

C'est aussi la raison pour laquelle nous ne consacrons pas ici de section aux comorbidités, bien que la comorbidité « dyspraxie + dysmnésie » soit loin d'être rare et soit souvent négligée.

Une comorbidité délétère : dyspraxie et dysmnésie

L'association avec une pathologie visuo-practo-spatiale, même discrète, peut se révéler rédhibitoire sur les plans rééducatif et pronostique : le trouble mnésique compromet le contournement du déficit visuospatial par les techniques de verbalisation, très exigeantes en MT. En retour, le trouble neurovisuel et spatial compromet l'efficacité de l'utilisation des palliatifs visuospatiaux et des traces graphiques généralement utilisées pour contourner le déficit mnésique, surtout lorsqu'il prédomine dans le secteur auditivo-verbal.

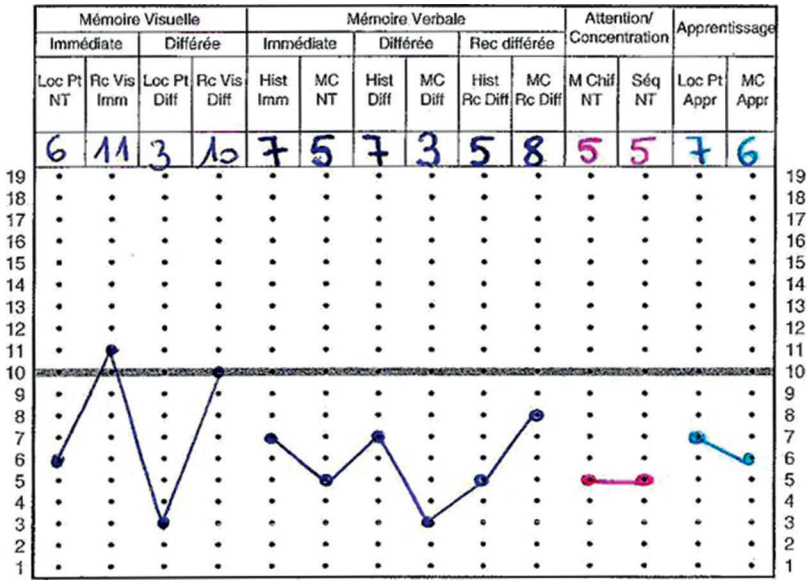


Fig. 4.16. CMS (*Children Memory Scale*) de Mathias (12 ans, CM2).

Dans de nombreux cas, ce n'est pas la mémoire qui est suspectée, qui constitue la demande de consultation ou d'aide. Le trouble mnésique, même patent, bien qu'inscrit dans les comptes rendus, ne fait l'objet d'aucune réelle investigation ni de questionnement en termes de propositions thérapeutiques ou d'adaptations scolaires.

C'est en effet presque toujours au décours de l'investigation *d'un autre dys-* que l'on peut évoquer un déficit en mémoire. Des symptômes communs peuvent en effet égarer : « il ne comprend pas les consignes, le texte, les explications » peut ressortir d'une dysphasie ou d'un déficit mnésique. De même un « vocabulaire pauvre » peut renvoyer à un trouble phonologique, à une dyslexie ou à un trouble mnésique. Un échec scolaire global (« il n'apprend pas ses leçons » ou « c'est un multidys- ») peut également prêter à confusion. Tous ces symptômes peuvent constituer le point de départ de la « découverte » d'un déficit en MLT et/ou en MT.

Il ne s'agit pas alors d'un « *trouble associé* », mais bien de la *source* même des symptômes, ces derniers n'étant que la conséquence secondaire du problème mnésique développemental, primitif.

Le diagnostic de dysmnésie permet non seulement de comprendre l'ensemble de la symptomatologie (et donc d'éviter le diagnostic fourre-tout de « multidys- » qui ne constitue, dans ce contexte, qu'une longue et décourageante liste de symptômes), mais surtout de mieux concevoir un projet cohérent, tant en termes de rééducation que de conseils en orientation scolaire. Il est en effet très important, pour préserver l'avenir de l'enfant, de mettre en œuvre précocement toutes les aides adaptées, afin de lui permettre d'effectuer le cursus scolaire maximal.

Le *pronostic* dépend bien sûr de l'intensité du trouble, mais la *scolarité*, très exigeante dans le domaine mnésique, sera finalement plus ou moins compromise. Ensuite, une orientation plus « pratique » devra tenir compte des acquisitions réellement intégrées.

Vademecum

Dans nos cultures, la scolarité représente un très long parcours. Pour faciliter la tâche de l'élève, l'Évolution l'a profitablement doté d'un « sac de voyage » mettant à sa disposition tout ce que l'humanité a déjà consigné depuis fort longtemps, pour lui permettre d'apprendre de façon cumulative et de stocker tout ce qu'il doit assimiler. Ce grand sac, c'est sa mémoire à long terme (MLT). Il serait fortement pénalisant d'avoir à tout réinventer en permanence : savoir-faire, savoirs encyclopédiques… C'est pourquoi tout ce qui est utile aux apprentissages doit être stocké et disponible, c'est-à-dire pouvoir être reconvoqué à la demande, de façon rapide et sélective (fig. 4.17).

Or, en dehors de toute autre pathologie médicale explicative, on peut mettre en évidence des pannes intrinsèques et structurelles de la MLT, les « dysmnésies développementales ».

Les capacités de mémorisation à long terme sont très dépendantes des différents types de matériel à mémoriser et des différentes procédures à disposition (ou imposées par le système scolaire). La MLT est facilitée par le contexte émotionnel et affectif au moment de la mémorisation ou, au contraire, rendue difficile par l'influence négative de possibles interférences. Les connaissances didactiques à mémoriser constituant l'essentiel des apprentissages à engranger à partir de 7–8 ans, un déficit mnésique fera alors le lit d'un échec scolaire, tout d'abord considéré banal (le diagnostic n'étant posé généralement que tardivement) : on incriminera le « travail insuffisant » de l'élève et/ou le manque d'étayage de la part de sa famille.

Au-delà des savoirs anciens et à venir, à consolider ou à oublier, un élève est toujours placé dans une situation de nouveauté permanente. Il doit entreposer provisoirement les données dans l'instant présent pour les manipuler mentalement de façon réactive et rapide. Il possède à cet effet un petit « sac-banane », toujours à disposition, qui permet ce stockage provisoire, appelé mémoire de travail (MT). La MT représente l'aspect dynamique d'utilisation et de traitement *en temps réel* des données et s'intègre dans la mise en jeu d'un système plus large de supervision et planification (les fonctions exécutives).

De faibles capacités de MT (« dysmnésies de travail ») provoquent une saturation rapide des capacités cognitives se traduisant par un effacement partiel des données à traiter, rendant malaisées, voire impossibles, la compréhension, la mémorisation en MLT, voire le raisonnement en temps réel, indépendamment de bonnes compétences conceptuelles.

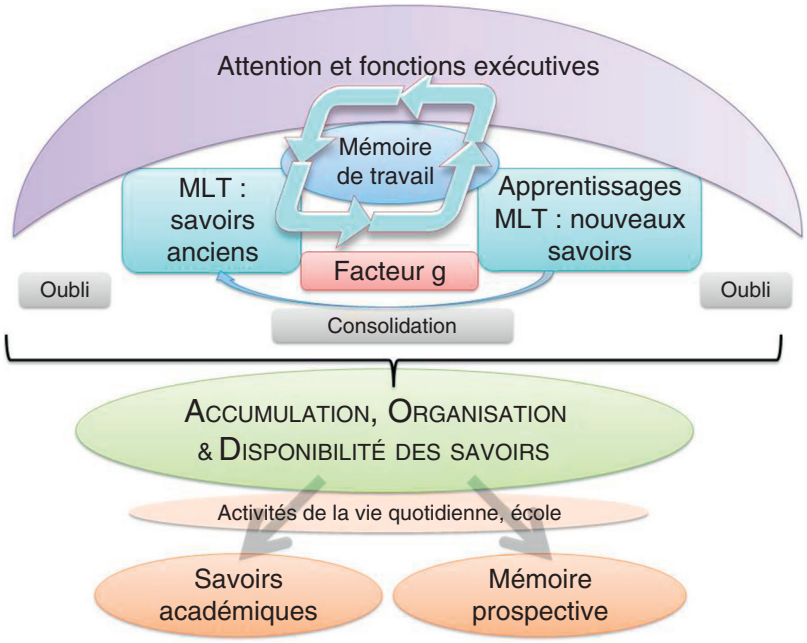


Fig. 4.17. Mémoires et apprentissages.

Pour aller plus loin

ANAE. « Apprendre…oui, mais comment ? » : des laboratoires aux salles de classe (numéro coordonné par E. Gentaz), 25 ; 2013, n° 123.

Eustache F, Desgranges B. Les chemins de la mémoire. Paris : Le pommier ; 2012.

Lieury A. Mémoire et réussite scolaire. Paris : Dunod ; 2004.

Meulemans T, et al. Évaluation et prise en charge des troubles mnésiques. Solal : Marseille ; 2003.

Revue de Neuropsychologie, numéro spécial 2000, no 101 : La mémoire à long terme.

Soprano AM, Narbona J. La mémoire de l'enfant : développement normal et pathologique. Paris : Masson ; 2009.

Références

Adlam AL, Vargha-Khadem R, Mishkin M, de Haan M. Deferred imitation of action sequences in developmental amnesia. J Cogn Neurosci 2005 ; 17(2) : 240–8.

Adlam AL, Malloy M, Mishkin M, Vargha-Khadem F. Dissociation between recognition and recall in developmental amnesia. Neuropsychologia 2009 ; 47(11) : 2207–10.

Alloway TP, Gathercole SE, Adams AM, Willis C. Working memory abilities in children with educational needs. Educational and Child Psycholog 2005 ; 22(4) : 56–67.

Baddeley AD. Working memory. Oxford University Press ; 1986.

Baddeley AD. The episodic buffer : a new component of working memory ? Trends Cogn Sci 2000 ; 4 : 417–23.

Beauchamp MH, Thompson DK, Howard K, Doyle LW, Egan GF, Inder TE, et al. Preterm infant hippocampal volumes correlates with later working memory deficits. Brain 2008 ; 131(11) : 2986–94.

Briscoe J, Gathercole SE, Marlow N. Everyday memory and cognitive ability in children born very prematurely. J Child Psychol Psychiatry 2001 ; 42 : 749–54.

Bonvin C. Phonologie, MT et acquisition du lexique. Maîtrise : Université de Genève ; 2009.

Case R, Kurland M, Goldberg J. Operational efficiency and the growth of short-term memory. J Exp Child Psychol 1982 ; 33 : 386–404.

Corbin L, Camos V. L'entraînement de la MT et les apprentissages scolaires. Ann Nutr Aliment 2013 ; 123 : 113–9.

Cowan N. What are the differences between long-term, short-term and working memory ? Prog Brain Res 2008 ; 169 : 323–38.

Daneman M, Carpenter PA. Individual differences in working memory and reading. Journal of Learning and Verbal Behavior 1980 ; 19 : 450–66.

De Agostini M, Kremin H, Curt F, Dellatolas G. Immediate memory in childre aged 3 to 8. ANAE 1996 ; 36 : 4–10.

P.M.J. Engel de Abreu, Conway ARA, Gathercole S. Working memory and fluid inelligence in young children. Intelligence 2010 ; 38 : 552–61.

d'Esposito M, Aguirre GK, Zarahn E, et al. Functional MRI studies of spatial and nonspatial in working memory. Cogn Brain Res 1998 ; 7(1) : 1–13.

Eustache F, Desgranges B. Concepts et modèles en neuropsychologie de la mémoire : entre théorie et pratique clinique. In : Meulemans T, Desgranges B, Adam S, Eutache E, editors. Évaluation et prise en charge des troubles mnésiques. Marseille : Solal ; 2003. p. 13–49.

Gavens N, Camos V. La MT, une place centrale dans les apprentissages scolaires fondamentaux. In : Dessus P, Gentaz E, editors. Apprentissage et enseignement : Sciences cognitives et éducation. Paris : Dunod ; 2006. p. 91–106.

Gathercole SE, Pickering SJ, Knight C, Stegmann Z. Working memory skills and educational attainment : evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. Applied Cognitive Psychology 2004 ; 18 : 1–16.

Guillery-Girard B, Martins S, Eustache Parisot D. Semantic acquisition in childhood amnesic syndrome : a prospective study. Neuroreport 2004 ; 15 : 377–81.

Guillery-Girard B, Bon L, Martins S, et al. L'évaluation neuropsychologique de la mémoire chez l'enfant. In : Chokron S, Démonet JF, editors. Approche neuropsychologique des apprentissages. Marseille : Solal ; 2010.

Holmes J, Gathercole SE, Dunning DL. Adaptative training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. Dev Sci 2009 ; 12 : F1–7.

Holmes J, Gathercole SE. Taking working memory training from the laboratory into schools. Educational Psychology 2013 ; doi : 10.1080/01443410.2013.797338.

Hulme C, Maskenzie S. Working memory and severe learning dificulties. Hove : Lawrence Erlbaum ; 1992.

Lesburguères E, Gobbo OL, Alaux-Cantin S, et al. Early tagging of cortical networks is required for the formation of enduring associative memory. Science 2011 ; 331(6019) : 924–8.

Majerus S. L'évaluation de la MCT. In : Seron X, Van der Linden M, editors. 2e édition Traité de neuropsychologie clinique, Marseille : Solal ; 2012.

Maviel T, Durkin T, Menzaghi F, Bontempi B. Sites of neocortical reorganisation critical for remote spatial memory. Science 2004 ; 305(5680) : 96–9.

Melby-Lervåg M, Hulme C. Is Working memory training effective ? Dev Psychol 2013 ; 49 : 270–91.

Meltzoff AN, Moore MK. Imitation et développement humain : les premiers temps de la vie. Terrain 2005 ; 44 : 71–90.

Pireyre E. Epreuve de tempo spontané et de reproduction de structures rythmiques de Mira Stambak : nouvel étalonnage. Évolution Psychomotrice 2000 ; 12(47) : 32–43.

Narbona J. Les amnésies chez les enfants et les adolescents. In : Narbona J, editor. Soprano AM. Elsevier Masson : La mémoire de l'enfant. Paris ; 2009. p. 81–106.

Piolino P, Hisland M, Ruffeveille I, Matuszewski V, Jambaqué I, Eustache F. Do school-age children remember or know the personal past ? Conscious Cogn 2007 ; 16(1) : 84–101.

Poncelet M, Majerus S, Van der Linden M. Traité de neuropsychologie de l'enfant. Marseille : Solal ; 2009.

Rauchs G, Desgranges B, Foret J, Eustache F. The relationship between memory systems and slees stages. J Sleep Res 2005 ; 14 : 123–40.

Rauchs G, Feyers D, Landeau B, Bastin C, Luxen A, Maquet P, et al. Sleep contributes to the strengthening of some memories over others, depending on hippocampal activity at learning. J Neurosci 2011 ; 31 : 2563–8.

Redick TS, Shipstead Z, Harrison TL, Hicks KL, Fried DE, Hambrick DZ, et al. No evidence of intelligence improvement after working memory training : a randomized, placebo-controlled study. J Exp Psychol Gen 2013 ; 142(2) : 359–79.

Rovee-Collier C. The development of infant memory. Current Directions in Psychological Science 1999 ; 8 : 80–5.

Shipstead Z, Hicks KL, Engle RW. Cogmed working memory training : does the evidence support the claims ? Journal of Applied Research in Memory and Cognition 2012 ; 1 : 185–93.

Stefaniak N, Meulemans T. L'apprentissage de nouvelles informations sémantiques par les patients amnésiques : une revue de la littérature. Annee Psychol 2011 ; 111 : 577–610.

Streri A, de Hevia MD, Izard V, Coubart A. What do we know about neonatal cognition ? Behavioral Sciences 2013 ; 3 : 154–69.

Temple CM, Richardson P. Developmental amnesia : a new pattern of dissociation with intact episodic memory. Neuropsychologia 2004 ; 42(6) : 764–81.

Temple CM, Richardson P. Developmental amnesia : fractionation of developing memory systems. Cogn Neuropsychol 2006 ; 23(5) : 762–88.

Turner ML, Engle RW. Is working memery task-dependant ? Journal of Memory and Language 1989 ; 28 : 127–54.

Vallas E, Bénesteau J, Albaret JM. Test de rétention visuelle de Benton : étalonnage français auprès d'enfants âgés de 8 à 11 ans. Développements 2009 ; 1(3) : 27–33.

Van der Linden M pour le GREMEM (coll.). L'évaluation des troubles de la mémoire. Présentation de quatre tests de mémoire épisodique (avec leur étalonnage). Paris : Solal ; 2004.

Vargha-Khadem F, Gadian DG, Watkins KE, Connelly A, Van Paesschen W, Mishkin M. Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. Science 1997 ; 277 : 376–980.

Vargha-Khadem F, Gadian DG, Mishkin M. Dissociations in cognitive memory : the syndrome of developmental amnesia. Phil Trans R Soc Lond 2001 ; 356 : 1435–40.

Wager TD, Smith EE. Neuroimaging studies of working memory : a meta-analysis. Cogn Affect Behav Neurosci 2003 ; 3 : 255–74.

Woodward LJ, Edgin JO, Thompson D, Inder TE. Object working memory deficits predicted by early brain injury and development in the preterm infant. Brain 2005 ; 128(11) : 2578–87.

Yonelinas AP, Otten LJ, Shaw KN, Rugg MD. Regions involved in recollection and familiarity in recognition memory. J Neurosci 2005 ; 16 : 3002–8.

Attention et fonctions exécutives

CHAPITRE 5

PLAN DU CHAPITRE

Panorama général

Attention : aspects normaux et pathologiques

Attention automatique *versus* volontaire
- Attention exogène
- Attention endogène
- Synthèse

Intensité de l'attention
- Alerte
- Vigilance
- Attention soutenue (concentration)

Sélectivité de l'attention
- Attention focalisée
- Attention divisée

Système attentionnel superviseur (SAS)

Développement de l'attention
- Au total

Trouble déficitaire de l'attention (TDA)
- Causes
- Symptômes
- Diagnostic différentiel
- Diagnostic positif
- Conclusion… provisoire

Fonctions exécutives : aspects normaux et pathologiques

Processus exécutifs
- Inhibition
- Planification

Développement des fonctions exécutives
- En situation écologique : aspects comportementaux
- En situation d'évaluation : les tests
- Synthèse

Syndrome dys-exécutif

Symptômes généraux
- Asservissement à l'environnement
- Impulsivité
- Persévérations
- Choix multiples
- Troubles de la planification, stratégies
- Synthèse

Répercussion dans le langage
- Persévérations
- Diffluences
- « Viscosité » expressive

Répercussions dans la mémoire de travail
- Mémoire de travail auditivo-verbale
- Mémoire de travail visuospatiale
- Mise à jour de la MT

Répercussions dans les mémoires à long terme
- Épreuves d'apprentissage
- Restitution des données
- Synthèse

Répercussions gestuelles
- Réalisation de gestes alternés
- Geste graphique
- Gestes de regard

Répercussions raisonnementales
- Rigidité mentale (défaut de flexibilité)
- Planification de stratégies

Répercussions dans les apprentissages
- Langage écrit
- Graphisme
- Mathématiques
- Synthèse

Symptomatologie : tableau récapitulatif

Bilan à visée diagnostique

Observation, comportement

Questionnaires
- *Behavior Rating Inventory Executive Functionning* (BRIEF)
- *CHildhood EXecutive function Inventory* (CHEXI)

Échelles de Wechsler

Épreuves spécifiques

Synthèse

Propositions thérapeutiques

Traitement médicamenteux
- Précautions d'emploi
- Effets secondaires

Interventions, remédiations et prises en charge spécifiques
- Interventions cognitives et métacognitives
- Interventions sensorimotrices
- Programmes centrés sur la mémoire de travail

Aides aux apprentissages et à la scolarité

Conseils aux familles

Comorbidités

Problématique générale

Syndrome dys-exécutif et troubles moteurs (ou TAC, ou dyspraxie)

Comorbidités psychiatriques
- Dépression et/ou troubles anxieux
- Trouble bipolaire
- Trouble oppositionnel avec provocation (TOP) et trouble des conduites (TC)

Conclusion - Évolution et devenir à l'âge adulte

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

« Déplacer son attention, c'est choisir le monde
que l'on veut introduire dans son propre monde interne »
A. Berthoz. *La décision*. 2003

Nous avons, dans les chapitres précédents, envisagé les différentes fonctions intellectuelles (langage, praxies et fonctions visuospatiales, mémoires), leur rôle propre dans les apprentissages (langage écrit, numération et calcul) et signalé leur interdépendance. Car « le cerveau n'est pas une place publique où tout le monde parle à tout le monde ; c'est une ville industrieuse où chaque atelier, chaque échoppe a sa spécialité et sa fonction, même si chacun échange de nombreux produits, des savoir-faire et des idées avec les autres ! » (A. Berthoz, *La décision*). Mais pour échanger leurs produits et leurs savoir-faire avec les autres, les différents systèmes cognitifs sont soumis à des règles. Leur coordination est sous la dépendance de fonctions transversales hiérarchiquement supérieures, qui *gèrent, intègrent et gouvernent* toutes les fonctions spécifiques et en règlent le *niveau d'efficience* : les fonctions exécutives (fig. 5.1).

Ces super-fonctions assurent le liage des fonctions sensorimotrices, émotionnelles et cognitives nécessaires au contrôle et à la réalisation de comportements dirigés vers un but. Elles sont particulièrement impliquées dans l'ensemble des processus d'apprentissage chez l'enfant.

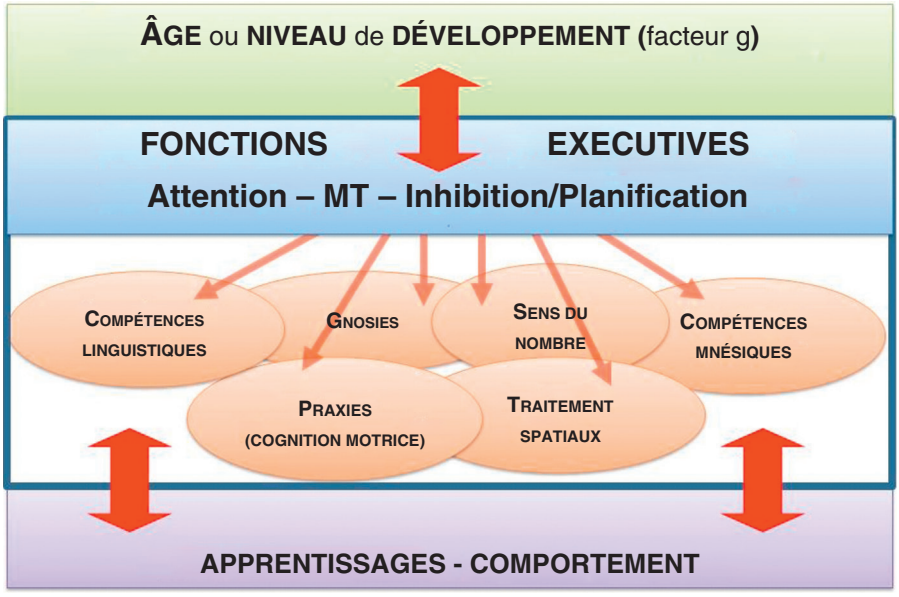


Fig. 5.1. Le rôle intégrateur des fonctions exécutives.

Panorama général

Sur le plan cérébral, les régions préfrontales semblent le support des fonctions exécutives, mais ces dernières reposent en fait sur un vaste réseau largement distribué dont la connectivité particulièrement riche relie les cortex préfrontaux, pariétaux et les noyaux gris centraux.

Les fonctions exécutives remplissent ainsi un rôle associatif, un *rôle d'intégration* de l'ensemble des fonctions mentales :

- l'intégration entre elles des fonctions linguistiques, gnosiques, spatiales, praxiques, mnésiques et de cognition sociale ;
- l'intégration de ces dernières avec les fonctions émotionnelles (motivation, plaisir, etc.)[110].

Ce sont aussi les fonctions qui se développent le plus lentement, celles dont la maturation s'achève le plus tardivement (à l'adolescence et au-delà). Extraordinairement sophistiquées, elles sont aussi extrêmement vulnérables.

Enfin, elles ne sont pas unitaires. « Modulaires », elles constituent un système complexe et dynamique fait d'une mosaïque de sous-systèmes, réseaux et sous-réseaux richement interconnectés (fig. 5.2).

Sur le plan fonctionnel, on les compare souvent à un *chef d'orchestre* qui harmonise et conduit les instrumentistes pour diriger une symphonie. Mais il s'agirait alors d'un chef d'orchestre disposant… de trois baguettes !

En effet, trois grands sous-systèmes peuvent être identifiés au sein des fonctions exécutives (fig. 5.2) :

- les systèmes d'inhibition et planification ;
- l'attention ;
- la mémoire de travail.

Pour des raisons de clarté, bien que ces trois aspects soient très intimement mêlés, nous traitons séparément chacun de ces sous-systèmes.

En ce qui concerne la MT, les aspects liés à son fonctionnement, son développement et ses éventuels déficits ont été intégrés aux mémoires (chapitre 4). Rappelons que l'administrateur central en est la partie exécutive dédiée à la gestion des deux systèmes de stockage, la boucle phonologique et calepin visuospatial.

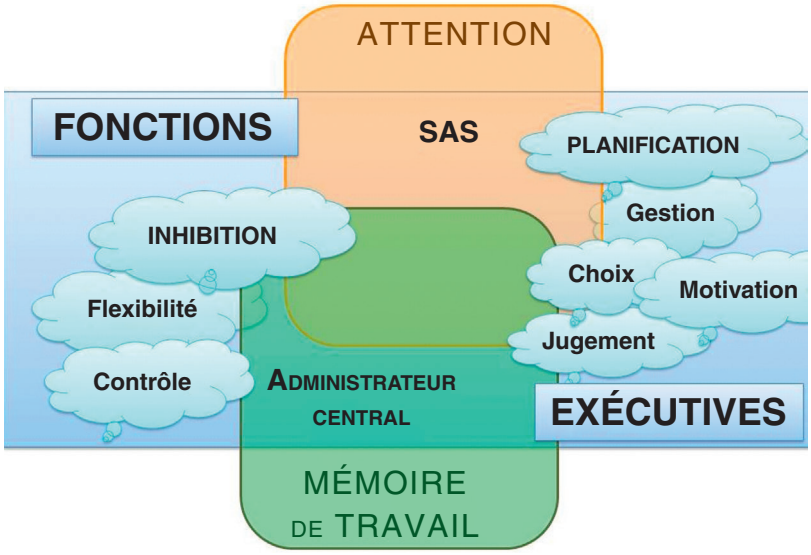


Fig. 5.2. Les fonctions exécutives : trois sous-systèmes individualisables.
SAS : système attentionnel superviseur.

[110] Les fonctions cognitives sont quelquefois dites « froides », les fonctions émotionnelles « chaudes ». Les fonctions exécutives assurent et régulent les liens entre fonctions « froides » et « chaudes ».

En ce qui concerne l'attention, cette dernière se compose elle aussi d'un « réservoir », sorte d'instance de stockage, gérée par un constituant exécutif, le système attentionnel superviseur ou SAS.

C'est pourquoi, dans la figure 5.2, seules une partie de la MT (en vert) et une partie de l'attention (en orange) ont été incluses dans les fonctions exécutives (en bleu).

Pour des raisons de clarté, nous référant aux classifications habituelles, nous détaillons ci-après le fonctionnement, le développement et les pathologies de l'attention *puis* des fonctions d'inhibition et planification, alors que les deux systèmes sont en grande partie si étroitement imbriqués qu'il est souvent impossible d'en démêler l'écheveau.

Attention : aspects normaux et pathologiques

Permettant d'alimenter et d'orienter l'ensemble des fonctions cognitives, l'attention ne saurait être considérée comme un simple « ingrédient », en plus ou en moins, qu'il conviendrait de solliciter chez l'enfant, ou que celui-ci pourrait mobiliser « spontanément » ou intentionnellement avec « un peu de bonne volonté ».

L'attention est à la fois une qualité banale à laquelle nous faisons sans cesse référence dans la vie courante, de l'ordre de l'évidence (l'enfant fait – ou ne fait *pas* – « attention »), et à la fois un concept neuropsychologique relativement ardu et tentaculaire, qui renvoie à des processus et sous-processus imbriqués.

En effet, l'attention est une fonction puzzle (fig. 5.3) au sein de laquelle on distingue :

- *trois sous-systèmes attentionnels*, (l'alerte, la sélectivité et la dimension exécutive de l'attention, fig. 5.4) sous-tendus par des réseaux indivi-

<table>
<tr><th>Dimension Attentionnelle</th><th>Type d'attention</th><th>Substrat neuronal</th><th>Principales caractéristiques</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Intensité</td><td>- Éveil général
- Alerte
→ réactions d'orientation, effets d'attente, préparation</td><td>Système réticulaire activateur (tronc cérébral)</td><td>Automatique
ou semi-automatique</td></tr>
<tr><td>- Vigilance
- Attention soutenue (maintien attentionnel)
→ durée +++ → fatigue</td><td>Cortex préfrontal</td><td rowspan="3">Volontaire
et contrôlé +++

SAS

Flexibilité, stratégie, inhibition
→ gestion intensité et orientation attention → Répartition edes ressources en fonction du projet

[réseau : cortex cingulaire, préfrontal, pariétal + NGC]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Sélectivité

(Inhiber les distracteurs, interférences, persévérations...)</td><td>Attention focalisée
→ choix +++ (pertinence)</td><td rowspan="2">Cortex cingulaire</td></tr>
<tr><td>Attention divisée
Contrôle +++ → fatigue</td></tr>
</table>

Fig. 5.3. Les différentes dimensions de l'attention.
NGC : noyaux gris centraux.

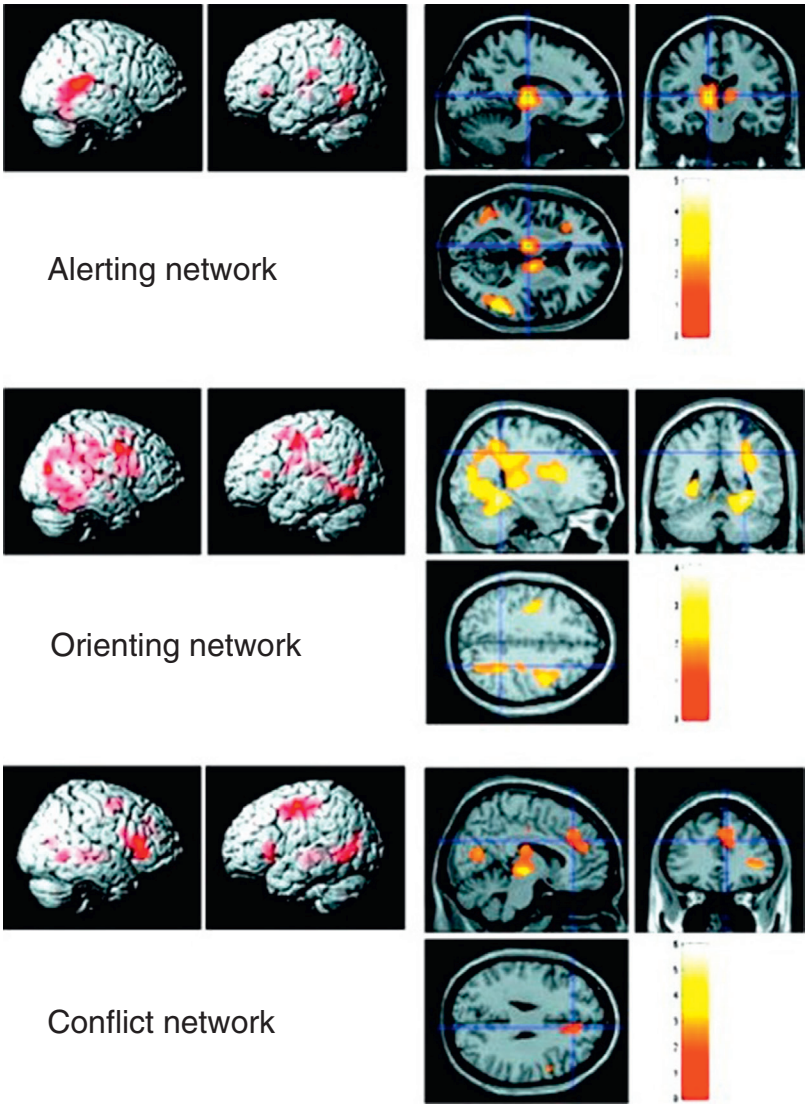


Fig. 5.4. Les trois grands réseaux attentionnels (IRM-f).
L'alerte (*alerting network*) active particulièrement le *thalamus*; l'orientation de l'attention (*orienting network*) repose sur un réseau *pariétal*; le gestionnaire de conflits (*conflicts networks*), c'est-à-dire la gestion des interférences (SAS), active le *cortex cingulaire antérieur.* *Source : Raz A. Anatomy of attentional netwoks. Anat Rec B New Anat 2004; 281 : 21–36.*

dualisables déterminant différentes sortes d'attentions (et, éventuellement, de pathologies);

- deux types de *mise en route* de l'attention : automatique (exogène) *versus* volontaire (endogène);
- enfin, dans tous les secteurs on différencie, selon la modalité de présentation des stimuli, une attention auditive et/ou auditivo-verbale *versus* une attention visuelle et/ou visuospatiale.

Attention automatique *versus* volontaire

L'attention peut être sollicitée par deux grands types de sources, exogènes ou endogènes, qui déterminent des fonctionnements très contrastés, automatiques ou contrôlé (*cf.* fig. 5.6).

Attention exogène

Elle est déclenchée par une brusque modification d'un élément de l'environnement qui est (ou devient) *saillant*. L'attention est alors *automatiquement* orientée vers cet élément – surprenant, nouveau ou saillant –, de façon *brève* et transitoire. Elle est irrépressible, le sujet ne pouvant ni négliger ni inhiber ce stimulus.

La saillance d'un stimulus

« Le cerveau (est équipé) d'un *système d'analyse préattentive* de l'environnement, capable de guider l'attention vers les éléments *a priori* les plus intéressants. Ce système produit à tout moment une sorte de carte touristique indiquant les principaux points d'intérêt. Cette carte définit ce que l'on appelle la *saillance*, la capacité à attirer l'attention. »

J.P. Lachaux. *Le cerveau attentif*. 2011. p. 144

C'est donc une attention dirigée par les événements survenant dans l'environnement, auxquels le sujet ne peut pas se soustraire.

Cette orientation automatique vers un stimulus périphérique, peut être :

- *bénéfique*. Chez le tout-petit, les réactions d'orientation permettent la prise en compte d'éléments nouveaux (mise en route, validation et optimisation des réseaux initiaux lors des premières interactions avec l'environnement). À l'inverse, on sait qu'en présence de stimuli répétitifs ou déjà connus, le bébé désengage son attention (phénomène d'habituation ; *cf.* paradigme d'habituation/nouveauté [chapitre 1]). Tout au long de la vie, il s'agit aussi de réactions d'urgence. La perception automatique de diverses modifications de notre environnement permet de signaler un « danger ». De très nombreux stimuli sont ainsi traités automatiquement, en permanence, ne nécessitant aucun effort attentionnel et n'accédant pas à la conscience, permettant une adaptation rapide et efficace à notre environnement ;
- *ou nocive, gênante*. Par exemple, le phénomène de « distractibilité » : le travail cognitif en cours nécessitant une attention maintenue est *parasité* lors de la survenue d'événements intercurrents désengageant et dispersant l'effort attentionnel.

Une attention non consciente

Il existe des voies visuelles non conscientes qui autorisent des mouvements extrêmement rapides de retrait ou de fuite (« automatiques ») alors même que l'on n'a pas encore identifié consciemment l'élément déclencheur. Cependant, un élément *inhabituel* de l'environnement a attiré automatiquement notre attention (bruit, mouvement…) et déclenché une réaction irrépressible.

On peut aussi faire état des effets d'amorçage, où le sujet n'a pas conscience d'un stimulus très brièvement présenté : la perception, le traitement et le décodage du stimulus déclencheur interviennent automatiquement, sans attention consciente, et influencent le comportement ultérieur.

Attention endogène

C'est l'*intention* du sujet qui est la source de la mobilisation attentionnelle. L'attention est volontaire et consciente, *orientée par le projet* du sujet. Cette attention apparaît plus tardivement dans le développement de l'enfant (à partir de la deuxième année environ). Elle est *intentionnellement* déclenchée et plus *durable* ; elle est aussi cognitivement plus coûteuse.

L'attention endogène est ce qui permet au sujet de disposer d'un espace de liberté, de découpler son action (sensorimotrice, cognitive) des sollicitations de l'environnement, de mener à bien ses propres projets, de conduire une tâche à son terme, de faire des apprentissages.

Effort attentionnel

On appelle effort attentionnel la quantité (intensité et durée) de ressources attentionnelles affectées à une tâche donnée.

Interviennent la nature de la tâche (ou du stimulus à traiter) *et les compétences du sujet*. À un certain niveau d'expertise, la résolution de la tâche peut être directement évoquée à partir de la représentation de la tâche à effectuer, quasi automatisée[111] et donc peu coûteuse en attention.

Mais l'apprenti (ce qui est le statut habituel de l'enfant) est dépourvu de cet accès direct à des représentations qui ne sont pas encore constituées et encore moins automatisées. Il ne dispose, pour toutes les tâches, que de règles, d'algorithmes, dont la mise en œuvre est coûteuse sur le plan attentionnel (et en mémoire de travail).

Cet effort attentionnel donne lieu à une sensation *consciente*. Il engendre une fatigue, qui induit la nécessité d'une récupération (récréation, pause, vacances…). Cet effort et ces pauses sont indispensables dans tous les apprentissages académiques.

Attention et motivation

La motivation est définie comme le processus qui initie, sélectionne et maintient le comportement orienté vers un but.

Elle est renforcée par les résultats attendus (récompense, plaisir, satisfaction). L'anticipation d'une récompense (matérielle ou affective, immédiate ou retardée…) favorise la mise en route, l'orientation et le maintien attentionnel, *via* le système limbique et les noyaux gris centraux (amygdale, striatum) particulièrement impliqués dans la gestion des émotions (fig. 5.5). Lorsque ce circuit est activé par l'anticipation d'une satisfaction, c'est tout le réseau attentionnel qui se trouve de fait activé ou renforcé.

Fenouillet (2012) montre que lorsqu'un sujet est compétent dans un domaine, qu'il prend du plaisir, il est « motivé » pour la tâche. S'il est moins compétent ou que la contrainte augmente, il doit déclencher une motivation extrinsèque, coûteuse. Enfin, si la contrainte est trop forte et/ou que le sujet se sent incompétent, il est démotivé.

Le faisceau de la récompense (fig. 5.5)

On appelle ainsi un réseau qui relie : l'aire tegmentale ventrale (ATV) qui libère de la dopamine dans le noyau acubens et le septum, l'amygdale et le cortex préfrontal. Ce faisceau repose principalement sur le système dopaminergique méso-cortico-limbique ; il est à l'origine de la motivation nécessaire à la plupart de nos comportements.

Synthèse

En réalité, bien que l'attention endogène soit de plus en plus efficace avec l'âge et l'expérience, les deux systèmes perdurent toute la vie, *en interaction réciproque*.

Le tableau 5.1 résume les principales différences entre attention automatique (exogène) et intentionnelle (endogène).

Le substrat cérébral

Ces interactions entre attention volontaire et attention automatique reposent sur des bases cérébrales. Ainsi, on distingue (Corbetta et Shulman, 2002) :

- un système « dorsal » qui comprend le cortex intrapariétal et le cortex frontal supérieur, impliqué dans la sélection des cibles et la préparation des réponses en fonction du but. Il s'agit d'un système *top-down*[112], régulé par la sélection/détection des stimuli en fonction du but ;
- et un réseau « ventral » qui repose sur le cortex pariéto-temporal et le cortex frontal inférieur, essentiellement localisé dans l'hémisphère droit, et qui dirige l'attention vers les stimuli inattendus, surprenants, de l'environnement (système *bottom-up*[113]) ; il joue un rôle de « coupe-circuit » par rapport au réseau fronto-pariétal dorsal, redirigeant rapidement l'attention vers les événements saillants.

[111] « L'automatisation correspond à la transition d'un mode de fonctionnement reposant sur l'application d'un algorithme à un mode de fonctionnement basé sur la *récupération directe* en mémoire » (Camus, 1996).

[112] Top-down : processus « descendant » littéralement du haut vers le bas, consistant en un traitement d'un stimulus fondé sur les connaissances du sujet.

[113] Bottum-up : processus « ascendant » (du bas vers le haut »), dirigé par les caractéristiques perceptives ou sensori-motrices.

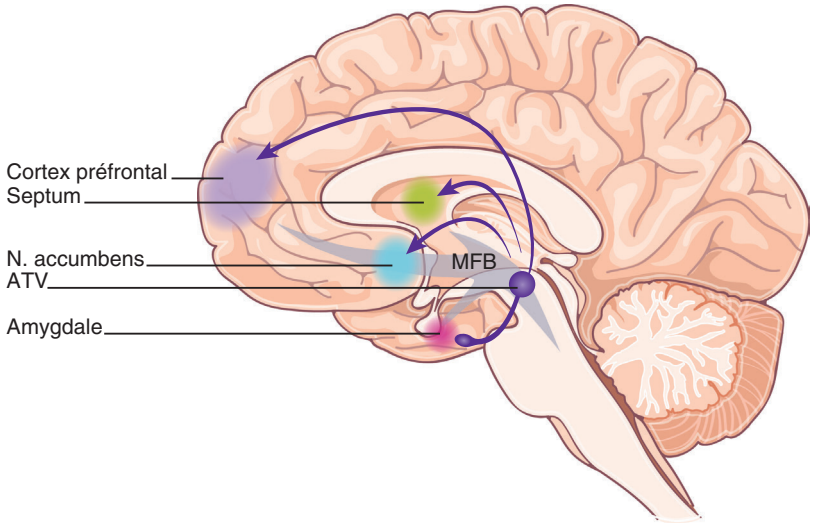


Fig. 5.5. Le faisceau de la récompense.
ATV : aire tegmentale ventrale ; MFB : faisceau médian du télencéphale.
Par Carole Fumat.

Tableau 5.1. Caractéristiques comparées des attentions automatique et volontaire.

Attention automatique	Attention volontaire
Déclencheur : environnement, élément saillant	Mise en route : projet du sujet
Irrépressible	Délibérée, intentionnelle : rôle de la motivation Réclame un effort (effort attentionnel)
Rapide et brève	Plus lente – Durée modulable
En tout ou rien	Processus contrôlés, flexibles : intensité, maintien (durée) et focalisation modulables
Non consciente	Consciente
Ne consomme pas de ressources attentionnelles	Consomme beaucoup de ressources attentionnelles (« charge mentale »)
–	Fatigante
Réactions d'orientation (nouveau-né) Réactions d'alerte (danger) Analyse automatique de l'environnement	Apprentissages explicites+++ (en particulier scolaires)

Ainsi, le système automatique permet la détection immédiate de changements brutaux ou importants dans l'environnement (voire potentiellement dangereux), alors que l'attention endogène, volontaire, autorise l'activation de cibles choisies en fonction de leur pertinence.

Intensité de l'attention

Sur l'axe « intensité » (*cf.* fig. 5.3), on distingue les notions d'alerte, de vigilance et d'attention soutenue (dite aussi concentration).

Alerte

Alerte tonique

L'*alerte tonique*, involontaire, reposant sur la formation réticulée (tronc cérébral), correspond à un niveau d'éveil, de mobilisation globale des ressources mentales. Son niveau fluctue au cours de la journée (rythmes circadiens), permettant de repérer des périodes durant lesquelles les sujets sont plus à même de mobiliser leur attention (*cf.* rythmes scolaires). Cependant, à ces variations se superpose aussi un rythme individuel (« être du soir ou du matin »).

La question des rythmes scolaires

De nombreuses études, toutes concordantes, ont montré que, dans des conditions éducatives «standards» (en particulier une durée suffisante du sommeil, 8 à 10 heures/nuit selon l'âge et les besoins individuels), l'attention des enfants augmente au cours de la journée, avec un maxima en fin de matinée, une baisse relative entre 13 et 15 heures et une remontée progressive de 15 à 19 heures environ. Ces rythmes sont universels et indépendants des emplois du temps ou contraintes sociales : ces variations sont reliées aux rythmes biologiques (température, tension artérielle, glycémie, etc.).

L'altération de l'alerte tonique se manifeste par une quasi-somnolence (bâillements…), une grande lenteur (motrice et cognitive), un désintérêt marqué, un défaut d'initiative.

Alerte phasique

L'*alerte phasique* est semi-volontaire. Il s'agit d'une attente, d'une *préparation à* une action imminente. Cette attention est intense mais brève et *transitoire*. Elle se manifeste dès le signe qui provoque l'attente : elle induit une facilitation *fugace* de la performance. En situation expérimentale, il s'agit souvent d'un signal (visuel, auditif ou mixte) qui précède la cible à laquelle il faudra réagir.

Dans la vie courante cela peut-être, au feu rouge (si vous êtes pressé!) les quelques secondes qui précèdent le passage au feu vert : le passage au rouge des feux opposés ou le changement de couleur des feux piétons, constitue alors le signal déclenchant l'alerte phasique.

Vigilance

La vigilance concerne un haut niveau d'alerte sur une *longue durée*, alors que le nombre de stimuli est faible. Il s'agit donc aussi d'une *fonction de préparation* (à détecter, à agir, à traiter) qui vise au repérage de modifications environnementales. C'est une fonction de surveillance, permettant de détecter des stimuli de faible fréquence dans un bruit de fond.

Dans la vie courante, cela peut être la conduite sur autoroute en situation de faible circulation, où il faut cependant rester vigilant lorsqu'il s'agit, de temps à autre, de changer de file pour doubler un camion.

Un défaut de vigilance induit des erreurs (fausses alertes) et/ou des omissions (absence de réaction aux cibles). Elle est classiquement évaluée par des tâches dites de *continuous performance test* (CPT).

Le paradigme CPT

Le sujet doit, durant un temps long (≈15 minutes), détecter un stimulus donné au sein d'un continuum de stimuli variés. Classiquement, il s'agit de détecter la lettre X parmi d'autres lettres qui défilent en continu sur un écran. Il existe plusieurs variantes de ce paradigme : détection de la lettre X précédée de la lettre A (ou autres combinaison de lettres); ou détections de non-X (le sujet doit répondre pour toutes les lettres sauf X), etc.

Attention soutenue (concentration)

Ici aussi il s'agit d'un haut niveau d'alerte sur de longs intervalles de temps, mais en présence de nombreux stimuli : le sujet doit maintenir *un rythme de traitement élevé et continu*. La fatigabilité induite est importante.

C'est ce type d'attention qui est réclamé par la conduite automobile de nuit, sur un long trajet, sur une route nationale encombrée.

Comme pour la vigilance, un défaut d'attention soutenue peut conduire à des oublis, des fausses alarmes. On pourra aussi apprécier la capacité du sujet à maintenir le rythme élevé demandé. Lorsqu'il y a excès de charge (sensation de fatigue), on constate des interruptions dans la tâche dite «éclipses attentionnelles» (lâchage bref et souvent non conscient de l'attention au décours d'une tâche, avec ensuite récupération du niveau attentionnel à un niveau d'efficience convenable).

Sélectivité de l'attention

Il s'agit là d'un aspect central du fonctionnement attentionnel, à savoir la capacité à *choisir* la cible attentionnelle, à *diriger* son attention sur *certains* aspects (de l'environnement, du stimulus…) *pertinents* au regard du projet du sujet, aux dépens des autres éléments qui seront négligés (inhibés).

Attention focalisée

Permettant d'opérer un tri, une sélection parmi le flux d'informations qui parvient sans cesse à nos sens, de *distinguer l'information du bruit de fond*, c'est le préalable indispensable aux fonctions d'analyse puis d'intégration. On ne peut voir, entendre, sentir, mémoriser, agir, que dans la mesure où l'on *élimine*, par des mécanismes actifs, la plus grande partie des stimuli présents. *Cette inhibition est active et coûteuse* sur le plan cognitif (→ fatigue).

La « cécité attentionnelle »

Regarder sans *diriger volontairement* son attention ne permet pas de « voir » (de traiter, d'être conscient), l'ensemble des éléments qui se projettent sur la rétine.

Ainsi les médecins savent bien que, lorsqu'ils regardent une radiographie en s'interrogeant sur d'éventuelles anomalies pulmonaires, ils peuvent ne pas « voir » une lésion cardiaque pourtant évidente, car ils n'ont pas *intentionnellement* porté leur attention sur *cet* élément de la scène visuelle.

C'est le problème également des témoignages oculaires : l'observateur, en fonction de ses intérêts et de son histoire, sélectionne *certains* éléments de la scène (qui seront donc en « surbrillance » et traités) aux dépens des autres (qui seront négligés, non traités, non consciemment perçus).

Une vidéo sur Internet illustre parfaitement cette « cécité attentionnelle » (Simons et Chabris, 2010) et permet à chacun d'en mesurer la réalité[114].

L'attention focalisée ou sélective réfère donc à la notion de *filtre*, induisant la facilitation du traitement des éléments se rapportant à la *cible* et, simultanément, l'atténuation des distracteurs ou des interférences (altération ou inhibition).

On la compare souvent au pinceau lumineux d'une torche dont le faisceau, selon son orientation, *rehausse* certains éléments et en laisse d'autres dans l'ombre. Les éléments pris dans le faisceau attentionnel sont comme en *surbrillance* : ils font alors l'objet de traitements *plus rapides et de meilleure qualité*.

Cette attention est traditionnellement explorée par des épreuves de détection de cibles (auditives, visuelles) parmi des distracteurs.

Cette fonction clé de l'attention sollicite trois grands réseaux (fig. 5.6), qui contrôlent :

- le désengagement de l'attention du focus précédent ;
- le déplacement vers la nouvelle cible ;
- la focalisation sur la nouvelle cible sélectionnée, permettant la détection de nouveaux éléments.

L'attention doit être mobile : c'est un phénomène *dynamique*, qui assure la flexibilité du comportement en fonction du projet du sujet et des composantes environnementales.

Les liens entre regard et attention

L'orientation du regard est le reflet de l'orientation de l'attention, tandis que de façon circulaire, là où se porte le regard, se porte l'attention.

Des liens neuro-anatomiques entre regard et attention

D'ailleurs la maturation des systèmes attentionnels et exécutifs (préfrontaux, dont l'aire motrice supplémentaire [AMS], est dévolue à l'oculomotricité) et celle des fonctions oculomotrices sont étroitement liées. En outre, les systèmes attentionnels postérieurs (tubercules quadrijumeaux, thalamus et cortex pariétal) sont impliqués dans l'attention spatiale (en particulier en ce qui concerne l'hémisphère droit, qui contrôle l'attention spatiale des deux côtés de l'espace, alors que l'hémisphère gauche ne contrôle que le champ controlatéral).

Certains (Rizolatti, 1987) proposent que la phase de *préparation* de la saccade oculaire soit déjà un phénomène attentionnel (*théorie prémotrice de l'attention*).

Aussi, le regard est-il utilisé pour localiser l'attention du sujet, aussi bien lors de protocoles ou tests neuropsychologiques que dans la vie courante.

[114] http://www.theinvisiblegorilla.com/videos.html

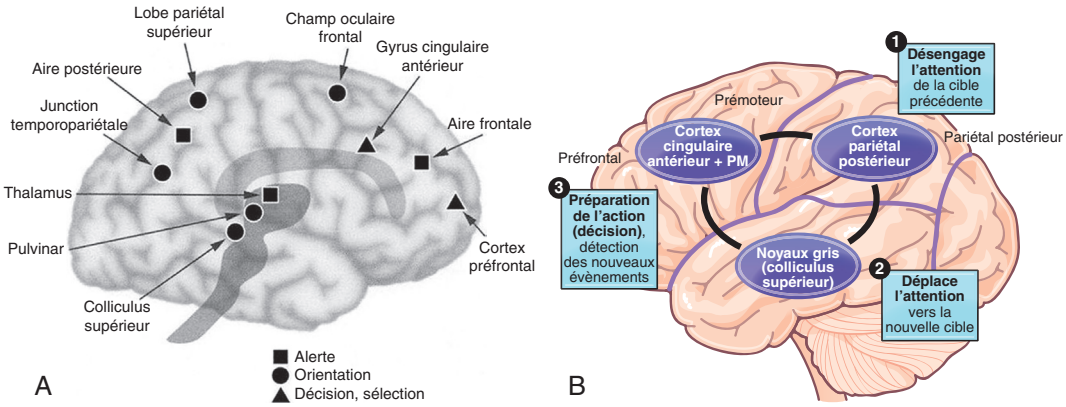


Fig. 5.6. Les structures qui sous-tendent l'orientation de l'attention.
A. Modèle de Posner.
B. Schéma des grands réseaux concernés.
PM : cortex prémoteur. *D'après : Posner MI, Rothbart MK, Rueda MR. Developing Attention and Self-Regulation in Infancy and Childhood. In : Rubenstein JLR, Rakic P, editors. Neural Circuit Development and Function in the Brain, Oxford : Academic Press ; 2013, p. 395–411. Par Carole Fumat.*

Chacun d'entre nous peut évaluer *très précisément* ce que l'autre regarde et en déduire l'objet de son attention. C'est d'ailleurs bien ainsi que le comprend implicitement le jeune enfant, aux alentours de 12–14 mois : il sait que la ligne du regard de son interlocuteur désigne un point d'intérêt sur lequel il doit orienter sa propre attention (attention conjointe).

Troubles du regard ou de l'attention ?

Lorsque l'enfant présente un regard aléatoire, imprécis ou « à côté », cela peut être interprété de deux façons différentes (*cf.* fig. 3.8) :
- soit, pour des raisons motrices et/ou praxiques, le sujet n'est pas parfaitement maître de son regard (anomalies de la commande motrice et/ou de la programmation des saccades). L'enfant a bien l'*intention* d'orienter son attention sur la cible pertinente et parfaitement détectée (par exemple lors d'activités de dénombrement, de lecture, de repérage, de barrages), mais les difficultés practomotrices des gestes oculomoteurs :
  – perturbent la prise d'information, générant des échecs (de lecture, de barrage, de dénombrement),
  – engendrent une pose du regard sur une cible adjacente à celle visée, ce qui constitue alors un distracteur (typiquement, l'enfant cherche la lettre /r/ sur le clavier, son regard tombe à côté sur la lettre /t/ qui « capte » alors son attention), induisant ou favorisant ainsi une dys-attention *secondaire*,
  – font interpréter (à tort) les difficultés à croiser et maintenir le regard au cours de la relation comme des symptômes relationnels, des troubles du spectre de l'autisme ;
- soit l'enfant présente un trouble attentionnel qui *se manifeste par* une stratégie du regard inadaptée, une exploration visuelle anarchique ou aléatoire. Il présente un trouble des fonctions exécutives qui perturbe l'inhibition des distracteurs et la mise en place d'une stratégie exploratoire efficace.

Décider ce qui est la cause ou l'effet est, pour l'instant, cliniquement très difficile.

En pratique, on peut faciliter la focalisation de l'attention soit par une consigne qui oriente *explicitement* vers tel ou tel stimulus (choix de la cible), soit par un stimulus particulier (bruit, lumière…) associé à la cible qui, agissant comme un signal extérieur, entraîne une attention « exogène » automatique associée (*attention forcée*) ; mais il ne s'agit alors que d'une attention rapide, brève, utilisée comme déclencheur.

Attention divisée

La notion d'attention partagée ou divisée, rend compte de la constatation banale qu'il est possible

et fréquent de faire ou de prêter attention à deux (ou plusieurs) choses à la fois, simultanément[115]. C'est une situation *extrêmement courante*, à tel point que l'on a pu dire qu'il s'agit là de la règle et non d'une exception.

Pratiquement toutes les situations d'apprentissage nécessitent la gestion de doubles tâches : écouter et écrire, lire et mémoriser, évoquer des règles et contrôler le sens…

Différentes situations d'attention divisée

On peut distinguer :

- la situation où il faut *surveiller* simultanément diverses sources (les phares des voitures qui arrivent en sens inverse, la distance qui me sépare de la voiture précédente ainsi que ses feux arrière, les panneaux le long de la route qui indiquent une limitation de vitesse, mon compteur de vitesse, etc.) ; certains parlent alors de « monitoring simultané » ;
- et celle où il faut *exécuter* simultanément plusieurs tâches cognitives réclamant de l'attention (conduire *et* choisir/sortir de l'étui/insérer un CD dans le lecteur) : c'est cette seconde situation à laquelle on réfère habituellement lorsqu'on évoque l'attention divisée et les « doubles tâches ». Dans ce registre, il peut s'agir soit de deux tâches différentes à mener de front (ex. : écouter + écrire, lors de la prise de notes), soit de deux types de traitements au sein d'une même tâche (ex. : traitement sémantique + orthographique, en situation de production d'écrits).

Des ressources limitées : problématique de la double tâche

L'attention divisée est intimement liée à la notion de *ressources attentionnelles limitées*, qui doivent donc être *réparties* par le sujet en fonction des différentes tâches à mener conjointement. L'attention peut, dans une analogie simpliste, être considérée comme un « réservoir » dont les capacités ne sont pas extensives mais au contraire *limitées*.

La gestion de la quantité de ressources attentionnelles à consacrer à chacune des deux tâches dépend de leur nature et du *degré d'expertise* du sujet dans chacune d'elles. Chaque tâche se trouve plus ou moins affectée par la nécessaire division attentionnelle. Dans cette situation, les performances, même satisfaisantes, sont moindres que lorsque chaque tâche est effectuée isolément.

En situation de double tâche complexe ou inhabituelle, l'*automatisation* de l'une d'elles (souvent dite « de bas-niveau », c'est-à-dire élémentaire) devenue routinière (faisant partie du domaine d'expertise du sujet) est une condition de la réussite. En effet, puisqu'elle ne requiert pas, ou très peu, d'attention, la tâche suffisamment automatisée permet d'allouer une plus grande « quantité » d'attention à la tâche simultanée, difficile.

Si la réalisation des deux tâches ensemble « consomme » plus de ressources attentionnelles que le sujet n'en dispose, soit l'une des deux tâches sera négligée, soit les deux tâches seront négativement affectées voire ratées ou de réalisation impossible.

Ainsi, deux tâches difficiles (du point de vue du sujet) ou en cours d'apprentissage (par définition, non encore automatisées) ne peuvent pas être conduites à bien simultanément. Soit la performance est très dégradée dans les deux, soit l'une, en général la tâche de bas niveau, consomme l'entièreté des ressources attentionnelles aux dépens de la seconde (de haut niveau) négligée ou échouée.

La réussite, en condition de double tâche, dépend donc de plusieurs facteurs :

- des modalités de réponse : fort différentes (parler et écrire, conduire et téléphoner) ou paraissant identiques mais *comportant* en fait un fort risque d'interférence (ex. : mettre au pluriel les noms masculins ce qui implique de repérer le genre *et* de repérer le nombre) ;
- mais surtout du degré d'automatisation ou d'expertise du sujet dans chacune des tâches.

Double tâche et handicap

Les situations pathologiques peuvent, à l'insu de tous, constituer des doubles tâches pour les enfants (ex. : les dys-), ce qui n'est pas le cas pour ceux au développement typique (*cf.* fig. 3.22, 3.24 et 3.25). Il faut donc, chez les enfants porteurs de handicaps (sensoriels, moteurs et/ou cognitifs),

[115] Ou bien quelquefois alternativement, l'attention devant commuter entre deux cibles préalablement sélectionnées, par exemple : lire au tableau et écouter l'enseignant peuvent être conduits simultanément ou en alternance, en un va-et-vient très rapide.

rester très vigilants et particulièrement critiques quant aux *propositions de rééducation ou de suppléances* qui leur sont faites : elles ne doivent pas conduire à une surcharge cognitive (involontaire et méconnue) qui les pénaliserait gravement. Elles ne doivent pas les contraindre à un contrôle attentionnel indu (pour des tâches élémentaires normalement automatisées). Elles ne doivent pas, à l'insu de tous, transformer des tâches *apparemment* simples en doubles tâches impossibles à gérer pour eux.

La *gestion* de cette répartition des ressources attentionnelles est sous contrôle d'une instance appelée *système attentionnel superviseur* ou SAS : les capacités d'un sujet en attention divisée sont indissociables de ses capacités exécutives.

Système attentionnel superviseur (SAS)

Si l'on veut soutenir la comparaison précédente de l'attention avec un « réservoir » attentionnel, il faut alors ajouter une instance *dynamique*, le système de gestion de ce réservoir. C'est le rôle du SAS, qui représente la fraction des *fonctions exécutives* dédiées à l'attention : modulation de l'intensité attentionnelle, inhibition des distracteurs, sélection des informations pertinentes, flexibilité permettant le désengagement et la réorientation attentionnelle en fonction des modifications de l'environnement et/ou du projet, répartition et allocation des ressources selon les buts…

L'efficience attentionnelle dépend donc de la « capacité » du réservoir attentionnel (« quantité » d'attention disponible), mais aussi et surtout de l'usage qui en est fait, de la qualité des régulations qui permettent souplesse et *adaptation* pour mener à bien la tâche.

Au total, l'attention est un système multidimensionnel, c'est l'*ensemble* des fonctions que nous avons détaillé ci-dessus qui doit être mobilisé de façon *coordonnée et régulée* (par le SAS) pour être efficace, dans la vie courante ou à l'école. C'est pourquoi l'attention est un prérequis à toutes les autres fonctions cognitives.

Exemple

Résoudre un problème mathématique, suppose :

- de *sélectionner* les informations pertinentes ;
- et d'*inhiber* celles qui ne le sont pas ; cette distinction (informations pertinentes *versus* non pertinentes) dépendant de la compréhension de la situation, de la représentation du but et de l'expertise du sujet ;
- mais aussi de pouvoir *réorienter* son attention sur une indication que vient de donner l'enseignant (alerte) ;
- sans se laisser distraire par le voisin qui bavarde (inhibition des distracteurs) ;
- puis de savoir *répartir* ses ressources attentionnelles entre le calcul mental en cours, la rédaction écrite de la réponse et la surveillance de l'horloge si le travail se fait en temps limité.

Par l'*alerte* d'une part (adaptation à la nouveauté, aux changements) et la *sélection* d'autre part, l'attention permet un tri qui *organise* l'information, lui donnant clarté et sens. Le versant *inhibition* (des distracteurs) autorise la poursuite d'un projet personnel et limite la dépendance à l'environnement. *In fine*, en permettant le *maintien dans la conscience*, l'attention est la clé de la compréhension du monde et des apprentissages.

Développement de l'attention

- L'*attention automatique*, déclenchée par des stimuli exogènes, est présente dès la naissance, se manifestant par les réflexes d'orientation. Courage et al. (2006) montrent que les stimuli *dynamiques* favorisent l'engagement attentionnel et le maintien attentionnel des jeunes enfants (3–12 mois) : le mouvement est un stimulus saillant particulièrement attractif. Les stimuli *complexes* et les *visages* provoquent également un maintien plus durable de l'attention.

- L'*attention volontaire* commence à être fonctionnelle entre 3 et 6 mois. L'enfant peut délibérément réorienter son attention d'un stimulus à un autre, faisant ainsi la preuve qu'il peut se *désengager* de la cible initiale. C'est la condition d'une *attention souple, flexible*, adaptable. Cette nouvelle efficacité du réseau antérieur de l'attention (attention exécutive) repose sur le début de la maturation du cortex préfrontal et du cortex cingulaire antérieur (inhibition des distracteurs).

Le développement de l'attention au cours de la première année : trois phases

Courage et al. (2006) confirment un modèle de développement de l'attention en trois phases (fig. 5.7) proposé par d'autres auteurs dès 1996.

La première phase (0–8 semaines) se manifeste par une augmentation progressive de la durée de fixation des stimuli et traduit l'émergence des fonctions d'*alerte* (déclenchement exogène). La deuxième phase (14–26 semaines) est marquée par une diminution des temps de fixation. Cela traduit les capacités de *désengagement et de flexibilité* attentionnelle, concomitantes du développement du réseau postérieur de l'orientation de l'attention. Enfin (de 3–4 mois à 6 mois), les progrès visuels (vison binoculaire, reconnaissance des objets) et le développement des aires préfrontales permettent un meilleur *contrôle* attentionnel : l'enfant peut orienter son regard vers la cible, l'y maintenir en inhibant (momentanément) les distracteurs. On note alors une courbe de nouveau ascendante, le *maintien attentionnel* traduisant l'émergence de l'attention endogène.

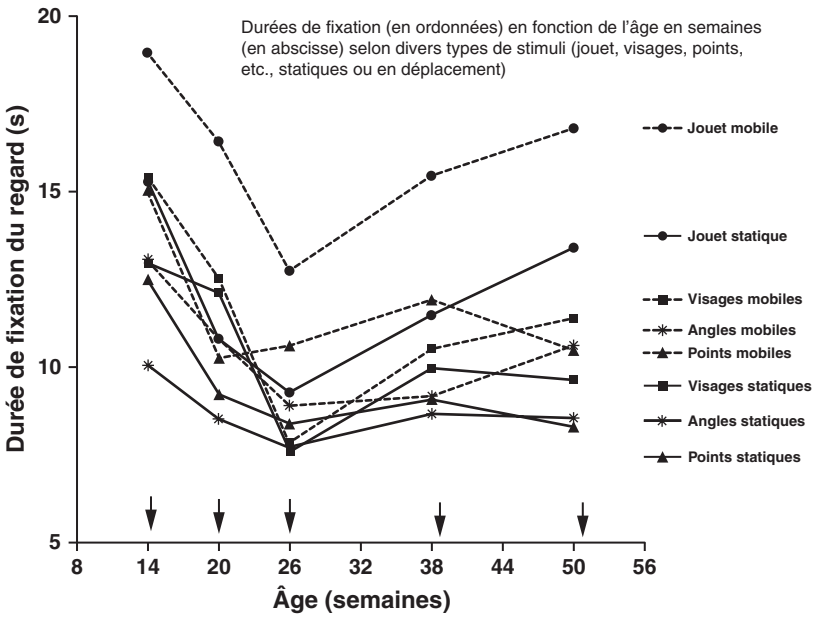


Fig. 5.7. Évolution des capacités attentionnelles entre 3 et 12 mois.
Les flèches indiquent l'âge exact auquel a eu lieu le test. *Source : Courage ML, Reynolds GD, Richards JE. Infants' attention to patterned stimuli : developmental change from 3 to 12 months of age. Child Dev 2006; 77(3) : 680–95.*

Au cours de la première année, l'*attention conjointe* et les comportements d'*imitation*, fondement de nombreux apprentissages, requièrent une bonne attention sélective.

L'*attention sélective* dépend du développement des fonctions exécutives (stratégies de recherche, sélection) qui en gouverne l'efficience. Elle croît régulièrement de 3 à 10–13 ans. Notons que l'inhibition de distracteurs atteint une efficacité proche des performances adultes aux alentours de 7 ans.

L'importance du désengagement attentionnel

On attire l'attention de l'enfant sur un premier objet dit «attracteur central» (*gap task*). On fait alors apparaître un second objet attractif en périphérie. La variable que l'on mesure est le temps de déplacement du regard (déclenchement d'une saccade) vers le second attracteur. Avant l'âge de 3–4 mois, le désengagement reste difficile (aimantation sur la première cible). Wainwright et Bryson (2002), étudiant le développement de l'orientation de l'attention chez des sujets de 6, 10 et 14 ans et des adultes, montrent que *seule* la phase de désengagement de l'attention de la cible précédente distingue les plus jeunes (6 ans) des autres participants à l'expérimentation.

L'*attention soutenue* progresse aussi régulièrement entre 2 et 12 ans. Au-delà, on ne note plus d'évolution.

L'*attention partagée* (écouter deux stimuli auditifs, Manly et al., 2001), très dépendante des fonctions exécutives, se développe plus tardivement et jusqu'à la fin de l'adolescence.

Au total

Les principaux processus attentionnels se mettent en place très précocement, mais c'est au cours de la deuxième année (Lussier et Flessas, 2009) que l'enfant peut réellement *sélectionner* les données en fonction de leur pertinence pour l'action en cours. La qualité de l'attention endogène (durée, inhibition des distracteurs) s'améliore notablement. L'enfant peut *délibérément et durablement* orienter son attention vers une cible choisie. Par la suite ces processus vont s'affiner, gagner en endurance, flexibilité et efficacité, et ce, continûment et linéairement avec l'âge (*cf.* les normes établies en fonction de l'âge dans les différents tests attentionnels étalonnés).

Trouble déficitaire de l'attention (TDA)

Préalable

Nous traitons ici de troubles neurodéveloppementaux de l'attention ou *syndrome dys-attentionnel*. Pour des raisons historiques et pour éviter toute confusion, ces troubles ayant été de longue date dénommés «troubles déficitaires de l'attention» (DSM-II, 1974), nous avons choisi de conserver ce terme. Nous développons ici les éléments habituellement rapportés par les chercheurs et cliniciens sous le terme de TDA/H, bien que troubles attentionnels et dys-exécutifs soient étroitement mêlés.

Le trouble déficitaire de l'attention *avec ou sans* hyperactivité, noté TDA/H (ou, dans la littérature anglo-saxonne, ADHD [*attention-deficit hyperactiviy disorder*]) désigne un déficit *spécifique* (intrinsèque) du développement des fonctions attentionnelles chez l'enfant.

On considère classiquement trois formes : inattention prédominante, inattention avec impulsivité, et/ou avec hyperactivité. La composante «hyperkinétique» ou hyperactivité motrice[116] n'est que *facultative* (notée par le slash qui sépare TDA de H). Lorsqu'elle existe, c'est toujours un symptôme comportemental bruyant qui ne doit cependant pas masquer les aspects dys-attentionnels et/ou dys-exécutifs, toujours au premier plan du handicap généré par cette pathologie.

La *prévalence* du TDA/H (Lecendreux et al., 2011) est estimée aux environs de 2,4 à 4,7 %, avec un ratio de 2 garçons pour 1 fille. La forme inattentive est très nettement prédominante (46,5 %) alors que la forme combinée (+ hyperactivité + impulsivité) ne représente du 17,6 % de l'ensemble de la cohorte.

[116] Quelquefois dite aussi *agitation psychomotrice*.

Les études internationales confirment ces chiffres, en faisant état d'une prévalence du même ordre chez les adultes : 3,4 % selon Fayyad et al. (2007) en Angleterre et 4,4 % selon Kessler et al. (2006) aux États-Unis.

Causes

Hypothèses étiologiques

Facteurs génétiques

Même s'il est évident que les troubles ne peuvent ressortir que d'une conjonction de facteurs, l'implication de facteurs génétiques est désormais peu controversée.

Les études de cas familiaux

Ces études étayent très fortement cette hypothèse : ainsi, «25 % des apparentés du premier degré d'un enfant TDA/H présentent aussi un TDA/H» (Lecendreux, 2003). Des travaux plus récents (étude ChiP-ARD[117], 2010–2011) confirment les précédentes, à savoir que la prévalence du TDA/H chez l'adulte est beaucoup plus importante chez les apparentés d'un enfant TDA/H que dans la population générale (Caci, 2006).
Les études sur les jumeaux monozygotes[118] montrent que si un des jumeaux présente un TDA/H, le risque que l'autre présente le même trouble atteint 80 % (Lecendreux, 2003). Enfin, les études portant sur les enfants adoptés constatent une corrélation beaucoup plus importante entre les pathologies des parents biologiques et celles des enfants, qu'entre celles des enfants et celles de leurs parents adoptifs ou de leurs apparentés proches (Morisson et Stewart, 1973).

Les études génétiques ont surtout porté sur des associations de gènes impliqués dans le métabolisme de la dopamine, dits *dopamine receptor*. Une revue de la littérature (Dallaire et Lafortune, 2008) confirme que trois gènes principaux seraient en cause : 5-HTT, DRD4 et DAT1, mais d'autres études sont en cours.

NB. Les porteurs de ces gènes ne développent pas obligatoirement le trouble, d'autant que ce sont très certainement des *associations* de gènes qui seraient en cause. Ces personnes présentent une *vulnérabilité* particulière à cette pathologie, ce qui rend compte que seuls 30 à 45 % d'entre eux développent effectivement un TAD/H.

Prématurité[119]

Depuis les années 1990, on sait que les troubles neurodéveloppementaux en général et le TDA/H en particulier sont d'autant plus fréquents que le poids de naissance est plus faible (Delobel-Ayoub, 2005). Globalement, ces enfants présentent deux fois plus de risques que les autres de présenter un TDA/H, en particulier la forme avec impulsivité (Walch, 2012). Rose et al. (2011) trouvent un déficit des fonctions exécutives dans leurs trois dimensions principales (mise à jour de la mémoire de travail, inhibition et flexibilité mentale) chez des jeunes de 11 ans anciens prématurés (poids de naissance < 1 750 g), et notent de faibles résultats dans leurs performances en lecture et en mathématiques.

Autres causes évoquées

Le syndrome d'alcoolisation fœtale ainsi que d'autres fœtopathies ont également été impliqués. Des anomalies métaboliques ou toxiques ont aussi été mises en cause (ex. : déficit cérébral en fer, Cortese et al., 2011).

Aspects psycho-éducatifs

Les items *parents séparés, famille monoparentale, famille nombreuse*, ne corrèlent pas avec le TDA/H, tandis que le statut économiquement faible expliquerait 1 à 9 % de la variance, selon les études.

Au total

Il faut donc surtout retenir que des prédispositions innées peuvent probablement être exacerbées dans un contexte psychofamilial défavorable.

[117] L'étude s'appuie sur trois bases de données issues de près de 1 200 dossiers, avec un base «parents», une base «enseignants» et une base «jeunes et adolescents» (http://herve.caci.pagesperso-orange.fr/TDAH/TDAH.html).

[118] Partageant le même patrimoine génétique.

[119] Enfants nés avant 32 SA (semaines d'aménorrhée) ou pesant moins de 1 500 grammes à la naissance.

Cependant, il est parfaitement clair que le milieu familial *ne peut pas être retenu comme cause unique ni principale* de ces troubles. Notons d'ailleurs que les enfants victimes de carences éducatives (déficit ou incompétence éducative de l'entourage) ou très turbulents ne présentent pas toujours de trouble objectivable de l'attention ou d'insuffisance dans les apprentissages scolaires.

Déficit en dopamine

Le système méso-cortico-limbique, dopaminergique, a un rôle régulateur des systèmes exécutifs sur lesquels il se projette. En retour, les systèmes exécutifs modulent l'action des voies dopaminergiques. Dans le TDA/H, c'est le transport et le métabolisme cérébral de ce neuromédiateur qui sont en cause (et non sa production).

Ainsi, Volkow et al. (2011) trouvent une anomalie dans le réseau de transport de la dopamine chez 45 adultes avec TDA/H (*versus* 41 contrôles), en particulier dans le noyau caudé et le noyau acubens[120] à gauche.

On a aussi montré que la prise de psychostimulants (influençant le métabolisme cérébral de la dopamine) normalise la fonction cérébrale (Frodl et Skokauskas, 2012 ; Nakao et al., 2011 ; Liddle et al., 2011).

Sur le plan physiopathologique

Deux types de modèles (non exclusifs l'un de l'autre) rendent compte de la pathologie (fig. 5.8) :

- dans le premier (le plus ancien, le mieux documenté et celui auquel nous adhérons), le *déficit des fonctions inhibitrices* (exécutives) rend compte de la symptomatologie ;
- dans le second, dit « aversion pour le délai » (années 2000), l'impossibilité de différer une récompense (une satisfaction, un désir) est au centre du TDA/H. Cette conception du TDA/H comme *trouble de la motivation* donne un rôle prééminent aux ganglions de la base (« circuit de la récompense ») qui, par l'intermédiaire de boucles cortico-/sous-corticales défaillantes, ne réguleraient pas correctement les activités cognitives (et motrices en cas d'hyperactivité).

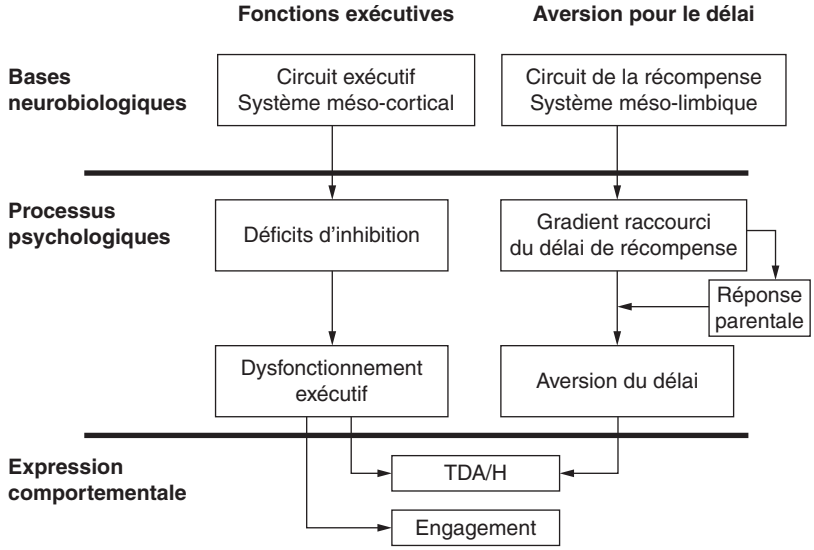


Fig. 5.8. Modèle à deux voies du TDA/H.
Source : d'après Sonuga-Barke (2003), cité in *Habib M. Le cerveau de l'hyperactif : entre cognition et comportement. Développements 2011 ; 9 : 26–40.*

[120] Il s'agit de noyaux gris centraux.

Corrélats cérébraux

Cortese et Castellanos (2012) font une revue de la littérature concernant l'imagerie cérébrale et le TDA/H et listent les différents éléments mis en cause selon les études :

- anomalies *morphologiques* du cortex dans le réseau attentionnel postérieur et les aires limbiques, associées à une réduction du volume de matière grise dans le noyau caudé et le thalamus à droite, dans les hémisphères cérébelleux des deux côtés (Proal et al., 2011) ;
- anomalies de la *dynamique développementale* de certaines structures cérébrales (retard maturationnel [Rubia, 2007]) ;
- anomalies de *la connectivité* dans la substance blanche (Van Ewijk et al., 2012) ;
- anomalies *fonctionnelles*, telles des anomalies de synchronisation de l'activité neurale spontanée dans le *brain's default network* ou DN (réseau cérébral « par défaut »[121]) concernant les régions préfrontales médianes, pariétales médianes et temporales médianes et latérales (Andews-Hanna et al., 2010). Chez les sujets avec TDA/H, ce réseau ne serait pas *régulé* de façon adaptée par les autres systèmes tâches ou domaines-dépendants, d'où la fluctuation anormale de l'attention en cours de tâche. Par ailleurs une motivation exceptionnellement stimulante ou un *traitement par le méthylphénidate* normaliserait les activations/désactivations du DN (Liddle et al., 2011) ;
- anomalies des *réseaux visuels* (cortex occipital [Proal et al., 2011]), ce qui implique que le rôle de la perception visuelle dans le TDA/H pourrait être réexaminé avec profit (Castellanos et Proal, 2012).

Au total, la plupart des études montrent des anomalies préfrontales, pariétales, des noyaux gris centraux, du thalamus, du cervelet (fig. 5.9). Ces résultats complexes suggèrent fortement que la population des TDA/H est hétérogène, ce qui pourrait expliquer les disparités cliniques et rendre compte en particulier de la distinction entre trouble inattentif strict *versus* ± impulsivité ± hyperactivité.

[121] Réseau cérébral dit « par défaut » : large réseau cérébral activé lorsque le sujet ne fait aucune tâche cognitive précise, qu'il ne prête attention à aucun stimulus extérieur, qu'il est simplement plongé dans ses pensées sans but particulier (activité cognitive interne spontanée).

Symptômes

Avant 5 ans (proto-TDA/H)[122]

Cette pathologie étant structurelle, elle existe d'emblée, même si son diagnostic ne peut pas être *affirmé* aussi précocement. Chez les jeunes enfants, avant que la demande scolaire ne mette clairement en lumière les troubles d'attention, c'est souvent la seule forme « hyperactivité » qui sera repérée. *Rétrospectivement*, les parents évoquent des bébés « difficiles » dès la naissance, dormant peu, « toujours sur la brèche » ou « montés sur ressorts », impulsifs et sujets à de nombreux accidents domestiques. Ces enfants réclament d'emblée une attention (!) de tous les instants. Ils épuisent rapidement parents, fratrie, nounou, personnel de crèche…

À l'âge scolaire

Les symptômes du TDA/H constituent un trépied – *inattention, impulsivité, hyperactivité* – dont chaque élément peut exister isolément ou selon diverses associations. S'y associent très régulièrement des troubles du sommeil, dont il est difficile de savoir s'il s'agit de la cause ou de la conséquence du TDA/H.

Trouble attentionnel

Toujours présent et au centre du TDA/H, quelle qu'en soit la forme clinique, il est le principal responsable de l'échec scolaire.

Le jeune n'est pas seulement assailli par des distracteurs exogènes qui interrompent sans cesse le cours de sa pensée et altèrent sa prise d'informations, il est aussi perturbé par des distracteurs endogènes non maîtrisables : fuite de la pensée, associations d'idées non contrôlées, ruptures idéiques avec « saut » d'une idée à l'autre. Arsène, 10 ans, explique en consultation : « j'ai trop de choses dans ma tête, ça se mélange tout ».

[122] Selon la formule de Lecendreux et al. (2003).

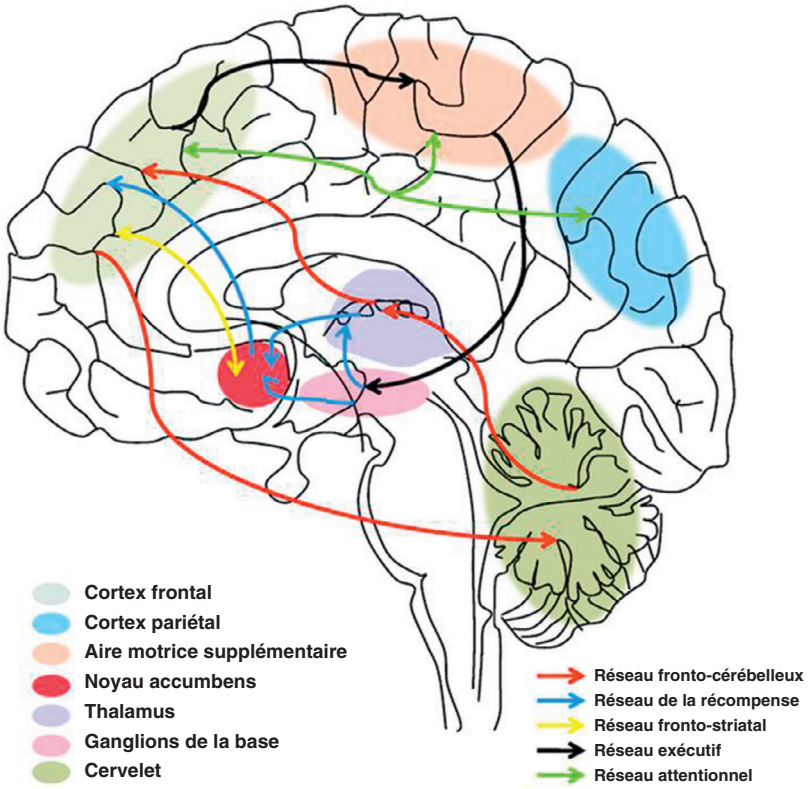


Fig. 5.9. Représentation schématique des circuits fonctionnels impliqués dans la physiopathologie du TDA/H.
Sont représentés le réseau attentionnel (flèches vertes), le réseau fronto-striatal (flèches jaunes), le réseau exécutif (flèches noires), le réseau fronto-cérébelleux (flèches rouges), et le réseau de la récompense (flèches bleues). *Source : Purper-Ouakil D, Ramoz N, Lepagnol-Bestel AM, Gorwood P, Simonneau M. Neurobiology of Attention Deficit/ Hyperactivity Disorder. Pediatr Res 2011 ; 69 : 69R-76R.*

Habib (2011) parle d'un « flou mental rendant impossible la formulation d'objectifs, la prise de décision, la mise en actes pour agir ».

Une étude de 2001 (Meister et al.) montre qu'au sein d'une population d'enfants fréquentant l'école primaire repérés en grande difficulté d'apprentissage, le diagnostic le plus fréquent est celui TDA/H (≈ 40 % de cette population).

Le trouble *inattentif strict*, le plus fréquent, est aussi le plus difficile à diagnostiquer car le plus « silencieux » sur le plan symptomatique. Il peut facilement passer inaperçu et n'être suspecté que tardivement, devant un *échec scolaire inexpliqué*. Il serait plus fréquent chez les filles, se traduisant par un comportement « rêveur ». D'une façon générale, l'enfant ne peut se concentrer sur une tâche, ni même sur un jeu. Il fait répéter les consignes sans parvenir à s'y conformer. Ne parvenant pas à suivre ses propres idées, il s'interrompt, perd le fil (de son action, de son discours), ne finit rien de ce qu'il entreprend.

Impulsivité et éventuelle hyperactivité

Le déficit attentionnel *avec impulsivité* traduit un déficit général d'inhibition[123], symptôme central du syndrome dys-exécutif. L'enfant répond ou agit avant même que la consigne ne soit donnée, que

[123] Il est clair que l'inattention elle-même peut également être interprétée comme un trouble de l'*inhibition* des distracteurs (et donc, à ce titre, dys-exécutive). Mais, comme nous l'avons dit, toutes les formes du TDA/H peuvent aussi être comprises soit comme secondaires au déficit de la partie des fonctions exécutives *strictement dédiées à la gestion de l'attention*, c'est-à-dire le système attentionnel superviseur (SAS), soit comme symptomatiques d'un déficit *général* des fonctions exécutives.

la question ne soit finie d'être posée. Il interrompt les conversations, les jeux, les récits. Il ne peut attendre son tour. Différer une demande ou une satisfaction est impossible et déclenche des réactions intempestives. Il prend les objets des mains de l'autre. Ses gestes précipités le conduisent à déchirer, casser, froisser tout ce qu'il touche… Il ne peut s'organiser, ni pour travailler ni pour jouer. Il n'apprend pas de ses erreurs car il ne compare pas le résultat obtenu à ce qui était attendu.

Lorsque s'associe une *hyperactivité* motrice, le diagnostic est plus précoce car la tolérance de l'entourage (familial, scolaire) est alors mise à rude épreuve. L'hyperactivité consiste en une activité incessante, intense, désordonnée, sans but, inappropriée (pour l'âge, le contexte). Elle parasite la relation à l'autre et la réalisation des tâches cognitives. L'enfant peut même se mettre en danger (grimpe ou saute dans des endroits inadéquats, chute, se brûle…) et doit être constamment surveillé. Cette forme concerne majoritairement les garçons. Présents, ces symptômes sont à l'origine de comportements socialement inacceptables. Ces symptômes entraînent une mise à l'écart du jeune perturbateur, conduisent à un isolement douloureux (famille, amis, camarades de classe, collègues de travail), induisent des dysfonctionnements familiaux et scolaires (remarques négatives constantes) alimentant une faible estime de soi.

Le déficit d'inhibition motrice et/ou d'inhibition cognitive

Noël et Docquier (2011), étudiant les effets d'une rééducation visant soit l'inhibition motrice, soit l'inhibition cognitivo-verbale, concluent : « les résultats de cette étude ne soutiennent pas l'hypothèse d'une distinction entre les deux concepts. Au contraire, il semble que l'inhibition de réponses dominantes, quelle que soit leur nature, relève d'un même processus, sensible aux effets des rééducations que nous avons proposées ». Ces deux concepts renvoient à un mécanisme commun.

Un problème éducatif ?

Certains cherchent à assimiler les enfants « mal élevés » (en particulier ne supportant ni frustration ni limites) et les enfants souffrant d'un TDA/H. Rappelons que les premiers (contrairement aux seconds) sont dans un rapport de contestation systématique de l'autorité, se montrant très provocants vis-à-vis des adultes (ce qui n'est pas du tout le cas des jeunes avec TDA/H) ; surtout, ils mènent parfaitement à terme leurs jeux et leurs projets pourvu qu'ils en soient les instigateurs. Enfin, les tests attentionnels et exécutifs, s'ils acceptent de s'y soumettre, s'avèrent tout à fait dans les normes.

Troubles du sommeil

Ils concerneraient 25 à 50 % des enfants diagnostiqués TDA/H (selon les auteurs et les sources : avis des parents, enregistrements du sommeil). En retour, le manque de sommeil affecte négativement l'attention et le contrôle de l'impulsivité.

Les troubles consistent en difficultés d'endormissement, réveils nocturnes, agitation motrice durant le sommeil et une durée totale du sommeil diminuée (Lecendreux et al., 2004).

Pour certains, ces *variations anormales de la vigilance* au cours du nycthémère (Konofal et al., 2010) constitueraient même le cœur du TDA/H, et justifieraient d'un traitement spécifique tel le mazindol[124] (Konofal et al., 2012).

Au total

Dans tous les cas, on note des troubles de l'attention exogène et endogène, une distractibilité intense, de faibles performances scolaires et, très fréquemment, des troubles du sommeil.

Cela se traduit, dans la vie scolaire et journalière de l'enfant par :

- des *oublis* nombreux et variés (outils scolaires, consignes, informations…) ;
- paradoxalement, une *lenteur* d'effectuation des tâches. L'enfant a du mal à se mettre au travail, les multiples interruptions, oublis et distractions ralentissent l'effectuation, souvent il ne termine pas ce qui a été plus ou moins commencé ;
- une importante *désorganisation* de son activité qu'il n'arrive pas à planifier.

[124] Il s'agit d'une molécule de type amphétamine-like, utilisée dans le traitement de somnolence diurne anormale.

Enfin, la *régulation émotionnelle* est fréquemment déficitaire : l'enfant réagit de façon excessive (rires ou pleurs) et disproportionnée par rapport aux événements ou remarques qui lui sont adressés.

Diagnostic différentiel

Éliminer une déficience intellectuelle

Comme pour tous les dys-, devant des symptômes et des plaintes faisant évoquer un trouble dys-attentionnel, il faudra d'abord *éliminer une déficience* intellectuelle. En effet, une déficience intellectuelle peut, à elle seule, donner des symptômes identiques (troubles de l'attention, instabilité psychomotrice, échec scolaire).

Le diagnostic de TDA/H impose que la passation des *échelles de Wechsler* montre de bonnes capacités en intelligence générale (facteur g). Les épreuves les plus affectées par le trouble attentionnel sont habituellement les subtests de mémoire de travail (Mémoire de chiffres, Séquence lettres-chiffres, Arithmétique), les items « *Code* » et « Symbole » (qui réclament une attention maintenue), ainsi que « Cubes » et « Matrices » qui nécessitent réflexion et stratégie.

Cette configuration est à l'origine de fréquentes erreurs diagnostiques : confusions dyspraxie et TDA/H, ou diagnostic indu de comorbidité TDA/H + dyspraxie.

Éliminer une dyspraxie

En effet, nombre d'enfants référés en consultation sont étiquetés trop rapidement dyspraxiques sur le seul critère d'une dysgraphie noyée dans une grande désorganisation. C'est oublier qu'en amont de la réalisation gestuelle, la planification exécutive est première. Cela pose le problème du diagnostic différentiel ou d'une comorbidité (*cf. infra*).

Il ne faudra donc pas confondre ce trouble de la planification et de la mise en œuvre d'une stratégie adaptée avec le trouble de programmation et d'organisation visuospatiale caractéristique des dyspraxies (chapitre 3).

Cela conduirait *de façon erronée* à un diagnostic de comorbidité TDA/H + dyspraxie. C'est le contexte comportemental, les épreuves étalonnées – attentionnelles et praxiques – et la *nature qualitative* des erreurs (tableau 5.2) qui permettra de rapporter le trouble organisationnel à un défaut de stratégie-planification-flexibilité mentale (TDA/H ou syndrome dys-exécutif) ou à un trouble visuo-practo-spatial (dyspraxie).

Tableau 5.2. Des troubles organisationnels de différente nature.

	TDA/H ou syndrome dys-exécutif	Dyspraxie
Attitude générale	Papillonne d'une idée à l'autre Erreurs de type « n'importe quoi »	Concentré sur la tâche Erreurs liées à l'organisation motrice et/ou spatiale
Maladresse	Gestes rapides et désordonnés Abandonne rapidement	Gestes lents et laborieux, recherche du « bon » geste, essais successifs
Organisation	Défectueuse du fait d'oublis, de négligences Difficultés à s'adapter au changement (d'exercice, de consigne, de stratégie) : rigidité mentale	Défectueuse du fait de troubles moteurs et/ou visuospatiaux (orientation des divers éléments entre eux, de l'outil…)
Jugement	Mal adapté : pense avoir réussi ou complètement raté de façon inadaptée par rapport aux exigences de la tâche	Juge parfaitement de la qualité de son travail Apprend de ses erreurs, qu'il essaie de corriger

Éliminer d'autres diagnostics concurrents

En effet, l'attention est *normalement* changeante, fluctuante. Être inattentif, avant d'être un symptôme, est un comportement d'une grande *banalité*, traduisant simplement le désintérêt ou la fatigue. Cela peut aussi signer une difficulté *autre* (psychologique et/ou cognitive).

Une agitation et/ou une distractibilité importantes peuvent constituer un mode réactionnel à une situation d'échec (par exemple en cas de déficience intellectuelle non repérée, ou de dys-),

refléter la fébrilité et l'angoisse de l'enfant (quelle qu'en soit la cause), traduire des réactions de fuite, manifester sa réticence, son refus ou son désintérêt.

Il est donc capital d'interroger les *circonstances* dans lesquelles on note des difficultés attentionnelles ou les circonstances dans lesquelles *elles sont nettement majorées*.

Trouble de l'attention ?

La jeune Manon, 6 ans, en grande section de maternelle, sans aucun antécédent médical particulier, consulte pour échec scolaire diffus et suspicion de TDA/H. Un test psychométrique (WPPSI) montre qu'il s'agit d'une enfant d'intelligence normale (Similitudes, NS = 14), mais ses résultats aux échelles de Wechsler sont très hétérogènes, tout comme en classe où on signale qu'elle est incapable de se tenir plus de quelques secondes sur une tâche.

Sont alors évoqués successivement, au gré des consultations, des troubles psychodynamiques perturbant son investissement scolaire, des difficultés éducatives de la part de jeunes parents trop laxistes qui ne savent pas « poser des limites » et enfin un diagnostic de troubles de l'attention avec hyperactivité. Les parents, eux, s'interrogent à la fois sur une éventuelle dyspraxie (Manon ne peut pas écrire lisiblement son prénom) et sur les avantages-inconvénients d'un traitement médical récemment prescrit (méthylphénidate) sans amélioration notable, après qu'un diagnostic de TDA/H a été porté sur un interrogatoire et des échelles de Conners remplies par les parents et l'enseignante.

En consultation, Manon se présente d'abord comme une petite fille agréable, sympathique, de bon contact, calme, bien adaptée et participante. Mais dès les premières épreuves (écrire son prénom, dessins spontanés ou à reproduire, tests de barrage...), Manon s'agite intensément, doit être sans répit encouragée pour continuer un peu, se lève, bâcle un ou deux items (ratés), abandonne, revient brièvement à la tâche avec un effort douloureux et visible, puis abandonne. Très agitée, tripotant tout, elle transforme rapidement le bureau en un véritable champ de bataille, en dépit des exhortations de ses parents, qui reconnaissent là un comportement habituel de leur fille.

Ils racontent alors le quotidien difficile à la maison et leurs inquiétudes précoces devant cette petite fille qui ne peut se tenir ni devant un livre d'histoires ni devant un dessin animé à la télévision. Durant cette conversation, Manon, *très attentive, écoute sagement*, intervenant ponctuellement et toujours à bon escient.

On est alors frappé par le *contraste* entre son comportement précédent – agité, instable, fébrile, inattentif, désorganisé – et son comportement présent. Les parents précisent que c'est *aussi* le comportement que peut adopter très ponctuellement Manon à la maison (et à l'école) lors des moments où l'on discute avec elle.

Ces éléments font reprendre le bilan : on découvre alors que Manon présente une dysgnosie visuelle (chapitre 3), jamais soupçonnée jusqu'alors. Ce sont en fait toutes les activités réclamant un traitement visuel (épreuves graphiques ou spatiales, comptages, travail à partir de dessins, livres d'images, télévision, etc.) qui mettent Manon en très grande difficulté et déclenchent immédiatement ce comportement « TDA/H-like ». Les tâches *strictement* verbales, exceptionnelles dans la vie courante ou à l'école maternelle, permettent au contraire de la découvrir attentive, sereine, appliquée et très pertinente.

Les troubles « attentionnels » et l'agitation, intenses, sont donc ici des manifestations *secondaires* à une pathologie neurovisuelle très perturbante et méconnue. Ils représentent un *symptôme* d'appel pour une pathologie *autre*. Ce diagnostic a d'importantes répercussions sur les propositions thérapeutiques qui seront faites à Manon.

Il est donc indispensable d'interroger le début des troubles et leurs circonstances de survenue.

Si le début des symptômes est d'apparition retardée, lié à un événement approximativement daté et/ou si les symptômes sont intermittents, il s'agit plus probablement d'un comportement réactionnel. Une situation psychosociale particulière, une anxiété diffuse (quelle qu'en soit la cause), une dépression ou des épisodes d'exci-

tation maniaque (troubles bipolaires) peuvent « mimer » un TDA/H.

Aussi est-il capital de s'assurer que les troubles existent *depuis toujours* (*cf.* § Avant 5 ans, proto-TDA/H) *en toutes circonstances*, dans tous les lieux de vie de l'enfant : à la maison, à l'école, lors des loisirs (bien que les situations motivantes comme les jeux vidéos soient des situations durant lesquelles le trouble peut être *momentanément* plus ou moins masqué).

Des observations ponctuelles qui peuvent être trompeuses

En effet, ces enfants peuvent assez souvent contenir leurs troubles dans des situations exceptionnelles (ex. : une consultation) ou très motivantes, mais ponctuelles et courtes. Par ailleurs les jeux vidéo générant des stimuli exogènes saillants, dynamiques et changeants, réclamant de rapides et permanents « zapping attentionnels » d'un élément à l'autre, sollicitent justement la pathologie de ces enfants qui y réussissent bien et s'y sentent à l'aise. Ils peuvent en devenir dépendants (addiction aux jeux) deux fois plus souvent que la population tout-venant (Bioulac et al., 2010).

Diagnostic positif

Ce diagnostic :

- nécessite une observation de longue durée, dans des circonstances variées (et non une simple consultation). Les observations des proches sont recueillies *via* des questionnaires de comportement bien ciblés, tels les questionnaires de Conners (Conners, 1969 ; Goyette et al., 1978) remplis par les parents et les enseignants. Notons que les questionnaires de Conners sont structurés de la même manière que le DSM (apportant donc des éléments redondants). Étant donné leur caractère subjectif, les résultats fournis par chacun des deux parents ou par les parents et l'enseignant sont parfois discordants. Ces questionnaires sont donc plutôt à utiliser comme outils de *dépistage* que comme outils diagnostiques ;
- suppose donc l'*utilisation de tests normés*. L'appréciation subjective de l'attention (y compris par l'intermédiaire de questionnaires *ad hoc*) est un élément permettant une suspicion raisonnable et déclenchant les investigations, mais qui ne peut en aucun cas constituer le diagnostic ;
- résulte d'une exploration neuropsychologique rigoureuse qui informe sur le *fonctionnement des différentes fonctions cognitives* domaine-dépendantes et modalité-dépendantes. Il faut être très prudent avec la passation *isolée* d'épreuves attentionnelles. L'échec à telle ou telle épreuve attentionnelle ne peut en aucun cas permettre de faire le diagnostic puisque l'attention s'applique forcément à une tâche cognitive particulière. Il est très important de s'assurer que ce n'est pas le *traitement du matériel* proposé qui pose problème à l'enfant. Les épreuves attentionnelles sont indispensables mais ne prennent sens *que* confrontées aux performances et au comportement de l'enfant dans différentes situations.

Évaluation des fonctions attentionnelles

Il faut pouvoir évaluer et confronter les performances de l'enfant en fonction ;

- des différentes composantes de l'attention (soutenue, sélective, divisée) ;
- de l'influence du matériel à mémoriser : auditivo-verbal et visuel/visuospatial ;
- de la situation d'apprentissage, de la résistance aux éventuelles interférences ;
- de l'influence du délai de restitution (immédiate ou différée).

Des tests[125] papier-crayon (ex. : TEA-Ch) ou informatisés (ex. : TAP, KiTAP[126]) ont été conçus dans cet esprit (tableau 5.3).

[125] Les tests cités reflètent le choix des auteurs et ne sont *que des exemples*.

[126] TAP et KiTAP sont développés par Psytest : www.psytest.net

Tableau 5.3. Différentes épreuves d'attention.

Fonction testée	Exemples d'épreuves
Attention sélective visuelle	– Tests de barrage : WISC-IV, NEPSY, test d2[127], test des 2 barrages de Zazzo – *Recherche dans le ciel* et Carte de géographie de la TEA-Ch – Figures enchevêtrées (DTVP-2)
Attention sélective auditive	Repérage d'un mot cible parmi l'audition d'une liste de mots (NEPSY) ou Coups de fusils dans la TEA-Ch (compter des sons cibles)
Attention divisée	Visuelle + auditive : TEA-Ch, *faire deux choses à la fois*; double consigne (NEPSY)
Attention soutenue	*Transmission de code* (TEA-Ch); CPT-II

Christopher, 10 ans, CM2

Suspicion initiale de dyspraxie au vu de troubles graphiques (*cf.* fig. 5.21) et de la dissociation verbale/performance au WISC-IV : indice de compréhension verbale (ICV) = 140, avec Similitudes, NS = 19; Vocabulaire, NS = 15; Compréhension, NS = 15; information, NS = 16 mais indice de raisonnement perceptif (IRP) = 96 avec Cubes, NS = 10; Matrices, NS = 10, Identification de concepts, NS = 9).

Conclusions de la TEA-Ch

Sur le plan attentionnel, il est retrouvé une *nette dissociation* entre ses capacités d'attention sur le plan auditif et sur le plan visuel au profit de ces dernières. Il est tout à fait capable de mettre en place une stratégie exploratoire efficace (en boustrophédon) dans une tâche d'attention sélective visuelle. Il est tout de même ralenti dans ce type de tâche car le maintien de la stratégie apparaît coûteux pour Christopher. L'agitation motrice est davantage présente dans les tâches d'attention auditive soutenue où il ne parvient pas à se mobiliser à bon escient.

Ainsi, à l'épreuve des Coups de fusil, il obtient un score très faible (4 % des enfants de son groupe âge obtiennent une note inférieure ou égale à la sienne). Il en est de même lors de l'épreuve d'attention divisée *Écouter deux choses à la fois*, où seuls 2 % des enfants son âge obtiennent une note inférieure ou égale à la sienne. Christopher est parasité par le contenu des histoires, il ne peut s'empêcher de faire des commentaires sur chacune et échoue à se concentrer sur le nombre de Coups de fusil; on note également une grande agitation lors de cette tâche (bouge les pieds…). Pourtant, paradoxalement Christopher est capable de réussir une double tâche et de rester concentré sur les stimuli auditifs *à condition* d'être occupé à traiter visuellement d'autres informations.

Ces indications sur les capacités de l'enfant dans les différents domaines attentionnels, et en particulier la dissociation entre capacités d'attentions auditive et visuelle, sera bien sûr exploitée pour concevoir des aides à la scolarisation chez ce jeune par ailleurs très doué sur le plan verbal.

D'autres épreuves ciblent un aspect particulier de l'attention, comme « test des deux barrages » (Zazzo, 1960), ou le test d2 (Brickenkamp, 1967) qui évaluent l'attention soutenue. À partir de 6 ans, le CPT-II informatisé[128] (*Conners'continuous performance test*) permet de juger des capacités d'alerte et de vigilance (l'enfant doit appuyer sur une touche lorsqu'une lettre donnée apparaît, durée de l'épreuve = 14 min).

Les épreuves qui permettent d'évaluer l'attention divisée comprennent toujours deux temps. D'abord, on s'assure que le sujet peut réaliser chacune des deux tâches séparément. Puis on lui demande de réaliser simultanément les deux tâches précédentes. On peut aussi inciter le sujet (consigne) à allouer toute son attention à l'une des deux tâches. Selon les protocoles, on peut évaluer le degré d'interférence entre les deux tâches ou la stratégie de répartition de l'attention selon les tâches. La performance peut être alors analysée selon deux critères : le ralentissement provoqué par la situation de double tâche par rapport à la situation de tâche unique, et le nombre d'erreurs commises.

127 Test d2, Éditions Hogrefe.

128 Conners CPT 3™ (*Continuous Perfomance Test*, 3e édition) et Conners CATA™ (*Continuous Auditory Test of Attention*). Ces tests sont développés et commercialisés par *Multi-Health Systems* (MHS).

D'autres épreuves attentionnelles figurent également de façon plus ou moins ponctuelle dans d'autres batteries composites (tests de barrage dans les échelles de Wechsler, barrage et attention auditive dans la NEPSY…). Il s'agit là d'indices pour engager l'enfant dans un bilan attentionnel plus complet.

Évaluation de la mémoire de travail (MT) (vidéo 13)

Elle est indispensable (chapitre 4). La MT est habituellement déficitaire puisque son fonctionnement est en effet très dépendant d'une part de l'attention (saisie des informations) et d'autre part de la gestion des items en MT (administrateur central, partie exécutive de la MT).

Il s'agit de choisir les éléments pertinents à conserver actifs en MT et d'organiser en permanence (en temps réel) :

- leur rafraîchissement pour éviter leur effacement trop précoce, avant que le travail cognitif ne soit achevé ;
- et leur mise à jour puisque le nombre d'éléments stockés en MT est faible. Ceci impose en permanence de « remplir-vider » la MT de façon pertinente en fonction des besoins liés à la tâche cognitive en cours (mise à jour de la MT).

Bien évidemment, de nombreuses épreuves (quel que soit leur nom ou leur finalité), non spécifiquement conçues pour juger de l'attention, nécessitent cependant une attention (sélective ± soutenue ± divisée) et/ou une mémoire de travail efficiente, pour la prise en compte de la consigne et la réalisation de la tâche.

Conclusion… provisoire

Les *conséquences scolaires,* qui concernent *tous* les domaines des apprentissages (et se manifestent par toutes sortes de dysgraphies/dyslexies/dyscalculies symptômes), sont malheureusement souvent évoquées sous la forme d'un « multidys- », pseudo-diagnostic qui ne permet aucune prise en charge adaptée et n'apporte aucune aide ni à l'enfant ni à sa famille ni aux enseignants. Ces répercussions dans les apprentissages sont les mêmes, que l'on parle de TDA/H ou de syndrome dys-exécutif.

Quel que soit le terme ou le contexte théorique dans lequel on comprend les TDA/H et/ou les troubles dys-exécutifs, les traitements médicamenteux, les prises en charge (rééducations psychomotrices et/ou cognitives), les aménagements et les adaptations scolaires, les conseils aux parents et aux enseignants sont également communs.

De nombreux auteurs (Berlin et al., 2004 ; Poissant et al., 2008 ; Brocki et al., 2010), dont nous partageons l'analyse, considèrent que les troubles de l'attention ne constituent pas une entité clinique distincte, mais sont partie intégrante des fonctions exécutives.

Si, *historiquement*, du fait de leur symptomatologie bruyante (en particulier lorsque coexiste une hyperactivité), les troubles de l'attention ont été repérés et étudiés comme une anomalie développementale intrinsèque, il apparaît désormais que les troubles de l'attention sont *secondaires à un défaut d'inhibition*.

En effet :

- les troubles de l'attention résultent d'un déficit d'inhibition des distracteurs, et/ou d'un déficit de la partie exécutive des fonctions attentionnelles (contrôle et gestion de l'attention) ;
- les enfants souffrant de TDA/H échouent à de nombreuses tâches exécutives. En particulier, Bouillet et al. (2011) montrent que l'épreuve du Stroop Légumes (test de Stroop adapté aux jeunes non lecteurs) constitue l'épreuve de choix pour distinguer de façon fiable les jeunes TDA/H de jeunes contrôles. Or, il s'agit là d'un test d'inhibition d'une réponse automatique, un test de référence pour le diagnostic de troubles exécutifs ;
- les jeunes avec TDA/H présentent des dysfonctionnements préfrontaux lors de tâches d'inhibition (Rubia et al., 2010).

C'est pourquoi nous considérons le TDA/H comme un symptôme orientant vers une pathologie (plus ou moins complète, plus ou moins intense) des fonctions exécutives.

Fonctions exécutives : aspects normaux et pathologiques

« Les multiples "outils de travail" dont dispose le bébé, l'enfant ou l'adulte, sont à tout moment susceptibles de s'y télescoper et d'entrer en concurrence. De ces mélanges naissent des erreurs, des biais et des décalages de performance inattendus. Quel puissant mécanisme évite ces mélanges dangereux ? L'inhibition cognitive. »

Olivier Houdé. *Pour la Science* 2001 n° 31

Processus exécutifs

On désigne sous ce terme les fonctions qui administrent, supervisent, gèrent, « exécutent », l'efficacité et la coordination de *toutes* les autres fonctions domaines-dépendantes, de *toutes les autres fonctions* cognitives (*cf.* fig. 5.1).

> « Le cortex préfrontal est vraisemblablement situé à la fin d'un processus qui analyse les éléments du monde pour aboutir à une décision, tel un groupe de jurés qui fait la synthèse des éléments du dossier pour aboutir, après un processus de délibération, à un jugement ».
>
> Alain Berthoz. *La décision*. 2003

Cependant de nombreuses situations, *automatisées ou routinières*, ne réclament ni attention consciente, ni contrôle inhibiteur. Il en est ainsi de la plupart des perceptions, de la réalisation des gestes habituels, des opérations mentales automatisées, des acquisitions et mémorisations implicites.

Dans ces situations, les fonctions exécutives interviennent peu (ou pas du tout).

Les fonctions exécutives sont requises au contraire chaque fois :

- que le sujet doit faire face à une situation *nouvelle* ;
- qu'une action sensorimotrice ou cognitive n'est pas, ou pas encore, automatisée : *situation d'apprentissage, situation de dys-* ;
- qu'il faut résoudre *un problème* (au sens large), initier une stratégie inédite, prendre une décision (choisir), en anticiper les implications puis juger de son résultat.

Ayant déjà largement abordé l'attention (*cf. supra*) et la MT (chapitre 4), nous nous centrons maintenant sur les processus propres aux fonctions exécutives. Ces processus, régulant l'ensemble de la cognition, reposent essentiellement sur un mécanisme fondamental, l'inhibition. Nous ne reviendrons pas sur les causes connues ou probables de ces troubles, déjà traités *supra* sous le vocable de TDA/H.

Les fonctions exécutives s'appuient sur deux grands mécanismes : inhibition et planification.

Inhibition

Inhiber, c'est dire *non* à certains stimuli, ne pas les traiter. C'est *arrêter un geste*, une idée, de façon à permettre la poursuite d'une action, d'une stratégie, d'une réflexion, de la réalisation d'une tâche (sensorimotrice ou cognitive[129]) ou l'engagement dans une autre action, une autre idée.

Notons d'ailleurs les liens étroits entre attention sélective et inhibition. Lorsque nous avons évoqué antérieurement l'aspect distractibilité dans les fonctions attentionnelles, il s'agissait bien déjà en fait de l'inhibition (exécutive) des stimuli non pertinents.

L'inhibition est un mécanisme régulateur général des comportements, tant cognitifs que sensorimoteurs. Il s'agit de processus *actifs*, cognitivement coûteux (« charge mentale »), par conséquent fatigants.

Planification

Il s'agit de planifier *dans le temps* une succession d'étapes, en vue de la réalisation d'un but.

Cela suppose la conception, la sélection et l'application de stratégies adéquates et variées, fonction

[129] « Une opération de traitement est qualifiée de sensorimotrice lorsque l'environnement en est la source principale (informations déclenchantes et lieu du déploiement de l'action). Une opération est qualifiée de cognitive lorsque son référent en est la représentation interne mémorisée, qui devient source des signaux mobilisateurs et régulateur de l'action » (Camus, 1996).

de la tâche à effectuer, du résultat à obtenir et des contraintes locales et/ou momentanées. Une stratégie implique une suite d'actions (motrices et/ou cognitives) qui doivent être planifiées dans leur chronologie (succession dans le temps des différentes séquences).

Les fonctions exécutives concernent également la capacité à anticiper, à créer, à imaginer (une nouvelle approche, des conséquences inédites) puis à juger de l'écart entre les anticipations et le résultat obtenu.

Toute tâche met en jeu l'intégralité des fonctions exécutives

Par exemple, pour un jeune enfant (environ 4 ans), faire une nouvelle construction avec des briquettes, par exemple, une maison, suppose :

- la capacité à *imaginer* ce *nouvel* assemblage de briquettes ; une représentation et une anticipation du *but* ;
- le *maintien* de cette représentation tout au long de la réalisation des sous-buts (faire les murs, placer une porte, le toit…) jusqu'à finalisation, ce qui nécessite des *mises à jour de la MT* ;
- la conception d'une *stratégie* (commencer par les murs et non par la cheminée !) : *planification* de séquences ordonnées dans le temps ;
- la *résistance aux interférences* (la mise en place des premiers éléments peut faire évoquer une tour, ou un train, que l'enfant a l'habitude de réaliser et qui ne demandent que peu ou pas de contrôle) ;
- la *résistance aux distracteurs* (sa petite sœur l'appelle ; la télévision allumée présente une publicité attrayante…), et ce, durant toute la durée de la réalisation ;
- la comparaison, à tout moment, entre le sous-but en cours et le but global, final ; puis la comparaison entre le résultat final et le projet initial (*évaluation*), ce qui pourra éventuellement déboucher sur la conception d'ajustements, modifications, ajouts (correctifs).

L'âge de l'enfant (ou son niveau d'intelligence générale, facteur g) détermine le niveau d'efficience des stratégies dont le sujet peut disposer, qu'il peut maîtriser et évoquer (*cf.* fig. 5.1). En retour, ses capacités d'inhibition et de flexibilité mentale en déterminent la mise en œuvre de façon pertinente et adaptée, autorisant la résolution de problèmes (au sens large) et des performances cognitives concordantes avec les exigences de son environnement.

Développement des fonctions exécutives[130]

L'inhibition est un phénomène majeur et constant dans la maturation et la régulation des fonctions intellectuelles. O. Houdé a ainsi pu écrire « grandir, c'est inhiber ».

En effet, le développement ne se manifeste pas seulement par la progression, l'enrichissement ou l'adjonction de nouvelles capacités. Il repose également (ou surtout ?) sur l'inhibition – de plus en plus performante, de plus en plus sélective, de plus en plus pertinente – des comportements ou conduites antérieurement acquis, plus ou moins automatisés, routiniers ou asservis à l'environnement (réactions d'orientation et attention exogène, routines sensorimotrices ou intellectuelles résultant d'expériences sensorimotrices ou cognitives répétées).

C'est cela qui autorise des performances de plus en plus précises et adaptées, originales et pertinentes dans tous les secteurs de la vie intellectuelle et dans toutes ses manifestations (jeux, réalisations, comportements, réflexions, apprentissages).

En situation écologique : aspects comportementaux

Les bébés de 8–10 mois peuvent interrompre ou arrêter momentanément une action en cours sur consigne (« arrête ! », « non ! »). Dès 12 mois, dans la tâche dite « A-non-B », les enfants peuvent inhiber la réponse antérieurement apprise, prépondérante, pour aller chercher l'objet caché en B.

Les épreuves piagétiennes : la tâche « A-non-B »

Au vu de l'enfant, on cache un objet motivant d'abord en A puis en B (aussi facilement accessible) : l'enfant de 8–9 mois, qui sait retrouver l'objet caché s'il n'y a qu'une seule cachette (A), continue à ne rechercher l'objet qu'en A, et ce jusque vers l'âge de 1 an, comme si la succession des deux cachettes désorganisait son activité.

[130] Le développement des fonctions attentionnelles d'une part, celui de la mémoire de travail d'autre part (chapitre 4) sont traités respectivement dans les chapitres correspondants.

Selon O. Houdé (Houdé et Leroux, 2013), il ne s'agit pas d'un défaut d'élaboration de la permanence de l'objet (celle-ci serait en place dès 4–5 mois), si l'on prend soin de proposer des dispositifs adaptés (Baillargeon, 1987), mais de la mise en route non pertinente d'une routine déclenchée par la situation (réponse programmée, antérieurement apprise : chercher sous le cache A) et l'impossibilité, jusque vers 12 mois d'*inhiber* cette première réponse.

Entre 1 et 5 ans, les capacités d'inhibition croissent régulièrement. Cela se traduit, entre autre, par la capacité grandissante à *différer* la prise d'une récompense afin d'en recevoir une plus grande (*cf.* « test du marshmallow[131] » [Mischel, 1972]).

Entre 3 et 7 ans, d'autres importants progrès sont observés à des tâches de contrôle de l'interférence (type « Stroop »), ce qui rejoint les progrès majeurs en contrôle attentionnel observés durant cette période.

Ces progrès se poursuivent régulièrement, linéairement, jusqu'à l'adolescence (13–15 ans selon les tâches d'inhibition).

En situation d'évaluation : les tests

On connaît mal le développement des processus sous-jacents aux différentes formes que prend l'inhibition dans l'économie cognitive de l'enfant. Cependant, on connaît bien l'évolution chronologique de la réalisation de certaines tâches paradigmatiques de ces différentes manifestations des fonctions exécutives.

Exemple de tâches dites « à conflit » : l'épreuve « nuit/jour » (Gerstadt et al., 1994)

Ces épreuves se déroulent toujours en deux temps : une première session de contrôle (on suscite et/ou l'on vérifie que l'automatisme testé est bien acquis), puis l'épreuve proprement dite qui suscite un conflit et réclame l'inhibition de l'automatisme précédemment mis en œuvre.

Ici, l'enfant (3 ans ½–7 ans) est entraîné à dire *jour* quand on lui montre une image avec un soleil, et *nuit* quand on lui présente celle avec la lune et des étoiles (épreuve contrôle, entraînant l'automatisme d'appariement mot/image). Il doit ensuite (épreuve à conflit) dire l'inverse (*jour* lors de la présentation de l'image de la lune, et *nuit* devant celle du soleil).

Ces tâches peuvent être proposées chez les petits. Diamond et Taylor (1996) (fig. 5.10) montrent une progression régulière avec l'âge, à partir de 4 ans. Plus tôt, les résultats sont d'interprétation difficile : incapacité à résister à l'interférence, ou difficulté à maintenir en mémoire les deux règles d'association (soleil/nuit et lune/jour) ?

Pour évaluer les capacités des plus petits (3–4 ans), Carlson et Moses (2001) ont utilisé une version dite « herbe/neige » dans laquelle les enfants doivent désigner du doigt (et *non énoncer* la réponse conflictuelle) une carte blanche quand l'examinateur dit *neige* et une carte verte lorsqu'il dit *herbe* et bien sûr l'inverse en situation interférente (herbe → montrer la carte blanche ; neige → montrer la carte verte) : les capacités des enfants à résister à l'interférence augmentent régulièrement entre 3 et 4 ans.

Exemple de tâche à conflit : le Stroop

Le test de Stroop (Stroop, 1935) demande au sujet d'énoncer le nom de la couleur avec laquelle est écrit un nom de couleur : il doit donc inhiber l'automatisme irrépressible qui consiste à lire le mot (ex, **rouge** : il faut dire /bleu/).

Prevor et Diamond (2005) utilisent, chez des enfants de 3 ans ½–6 ans ½, un Stroop Objet : il s'agit d'objets familiers présentés dans leurs couleurs canoniques (ex. : carotte rouge-orangée ; condition contrôle) ou non congruentes (ex. : carotte verte ; condition interférente).

Pennequin et al. (2004) construisent un Stroop Image utilisable chez les enfants non (ou mauvais) lecteurs (à partir de 7 ans), dans lequel il y a incongruence entre la taille de dessins d'animaux et leur taille réelle : le traitement perceptif étant plus rapide que le traitement sémantique, cela crée une interférence. L'enfant, en condition conflictuelle, doit toujours donner la taille réelle de l'animal (réponses : petit, moyen, grand). On note une amélioration régulière des scores

[131] Article à ce sujet consultable sur : http://www.businessweek.com/articles/2012-10-17/what-does-the-marshmallow-test-actually-test.
Vidéo:The Marshmallow Test (www.youtube.com/watch?v=QX_oy9614HQ)

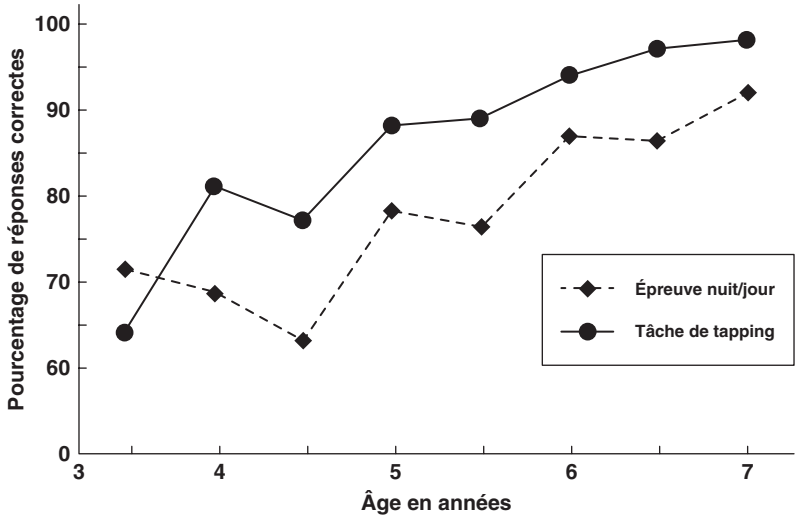


Fig. 5.10. Réussites à une tâche d'inhibition des automatismes (tâches à conflit, en fonction de l'âge).
Progression quasi-linéaire entre 4 ans ½ et 7 ans. *Source : Diamond A, Taylor C. Development of an aspect of executive control : development of the abilities to remember what I said and to "Do as I say, not as I do." Dev Psychobiol 1996 ; 29 : 315–34.*

d'interférence avec l'âge. L'évolution à partir de 7 ans est régulière et les effets de l'inhibition plus importants (plus visibles) qu'avec le Stroop original.

Exemple d'épreuve de flexibilité mentale : tris de carte

La flexibilité mentale est la capacité à changer de point de vue sur une même tâche ou un même matériel. À travers une épreuve de tri de cartes, on peut suivre l'évolution des capacités de l'enfant à changer de critère. L'enfant de 2–3 ans peut appliquer une règle et trier des cartes en fonction d'une dimension initiale. Mais vers 4 ans, il peut envisager le lien entre deux règles incompatibles, comme les formes *versus* les couleurs. Il peut dès lors basculer d'une règle à une autre, c'est-à-dire changer de point de vue.

Il y a un très fort développement de la flexibilité cognitive entre 3 et 4 ans.

Les routines mentales et les opérations logiques selon Piaget : l'inclusion

On présente à l'enfant (8–11 ans) un bouquet de fleurs constitué – par exemple – de N roses et 3 N bleuets. On interroge : « Y a-t-il plus de bleuets ou plus de fleurs ? » ; on sollicite ainsi une réponse qui nécessite d'abord d'inhiber « l'évidence perceptive » que les bleuets sont plus nombreux (… que les roses !). Après s'être assuré que l'enfant (7 ans ½–9 ans) concevait bien qu'« il y a plus de fleurs » (que de bleuets) car les bleuets sont un sous-ensemble de la catégorie « fleurs », on demande alors à l'enfant (épreuve d'inclusion « modifiée ») : « Que faudrait-il faire si on voulait avoir plus de bleuets que de fleurs ? ». La formulation : on veut « plus de… » active alors *automatiquement* la représentation de l'addition qui, en l'absence d'inhibition, induit la réponse : « Il faut ajouter (…des bleuets !) », et ce chez un enfant qui, quelques minutes auparavant, pouvait argumenter avec pertinence sur l'inclusion des bleuets dans la catégorie des fleurs. Ainsi, l'évolution des « stades » logiques de l'enfant (au sens de J. Piaget) serait en fait sous l'étroite dépendance de la maturation des capacités exécutives. Ou même… ces capacités logiques seraient présentes très précocement mais inobservables car *masquées* par les réponses *rigides* et impulsives liées à l'immaturité préfrontale : la lente maturation des voies de contrôle, d'inhibition, de flexibilité et de stratégie permettrait alors le dévoilement progressif des compétences logiques sous-jacentes.

Les études utilisant le WSCT (classement de cartes selon divers critères, *cf.* fig. 5.17) chez des enfants de 6 à 12 ans (Chelune et Baer, 1986) indiquent que, entre 6 et 10 ans, les performances des enfants croissent régulièrement (nombre de catégories réussies, capacité à changer de critère) et vers 10 ans, les enfants ont des performances comparables à celles des adultes. Plus récemment, Huizinga et van der Molen (2007) examinent les résultats de sujets de 7, 11, 15 et 21 ans. Ils mettent en évidence une évolution différenciée de deux processus sollicités par le WSCT, la flexibilité d'une part, le maintien de la consigne d'autre part (il faut réussir dix essais successifs avec un critère donné). La flexibilité est acquise vers 11–12 ans, alors que le maintien de l'activité n'atteint sa capacité maximale qu'à l'adolescence (15–16 ans).

Exemple d'épreuve de planification : les labyrinthes

Le développement des stratégies est difficile à explorer avant 6–7 ans. La réalisation de labyrinthes (ex. : labyrinthes de Portéus, 1951) nécessite de concevoir des détours, voire de s'éloigner momentanément de sa cible pour mieux l'atteindre ensuite (*cf.* fig. 5.27). Il faut aussi simultanément inhiber la réponse impulsive consistant à rallier le but d'un trait direct en franchissant tous les couloirs. Ces stratégies élaborées se mettent en place très progressivement à partir de l'âge de 5–7 ans (*cf.* étalonnage de ces tests).

De même, la capacité de résolution de problèmes et de planification d'une stratégie complexe, peut être jugée par exemple à partir de 6–7 ans avec de l'épreuve de la Tour de Londres (*cf.* fig. 5.19).

Dans tous les cas, on observe une progression linéaire avec l'âge.

Synthèse

Les fonctions exécutives se développent très régulièrement avec l'âge, atteignant pour certaines leur maximum dès 12–13 ans. Cependant, certains processus atteignent un niveau « mature » plus précocement (dès 7 ans), alors que d'autres (en particulier ceux nécessitant le maintien d'une activité cognitive impliquant de façon prédominante la gestion de la MT) n'atteignent leur niveau plafond qu'en toute fin d'adolescence (tableau 5.4).

Tableau 5.4. Évolution des performances à différentes épreuves en fonction de l'âge*.

Processus	Test/Paradigme	Effets liés à l'âge
Inhibition	Statue	Maturité environ 6 ans
	Attention visuelle (*filtrage*)	Maturité environ 10 ans
	Go/non go (*blocage*)	Progrès entre 7 et 9 ans Maturité à 9 ans
Flexibilité	Fluence verbale	Maturité vers 11–12 ans
	Fluence figurale	Maturité entre 11 et 15 ans
	Trail Making Test (TMT)	Maturité entre 8 et 12 ans
	Alternance de jetons	Maturité vers 8 ans
	Alternances séries graphiques	Progrès entre 6 et 10 ans Maturité vers 10 ans
Planification	Tour de Londres	Progrès entre 7 et 13 ou 15 ans Maturité à 11–13 ou 15 ans (selon les auteurs)
	Tour de Hanoï	Maturité vers 6 ans pour 3 disques Progrès entre 8 et 12 ans pour 4 disques
	Figure de Rey	Progrès entre 4 et 9–12 ans Maturité vers 12–15 ans (selon les auteurs)

* Tableau inspiré de Roy (2007).

Syndrome dys-exécutif

Symptômes généraux (vidéo 14)

Le défaut d'inhibition constitue le symptôme central du syndrome dys-exécutif[132]. Ce diagnostic émane de la constatation de deux lignées de symptômes : comportementaux et psychométriques (les résultats aux tests pertinents situent l'enfant de – 1,6 à – 2 DS de la norme).

Il se manifeste sous diverses formes, diffusant dans l'ensemble des secteurs cognitifs, se traduisant par :

- l'*asservissement à l'environnement* : distractibilité exogène, écholalie, échopraxie, « aimantation », tripotage ;
- l'*impulsivité* et l'irruption des automatismes ou de routines antérieurement apprises ;
- les *persévérations* gestuelles, graphiques, verbales ; le défaut de flexibilité mentale, avec persévérations idéiques et raisonnementales ;
- le *trouble du choix* et réponse de type « n'importe quoi » ;
- l'incapacité à planifier et maintenir une *stratégie*.

Asservissement à l'environnement

L'enfant ne peut se soustraire aux stimulations environnantes, qui le parasitent en permanence et s'imposent à lui. Cette distractibilité exogène s'accompagne d'une *difficulté au désengagement* attentionnel, qui se traduit par une certaine viscosité, voire une *aimantation* aux éléments présents dans son environnement.

Ces phénomènes sont observables à partir de stimuli environnementaux interférents, provoquant des comportements caractéristiques :

- répétition des derniers mots de l'interlocuteur (ou d'un mot entendu à la radio, ou dans le couloir, etc.) réalisant l'*écholalie* ;
- imitation puis répétition immotivée d'un geste ou fragment de geste de son vis-à-vis (*échopraxie*) ;
- reproduction de dessin, figure, graphisme ou construction en superposition du modèle réalisé par l'examinateur (phénomène de *closing-in,* fig. 5.11), l'enfant ne parvenant pas, même sur injonction, à s'en détacher, à s'en éloigner, à reproduire dessous ou à côté du modèle. Il revient irrésistiblement *sur* le modèle qu'il déconstruit ou abîme ;
- le *tripotage* incessant et irrépressible de tout matériel situé dans l'espace de préhension, visuel ou manuel (sans projet) en est une manifestation fréquente, traduisant une véritable *aimantation* incontrôlée pour tout matériel (visuel, auditif) à portée. On l'observe aussi lors d'épreuves ou de tâches qui nécessitent la manipulation de matériel (jetons, cubes, plaques logiques) : l'enfant tripote le matériel, le déplace, le pose, le reprend, le fait tomber, le ramasse, le tripote de nouveau… Si on lui demande d'arrêter, l'enfant s'exécute, souvent au prix d'un effort visible, mais le tripotage reprend très rapidement, irrésistible.

Cela conduit à proposer à ces enfants des environnements dépouillés, limitant au maximum l'irruption et l'*adhérence* aux distracteurs : travail

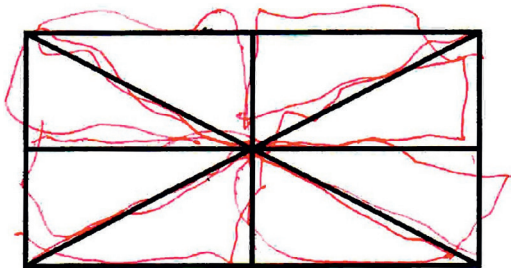


Fig. 5.11. Étienne, 6 ans.
Reproduction du drapeau *par-dessus* le modèle (*closing in*).

[132] Un certain nombre d'enfants ont des difficultés exécutives d'un autre ordre. Il ne s'agit plus d'un défaut de filtre des stimulations de l'environnement mais d'un *excès* de filtre responsable : d'un apragmatisme, d'une akinésie, d'une apathie, d'un manque d'intérêt apparent et d'initiative (dans tous les domaines), d'une réduction+++ de toutes les productions (langagière, gestuelles…). Deux cas cliniques d'enfants présentant un excès d'inhibition sont particulièrement développés dans : Gaie et al. Dyspraxies et troubles non-verbaux. Faire avec la complexité : études de cas. Paris : Elsevier Masson ; 2014. p. 109–117.

en individuel (ou en très petit groupe), salle sans matériel ni affichages, table rase…

Impulsivité

Il s'agit d'une manifestation un peu différente, mais résultant toujours des mêmes mécanismes : l'enfant ne peut attendre la fin de la consigne, ne prend aucun temps de réflexion. Il « se jette » sur le matériel (fig. 5.12), donne sa réponse avant de connaître la question, désigne le premier élément qui tombe sous son regard, prend celui qui est à portée de main, travaille toujours dans la précipitation et la fébrilité.

Facilement distrait, bavard, agité, il « n'arrête pas » une minute. Il fatigue l'entourage, ne produit rien de constructif, fait et dit « n'importe quoi » en fonction des sollicitations nées de l'environnement ou au moment « où cela lui passe par la tête ».

- *Les épreuves dites de « go/non go »* permettent d'évaluer cette impulsivité. Des jeux tels « Jacques a dit », « ni oui, ni non », « 1-2-3 soleil » font appel à cette *capacité de « ne pas »* (ne pas dire, ne pas faire, ne pas bouger) en fonction de la consigne ou de la situation, alors qu'à d'autres moments, il est légitime et même souhaitable de… dire, faire, bouger.
- *Beaucoup de tests, d'épreuves, de bilans sont ratés dans des domaines variés.* Toutes les réponses semblent dues au hasard, et l'on ne sait plus si cet enfant agité doit être qualifié d'hyperactif, anxieux, opposant ou… déficient !
- *Pourtant*, et c'est en cela que consiste la spécificité de son comportement, on est frappé par le fait que, si l'on contient son activité désordonnée et stérile, si l'on n'accepte pas sa première réponse, *alors* la seconde réponse s'avère être *systématiquement* exacte. Très rapidement on acquiert ainsi la conviction que ces réponses *retardées*, très souvent justes, ne sont pas dues au hasard. Au-delà de la réponse impulsive *qui le parasite*, on trouve alors la preuve que l'enfant non seulement a compris la consigne et qu'il ne refuse pas la tâche, mais qu'il raisonne étonnamment bien.

Il *subit* l'impulsivité et ces interférences sans pouvoir les contrôler.

Persévérations

C'est aux mécanismes inhibiteurs que l'on rattache la capacité de *stopper* une tâche, de *ne pas adhérer* à un stimulus, de pouvoir *s'en détacher* pour porter attention à un autre ou au suivant (alternances). Toute tâche suppose la conception et la réalisation d'une succession d'opérations : l'*arrêt de l'opération en cours, arrivée à son terme,* est indispensable au lancement de la suivante.

En l'absence de ce mécanisme régulateur, la répétition inadaptée et sans but (d'une action, d'une idée, d'un mot…) constitue une persévération. Les persévérations sont très caractéristiques, quasi pathognomoniques d'un syndrome dys-exécutif.

Il s'agit fréquemment de la réitération d'un élément *initialement pertinent* pouvant s'observer *dans tous les domaines* (*cf.* fig. 5.15 et fig. 5.25).

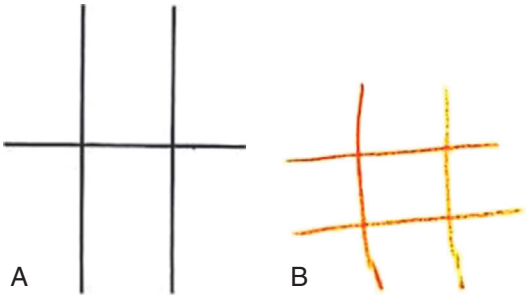


Fig. 5.12. Impulsivité et persévération en copie de figure.
Nordine, 14 ans, en 4e – Dyslexie/dysorthographie : lecture < 10e centile et graphisme : vitesse supérieure à la norme avec impulsivité. WISC-IV : Similitudes, NS = 12 ; Cubes, NS = 13 ; Identification de concepts, NS = 12 et Mémoire des chiffres, NS = 7.
A. Modèle. B. Copie de figure : persévération, impulsivité et rapidité +++.

L'arrêt des persévérations réclame un effort cognitif important. Il est recommandé de *stopper* ces persévérations dès qu'elles apparaissent.

NB. Elles se distinguent des stéréotypies par plusieurs critères :

- la première occurrence (de la réponse, du geste, etc.) est initialement motivée ;
- elles *parasitent le sujet*, qui est soulagé si on les interrompt ;
- l'inhibition de la persévération par l'examinateur permet souvent la reprise ou la continuation correcte de l'activité.

Choix multiples

Enfin, souvent les épreuves nécessitant une réponse choisie parmi un *choix multiple* sont ratées. L'enfant désigne (ou nomme) *toutes* les possibilités offertes, ou en prend une dont le choix paraît s'opérer au hasard, et la répète de façon irréfléchie et immotivée (persévérations).

Exemple : épreuve de reconnaissance de dessins non dénommables, extrait de la BEM 144 (J.-L. Signoret)

Après avoir montré à Ambre (10 ans), 24 planches comportant chacune un dessin non dénommable, on lui demande de reconnaître parmi quatre dessins, chaque dessin précédemment présenté (familiarité).

Les trois premières réponses se sont avérées exactes, puis l'enfant a commencé à désigner systématiquement, sur toutes les planches suivantes, le dessin n° 4 (on a le sentiment qu'une autre fois, elle aurait pu tout aussi bien se fixer sur la réponse n° 1).

Dans ces cas, la cotation, la notation de l'épreuve n'a pas de sens, et l'enfant ne peut être jugé pour ses capacités mnésiques visuelles : les réponses justes n'ont pas la valeur d'une reconnaissance (pour un nombre donné d'items, le dessin n° 4 constitue par hasard la bonne réponse), et les réponses fausses non plus, puisque l'enfant n'analyse pas l'ensemble des quatre possibilités.

En revanche, une pathologie dys-exécutive peut être soupçonnée devant un tel comportement, et le bilan est réorienté en ce sens.

Or, beaucoup d'épreuves langagières, mnésiques, visuo-practo-spatiales et beaucoup de tests psychométriques font appel à des réponses en choix multiple.

L'objectif explicite de ces épreuves n'est pas de juger des qualités de contrôle, d'intégration, d'organisation, de planification des enfants. Ils ont été conçus dans un tout autre but (évaluer la compréhension verbale, l'étendue du vocabulaire, la discrimination phonologique, les capacités de catégoriser, la mémoire). Le choix multiple est alors pensé comme une simplification pour l'enfant (et pour l'examinateur).

En cas de syndrome dys-exécutif (patent ou suspecté), si l'on veut disposer de quelque renseignement fiable sur les capacités des enfants dans certains domaines cognitifs, il faut alors *éliminer le problème du choix* au niveau de la réponse. Il faut présenter les réponses une à une à l'enfant, en lui demandant à chaque fois une réponse par «oui» ou «non», pour juger de ses réelles performances dans la tâche considérée. L'épreuve ne peut alors bien évidemment pas être cotée, mais cela donne des renseignements irremplaçables sur le fonctionnement cognitif de l'enfant, ses points forts et ses points faibles.

Troubles de la planification, stratégies

Nous regroupons sous cette appellation des symptômes qui se manifestent lorsque la tâche, sensorimotrice[133] ou cognitive, requiert la capacité de gérer un ensemble de données et nécessite de planifier une succession d'opérations *dans le temps*. Ces fonctions sont sollicitées chaque fois que le sujet doit élaborer des tâches complexes, nécessitant de générer des plans comportant plusieurs étapes.

Cela implique :

- la capacité à maintenir en mémoire de travail les sous-buts et le but final ;
- la *flexibilité cognitive* mentale. C'est la capacité à changer de stratégie, de procédure, de point de vue, à passer d'une activité à une autre, à modifier son focus attentionnel en fonction des circonstances (*cf.* les opérations dites de *schifting*[134] ou de *switching*[135]). Elle nécessite

[133] *cf.* note nº 129 p. 244.

[134] Déplacement.

[135] Changement.

aussi d'inhiber des procédures habituelles ou précédemment mises en œuvre, mais non efficaces dans *cette* situation. C'est une capacité adaptative fondamentale, qui permet souplesse et ajustement à la tâche, à l'environnement, aux autres.

Les épreuves qui jugent de ces capacités consistent en problèmes nécessitant une succession d'étapes pour leur résolution : tour de Londres ou de Hanoï, cubes de Kohs, figure de Rey (*cf.* fig. 5.28), problèmes de la vie quotidienne ou problèmes mathématiques, jeux de construction, de dames, d'échecs, de cartes…

Synthèse

Rigidité mentale, persévérations, déficit d'inhibition (des distracteurs, des interférences), impulsivité, trouble de la planification… sont différentes facettes, d'un même trouble : le syndrome dysexécutif. *Le potentiel de l'enfant est gravement sous-estimé, masqué par la diffusion du trouble dys-exécutif.*

Certes l'enfant a besoin d'aide pour maintenir son attention, pour organiser les différentes séquences raisonnementales, pour inhiber les persévérations et l'impulsivité, *mais il est loin d'être sans compétence dans tous les domaines.*

Le véritable défi du bilan sera :

- de mettre à jour ses compétences préservées ;
- *et* de spécifier dans quelles conditions elles sont exploitables (pour la vie quotidienne et/ou les apprentissages).

Nous allons décrire plus précisément comment ces symptômes généraux se manifestent dans les divers secteurs cognitifs.

Répercussion dans le langage

Les troubles sont sensibilisés dans deux situations : les épreuves d'évocation sur un thème imposé (épreuves de fluence verbale) et les récits.

Persévérations

Elles sont particulièrement flagrantes dans les *énumérations* à l'intérieur de champs sémantiques restreints (champs lexicaux fermés, comportant une liste limitative de mots).

Persévérations verbales : exemples

- On demande à l'enfant (Garance, 11 ans) d'énumérer les jours de la semaine : « Lundi, mardi, jeudi, vendredi, jeudi, vendredi, jeudi, vendredi…, dimanche, jeudi, vendredi, mardi, jeudi, vendredi, jeudi… ». C'est l'examinateur qui arrête l'enfant, dont on pense qu'elle peut continuer ainsi indéfiniment (noter les persévérations sur le couple jeudi/vendredi).
- On peut aussi voir des persévérations *induites par les aspects phonologique*. Souléman, 8 ans (consigne : finir la phrase) :
Le paysan laboure son… → « tambour ». Je mange une tablette de… → « galette ».

Les épreuves de fluence sémantique (énoncer le maximum de noms d'animaux, ou d'aliments… en 1 minute) suscitent particulièrement ces persévérations.

L'irruption de *séries automatiques* peut aussi entrer dans ce cadre. L'évocation d'un des éléments appartenant à une série automatisée déclenche irrésistiblement le déroulement de l'ensemble de la liste à laquelle le mot cible appartient par ailleurs.

Exemple : Sacha, 8 ans

- À quel étage habites-tu ? « Au 3… 3 - 4 - 5 - 6 ».
- Quels sont les jours où il n'y a pas d'école ? « Mercredi, samedi, dimanche… lundi, mardi, mars, avril, mai ».

Diffluences (vidéo 14)

On désigne sous le terme de « diffluence » une propension exagérée aux *associations d'idées*, qui s'enchaînent l'une l'autre, à tel point que le locuteur ne peut maintenir le fil de son discours ou perd la consigne initiale.

Les épreuves de fluence verbale sont ratées de façon particulière : l'enfant ne peut se cantonner au thème qui lui a été imposé ; il dérive systématiquement vers *des sujets proches* par association d'idées.

Exemple de diffluences par association d'idées

Fluences sémantiques sur le thème des animaux

- Gaëtan, 10 ans : « Poule, tortue…, vache, taureau…, taureau… *gémeau, balance…* ». Ce glissement des noms d'animaux aux signes du zodiaque est particulièrement inattendu !
- Noah, 9 ans ½ : « dauphin, baleine, requin, pingouin… *igloo, esquimau, banquise* ».

Une épreuve intéressante (Junior Hayling test [Shallice et al., 2002]) permet de juger de la capacité de l'enfant à inhiber ces associations d'idées automatiques. Il s'agit de compléter des phrases avec un mot non congruent, un terme qui ne soit justement pas celui attendu. Exemple : « les poules pondent des… » : il faut dire n'importe quoi *sauf* le mot *œufs*, qu'il faut inhiber.

Quelquefois, les liens entre les thèmes successifs sont perceptibles par l'interlocuteur, mais parfois ils sont complètement opaques : le discours semble alors truffé de « coq-à-l'âne ». Au pire, il est *incohérent*.

Exemple de récit

Steven, 8 ans – Le petit chaperon rouge

« C'est une fille, une petite fille. Elle va dans la forêt, sa mère lui avait dit que non, de faire attention. Elle y va et y' a le loup… Le loup… Il souffle, il souffle… heu… c'est tout ! ».

On perçoit dans ce bref récit la fuite des idées et le glissement de l'histoire du « petit chaperon rouge » à celle « des trois petits cochons ».

Cela peut être évident dès les premiers échanges conversationnels. L'enfant est hyper-fluent, *logorrhéique*. Il n'y a aucun trouble phonologique, ni prosodique, *aucune déviance linguistique* au sens où nous l'avons défini précédemment (chapitre 2), ni lexicale ni syntaxique. Pourtant il est difficile ou impossible de suivre le fil du récit : les *parenthétisations successives*, les diffluences emboîtées, les irruptions inadaptées de nouveaux thèmes brouillent la communication.

Certains classent ce trouble parmi les dysphasies (« dysphasie sémantique-pragmatique » également appelée de façon imagée « *cocktail party syndrome* »). Pour nous, il s'agit de la diffusion dans la sphère langagière d'un syndrome dys-exécutif.

C'est généralement en ces termes que l'on décrit la communication verbale : « il dit n'importe quoi » ; « il parle bien, mais on ne comprend rien » ; « ça n'a ni queue ni tête » ; « il parle tout le temps, il dit tout ce qui lui passe par la tête ». L'enfant bavard, sans trouble intrinsèque de la compétence linguistique mais peu (ou pas) informatif, ne peut transmettre de message précis, relater une histoire de façon cohérente.

Les récits peuvent être déstructurés, méconnaissables, incohérents. Tout concourt à la désorganisation de l'histoire : l'absence de lien entre les événements (causaux ou chronologiques), l'irruption de thèmes associés dans l'idée ou le vécu de l'enfant, la fuite des idées, les persévérations.

Exemples de récits

Pierre, 7 ans – Le petit chaperon rouge

« C'est l'histoire d'un petit chaperon rouge, qui allait… qui allait faire les courses, et puis, elle a dit *Je veux du Nutella* mais y'en avait plus, et puis… et puis le loup… alors, ils ont couru, couru… pour faire les courses…, et puis c'est tout ».

- L'examinateur : « Mais, il lui arrive quelque chose, au loup ?
- P. : Il tombe dans la cheminée.
- L'examinateur : Et la grand-mère ?
- P. : Il la mange… il mange la grand-mère, mais le loup… dans la forêt, y'a le chasseur… le chasseur, il se promène… et puis… il va faire les courses, acheter du Nutella… et puis c'est tout. »

Colin, 9 ans, en CE2 – Récit spontané d'un film d'aventures vu la veille à la télévision

« Y'en avait un gros… il chassait; y'en avait un qui crevait les pneus; l'autre, il a dit… C'était l'anniversaire de sa mère… Ils ont plongé dans le fleuve… Avant, ils se sont bagarrés avec le boxeur… il voulait (ils voulaient ?) pas qu'il le tue. Moi c'est pareil, les hippopotames, j'suis d'accord. Alors ils ont fait la bagarre. Et puis c'est tout. »

Il s'agit d'un récit incohérent pour qui ne connaît pas l'histoire. Or il y a de nombreux éléments qui font effectivement partie du scénario (chasse à l'hippopotame, conflits entre deux héros, l'un crevant les pneus du véhicule de l'autre, scènes de bagarres…), mais leur retransmission « dans le désordre », transforme l'histoire en une succession de phrases décousues.

Ces récits sont à comparer avec ceux d'un enfant dysphasique (trouble spécifique, intrinsèque, du développement du langage), très réduits, au style agrammatique, mais combien plus informatif, respectant malgré ses difficultés un scénario cohérent repérable (*cf.* chapitre 2 et vidéo 07).

« Viscosité » expressive

Paradoxalement eu égard à la logorrhée en langage *spontané*, on observe simultanément une grande pauvreté des productions en situation de « contrainte linguistique ».

Exemple : Nadine, 6 ans, en grande section de maternelle

Langage oral spontané très fluent et sans déviance apparente. Consigne : « Dis-moi le plus possible de noms d'animaux » (en 1 minute).

- N. : « Euh… les oiseaux, des chats…, un autre chat… C'est pas à nous, le chat, on le garde juste un petit peu… euh… un petit chat… un papa chat… une maman chat.
- L'éducatrice : Tu en connais d'autres, chez ta mamie, qui fait bêêê… ?
- N. : Canard. » (!)

[Trouble du choix dans le champ sémantique des animaux ? Réponse impulsive de type « n'importe quoi » ?]

Ultérieurement, parlant de ses vacances chez ses grands-parents qui possèdent une ferme, Nadine évoquera *spontanément* les lapins, les *moutons*, le chien qu'elle adore, la tortue qui hiberne…

Simultanément, on note que, si elle est volubile en spontané (quoique peu informative), elle est quasi mutique dès qu'on lui pose une question *fermée* ou qu'elle doit formuler une réponse précise.

Cette même enfant présente une dysgraphie, un trouble sévère de la stratégie d'exploration du regard, une impossibilité à répondre aux épreuves à choix multiple : elle montre *toutes* les images, désigne *tous* les jetons, *tous* les cubes, *toutes* les lettres (selon les épreuves).

Les épreuves d'*évocation* donnent lieu une production anormalement réduite : contraint par le cadrage que représente la consigne (le plus souvent, un champ lexical, ou un récit donné, ou la réponse à une question précise), il semble que l'enfant ne dispose plus d'aucun moyen d'accès à ce vocabulaire (ou au concept), que pourtant, il connaît bien. L'évocation est comme figée par la contrainte, l'exigence de rester dans un champ imposé.

Répercussions dans la mémoire de travail

La mémoire de travail (chapitre 4) est un des éléments constitutifs des fonctions attentionnelles et exécutives (Nyberg et al., 2009). On a montré que les performances aux tâches sollicitant des capacités d'inhibition et le maintien en mémoire de travail (par exemple paradigme des réponses différées, en manipulant les *délais de réponse*) évoluent de façon *indissociable*, au moins chez le très jeune enfant (6–12 mois [Diamond, 2004]), en lien avec la maturation du cortex préfrontal dorsolatéral.

Pour être efficace, permettre la compréhension et le raisonnement, la mémoire de travail doit *sélectionner* les éléments pertinents et *maintenir* les informations utiles (autorépétition) le temps nécessaire à leur traitement, fonctions sous la dépendance de l'administrateur central.

Mémoire de travail auditivo-verbale

L'empan mnésique est déficitaire et ce déficit a une connotation particulière : lors des essais de restitution, soit il s'agit d'un déficit attentionnel (oubli de données), soit de l'irruption de données inadéquates. Exemple d'irruption de séries automatiques lors d'une épreuve de répétition de chiffres : 6-4-1-7 → 6-4-… -5-6-7-8. Il peut aussi s'agir de persévérations (ex. : 7-2-5-9 → 7-2-5-2).

Mémoire de travail visuospatiale

Le déficit en MT visuospatiale, peu exploré, pourrait pourtant être une composante majeure de la pathologie dys-exécutive.

La progression des performances avec l'âge est beaucoup plus lente chez les sujets dys-exécutifs que chez les sujets typiques, cela conduit à une augmentation du déficit relatif avec l'âge.

Des auteurs (fig. 5.13 [Westerberg et al., 2004]) relient ces mesures aux performances obtenues par les enfants TDA/H (27 enfants) et les contrôles

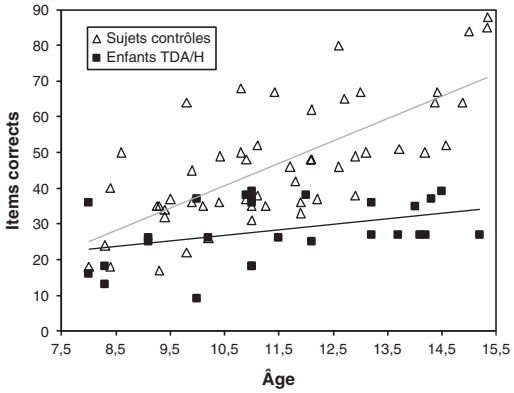


Fig. 5.13. Le développement de la MT *visuospatiale* chez l'enfant TDA/H ou dys-exécutif.

Source : Westerberg H, Hirvikoski T, Forssberg H, Klingberg T. Visuo-spatial working memory span : a sensitive measure of cognitive deficits in children with ADHD. Child Neuropsychol 2004 ; 10(3) : 155–61.

(53 sujets) à d'autres épreuves exécutives (CPT, épreuve *go/non-go*). Or, le span visuospatial est la mesure la plus discriminante entre les deux groupes et la plus sensible chez les sujets avec TDA/H.

Mise à jour de la MT

L'incessante *mise à jour* de tout ou partie des éléments en MT est particulièrement déficitaire en cas de dys-exécution.

Pour tester l'administrateur central, on demande au sujet de répéter, dans l'ordre, les derniers chiffres (les 3, 4 ou 5 derniers chiffres) d'une série dont il ne connaît pas à l'avance la taille (énonciation par l'examinateur d'une série aléatoire de chiffres). Le sujet est alors obligé à une révision permanente des chiffres qu'il doit garder actifs en mémoire provisoire, vidant régulièrement sa mémoire de travail d'un élément (bien choisi : le plus ancien dans la série actuelle), en même temps qu'il écoute l'énonciation du chiffre suivant (double tâche), élément qu'il doit maintenir actif jusqu'à ce qu'il sache s'il s'agit – ou non – du dernier de la liste.

Cette tâche met particulièrement bien en lumière le rôle des fonctions exécutives comme gestionnaires des unités de stockage provisoire des informations.

Il est à noter que cette tâche artificielle s'apparente beaucoup, sur le fond, à des tâches très courantes de la vie quotidienne et de la vie scolaire, qu'il s'agisse de compréhension du langage oral ou écrit ou de calculs.

D'une façon générale, toutes les épreuves nécessitant le recours à la mémoire de travail, au maintien actif d'informations (répétition, doubles ou triples consignes, épreuves de métaphonologie, compréhension de discours ou de textes…) sont *très déficitaires.*

Répercussions dans les mémoires à long terme

C'est l'ensemble des performances mnésiques (chapitre 4) qui est gravement affecté par l'existence d'un syndrome dys-exécutif :

- en premier lieu, les troubles de l'*attention* vont retentir sur la prise d'information ;
- ensuite, les troubles de la *stratégie* vont affecter négativement les étapes de traitement et d'indiçage de l'information, qui déterminent la qualité et la solidité du stockage, la « profondeur » du traitement de l'information influençant la stabilité de son inscription en MLT, mais aussi la qualité des récupérations ultérieures ;
- enfin, la *sélectivité du rappel* est très compromise : impulsivité, troubles du choix, diffluences.

Épreuves d'apprentissage

L'apprentissage de listes arbitraires est perturbé par le déficit attentionnel, l'inclusion d'intrus, de séries automatiques, de diffluences par associations d'idées ou assonances, de persévérations. Les intrus et les persévérations peuvent être plus nombreux que les restitutions légales.

Épreuve d'apprentissage des 15 mots de Rey

Une liste de 15 mots courants, non reliés, est proposée successivement à 5 reprises. L'enfant doit, immédiatement après chaque essai, restituer le maximum de mots retenus (ordre indifférent).

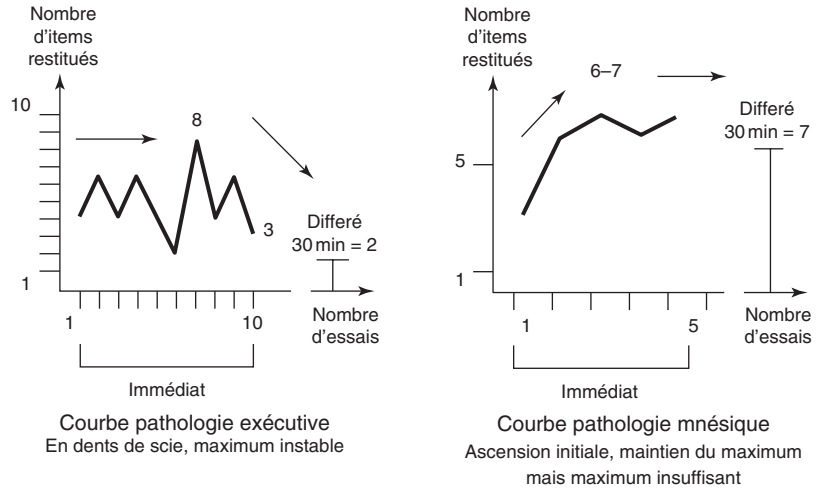


Fig. 5.14. Courbes d'apprentissage d'une liste de 10 mots selon le type de pathologie.
A. Manuel 9 ans – TDA/H.
B. Sabine 9 ; 6 ans – Pathologie mnésique.

Arsène, 11 ans, en CM1
Échelles de Wechsler très hétérogènes, mais Similitudes, NS = 12 et empan de MT = 3 chiffres à l'envers.

- 1er essai (les redites sont soulignées) : 5 restitutions et 1 redite. 2e essai : 7 restitutions et 2 redites. 3e essai : 7 restitutions et 3 redites. 4e essai : 11 restitutions et 5 redites. 5e essai : 12 restitutions et 9 redites.
- Détail des restitutions du 5e essai : « rivière ; maison ; casquette ; parents ; école ; café ; tambour ; rivière ; paysan ; école ; parents ; moustache ; rivière ; soleil ; école ; paysan, rivière ; dindon ; moustache ; tambour ; rivière ».

On note que les redites augmentent régulièrement avec les essais. *Rivière* est citée 4 fois au dernier essai ! L'enfant n'en a bien sûr aucune conscience.

Les enfants avec dys-exécution semblent dévider inlassablement une liste sans effectuer aucun contrôle sur leurs productions. Soit ils s'arrêtent spontanément, déclarant : « c'est tout » ou « j'ai fini » de façon impromptue et inadaptée, soit ils poursuivent jusqu'à ce que l'examinateur les arrête. Interrogés, « *Tu ne l'as pas déjà dit, celui-là ?* », ils montrent qu'ils ne sont pas conscients de leurs nombreuses redites[136].

Les courbes de progression d'un essai sur l'autre, souvent irrégulières, en dents de scie, sont aussi très évocatrices (fig. 5.14).

Enfin, l'enfant dys-exécutif méconnaît ses oublis (déficit de sa métamémoire) et se déclare satisfait de sa performance, ce qui n'est pas le cas d'enfants victimes de troubles intrinsèquement mnésiques, toujours très conscients et inquiets de leurs oublis.

Apprentissage de liste : pathologie mnésique *versus* exécutive

On note dans les deux cas de la figure 5.14, une médiocre performance quantitative, puisqu'on obtient au mieux huit restitutions mais en cas de pathologie dys-exécutive (Manuel), la courbe est irrégulière (ce qui n'est pas du tout le cas de Sabine, qui progresse d'un essai à l'autre mais insuffisamment).

[136] Comportement très différent de celui, adapté, de l'enfant typique qui effectue une révision partielle de la liste, qui reprend à mi-voix les items déjà produits ou les énonce en les assortissant d'un commentaire : « maison…, journal… *ça j'l'ai déjà dit…* ».

Restitution des données

C'est essentiellement la *sélectivité* du rappel qui est compromise, alors même que les informations ont été plus ou moins stockées (on peut s'en assurer par des épreuves en reconnaissance, à condition de bannir toute présentation en choix multiple). Les digressions, associations d'idées ou associations phonologiques (prégnance des rimes et assonances), brouillent le rappel : les interférences, confusions et amalgames sont extrêmement nombreux.

Exemple

Manuel, 9 ans, intégré en CE1 (et en grande difficulté)

Présentation orale d'une liste de dix mots, restitution orale immédiate.

Liste initiale : maison, soleil, couteau, tulipe, vélo, chat, jardin, vacances, arbre, genou.

- 1er essai, 3 restitutions, 1 intrus (les intrus sont soulignés) : « maison/soleil/ciel, vélo ».
- 2e essai, 4 restitutions, 1 redite, 3 intrus : « maison, soleil… ciel, nuage, orage… tulipe, maison, vacances ».
- 3e essai, 4 restitutions, 1 redite, 7 intrus : « maison, soleil… nuage, ciel, soleil… zèbre, lion, tigre, taureau… oiseau, vélo… vacances ».
- 4e essai, 4 restitutions, 2 redites, 8 intrus : « maison, soleil, vélo, taureau, lion, tigre, maison, nuage, ciel, soleil, oiseau, corbeau/tigre/arbre ».

On note la mémorisation préférentielle des intrus (par rapport aux éléments de la liste).

NB. L'ensemble de ces difficultés, associées aux problèmes de classement et sériations déjà évoqués (*supra*), conduit à une impossibilité de se repérer dans les *chronologies* et la *temporalité*.

Synthèse

La coloration qualitative particulière de l'ensemble des contre-performances mnésiques de l'enfant et leur association à des signes du même ordre dans d'autres secteurs de la cognition permettent de différencier un trouble spécifique du secteur mnésique (dysmnésie-diagnostic) et les répercussions d'un syndrome dys-exécutif dans le secteur mnésique (déficit mnésique secondaire).

Répercussions gestuelles

Réalisation de gestes alternés

On utilise, pour sensibiliser les épreuves, des enchaînements gestuels dits « à conflit », qui nécessitent l'inhibition d'automatismes. Ce sont des séries de gestes, facilement réalisables *isolément* (ce qui élimine toute responsabilité praxtomotrice dans le trouble observé et permet de s'assurer que la consigne a bien été comprise), mais dont la *succession* réclame un important contrôle attentionnel et l'inhibition continue d'une alternance simple. Par exemple, si l'on propose de reproduire une suite de gestes alternatifs de la main (paume, poing, côté), l'enfant produira plus ou moins rapidement une suite *automatisée* (paume/poing ou paume/côté).

De nombreuses épreuves au sein de tests étalonnés (K-ABC, NEPSY, BREV…) utilisent ce paradigme.

Geste graphique

Ce n'est qu'une variante des persévérations motrices, mais c'est un secteur où les troubles seront particulièrement visibles, s'exprimeront avec un maximum d'intensité, et seront assez rapidement repérés (en particulier en classe) comme étant du domaine de la pathologie.

Certains mots comportant (en écriture cursive) des réitérations de jambages ou de boucles (ex. : *minimal* ou *libellule*) suscitent particulièrement cette difficulté : l'enfant réitère un nombre important de jambages ou de boucles sans pouvoir s'arrêter.

La *figure de Luria* répond également à ce schéma : il s'agit d'effectuer une frise comportant la succession de deux motifs alternants, de réalisation motrice et morphologique proche. L'enfant doit être capable de réaliser, isolément, un carré et un triangle. Les enfants de fin de grande section de maternelle réussissent la production d'une ligne de ce type. Bien sûr, de nombreux autres algorithmes graphiques peuvent être proposés, dans le même esprit, après s'être assuré de la possibilité de réalisation isolée de chaque élément.

En cas de syndrome dys-exécutif (fig. 5.15), les persévérations sont difficilement répressibles : les plus grands réalisent quelques

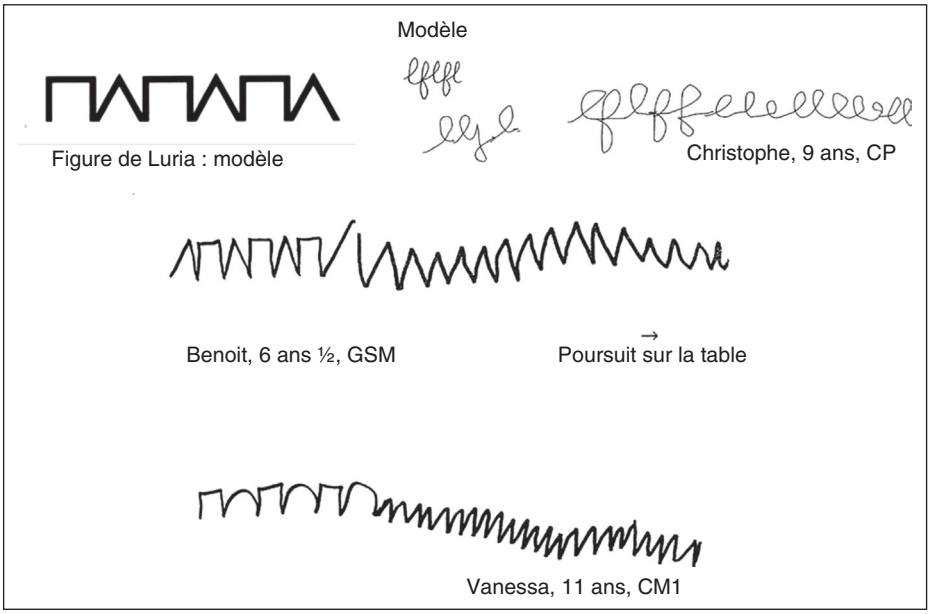


Fig. 5.15. Persévérations graphiques.
Benoît et Vanessa : copie de la figure de Luria.
Christophe : copie d'une alternance de deux lettres à boucles (ℓ/ℓ). Noter aussi l'important retard scolaire de Christophe.

motifs convenablement, au prix d'un effort très important qu'ils ne peuvent soutenir. Les plus jeunes ne peuvent s'arrêter ; certains poursuivent même sur la table…

On notera que le problème n'a rien à voir ici avec la maladresse graphique ni un éventuel trouble practomoteur (chapitre 3).

Ce type de persévérations graphiques existe dans *toutes les productions* de l'enfant écriture ou dessins : cercle réalisé comme une série de loops, coloriage-gribouillage où le crayon maintenu toujours au même endroit dans un geste répétitif de va-et-vient peut trouer le papier…

Les *dysgraphies dys-exécutives* (*cf.* fig. 3.19B) sont reconnaissables à la réalisation rapide du trait, ce qui ne veut pas dire que l'enfant écrit vite (la durée totale de la copie est habituellement très allongée), les traits impulsifs et l'envahissement par des persévérations. La présence de signes attentionnels et dys-exécutifs *dans d'autres domaines cognitifs* permet d'affirmer le diagnostic de dysgraphie dys-exécutive (*cf.* fig. 5.21, tableau 5.2).

Gestes de regard

La gestion des saccades et les stratégies d'exploration sont affectées par le trouble dys-exécutif.

Gestion des saccades oculaires

Rommelse et al. (2008), étudiant la mémoire de travail visuospatiale chez 14 enfants TDA/H, leur frère indemne et des sujets contrôles, proposent une tâche d'orientation du regard, après un délai variable, vers une cible préalablement mémorisée. Leurs résultats montrent, chez les enfants TDA/H et leur frère indemne[137] (mais non chez les contrôles) une moindre précision des saccades (fig. 5.16). Mais seuls les jeunes avec TDA/H (et non leur frère indemne) présentent de nombreuses saccades intrusives. En outre, contrairement aux sujets contrôles, leurs saccades sont souvent plus longues, dépassant le but (alors que chez leurs frère apparenté et les contrôles, les saccades sont soit parfaitement calibrées, soit un peu courtes).

Stratégie d'exploration du regard

L'exploration d'une scène visuelle est une tâche complexe, sous étroite dépendance de stratégies élaborées, variées, choisies en fonction de la tâche à accomplir (*cf.* fig. 3.11), nécessitant donc des capacités de choix, de souplesse et d'adaptation.

[137] Ce qui conforte l'hypothèse de troubles génétiquement dépendants…

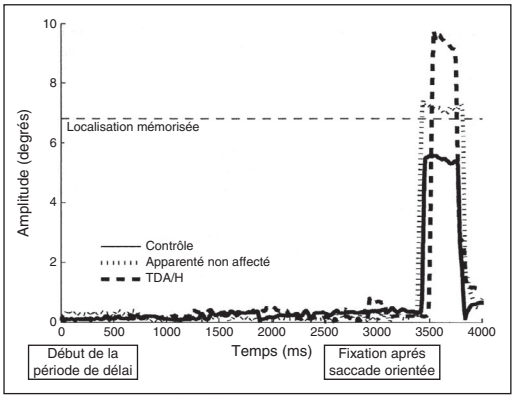


Fig. 5.16. Saccade d'un garçon avec TDA/H, de son frère indemne et d'un contrôle (délai de production de la saccade = 3 s).
Source : Rommelse NNJ, Van der Stigchel S, Wiltox J et al. Déficits in visuo-spatial working memory, inhibition and oculomotor control in boys with ADHD and their non-affected brothers. J Neural Transm 2008; 115 : 249–60.

Ces troubles de la stratégie du regard s'extériorisent dans les épreuves de barrage, de suivi de lignes ou de chemins complexes (figures enchevêtrées, labyrinthes, épreuves de coordination visuomotrices du DTVP-2, etc.).

Répercussions raisonnementales

Il est important de ne pas assimiler les échecs des enfants dys-exécutifs dans les secteurs raisonnementaux avec une déficience mentale. Le contrôle (médicamenteux et/ou cognitif) du trouble permet la mise en évidence de capacités dans ce domaine, capacités qui pourront être mises en œuvre (avec des aides appropriées) lors des apprentissages et utilisées lors de rééducations métacognitives.

Rigidité mentale (défaut de flexibilité)

Il s'agit d'une sorte de « viscosité cognitive » qui se traduit par la difficulté ou l'impossibilité de passer d'une tâche à une autre, de modifier un schéma mental, de s'adapter à une tâche nouvelle (indépendamment de la nature ou de la difficulté que représente intrinsèquement cette tâche pour le sujet). Le sujet persévère dans une stratégie habituelle, ou une stratégie précédemment mise en œuvre mais à présent inadaptée. On parle de rigidité mentale ou de défaut de flexibilité.

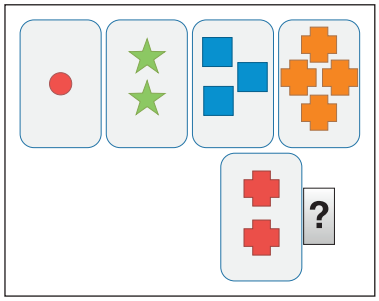


Fig. 5.17. Tâche de type WSCT.

On met particulièrement cette difficulté en évidence dans les deux types de tâches décrits ci-après.

Élaboration, à partir d'un même matériel, de stratégies successives différentes

Il s'agit d'épreuves où l'on demande plusieurs classifications d'un même matériel en fonction de divers critères (analyse catégorielle des EDEI-R, *Wisconsin Sort Card Test* [fig. 5.17]…).

Le *Wisconsin Sort Card Test* (WCST, 8–15 ans)

Le matériel consiste en un jeu de 128 cartes dont les figures varient selon trois critères : couleur, forme, nombre. Le sujet doit apparier chaque carte à la carte de référence mais le critère d'appariement n'est pas explicitement donné ; lors de chaque essai, l'examinateur fournit le feedback, positif ou négatif, quant à la réponse proposée afin que le sujet puisse déduire quel est le critère d'appariement recherché. Après chaque série de dix appariements consécutifs corrects, *on change de critère* sans en avertir le sujet.

Cette épreuve (outre d'excellentes capacités de facteur g [chapitre 1]) réclame de faire des hypothèses, de les réfuter ou de les confirmer en fonction des feedback fournis par l'examinateur (maintien en mémoire des informations fournies aux « coups » successifs), de s'adapter aux changements de critères (flexibilité), d'inhiber les réponses impulsives, les persévérations sur le critère précédent…

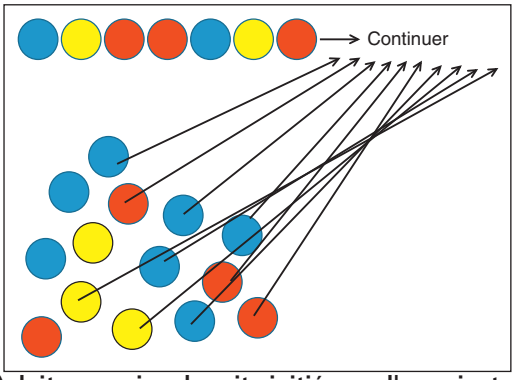


Fig. 5.18. Geoffrey (7 ans) doit poursuivre la suite initiée par l'examinateur.
Il prend les jetons qui lui tombent sous la main, dans l'ordre où ils se présentent.

Catégorisation avec des plaques logiques[138]

Alan, 5 ans, réussit un tri amorcé de formes, de type ronds/carrés/triangles. Dans un second temps, on lui demande un tri avec le même matériel mais en changeant de critère : on amorce un classement de couleurs (rouge/jaune/vert). Ce dernier tri est normalement réussi plus précocement, par des enfants plus jeunes. Or, Alan va échouer car après avoir placé quelques pièces convenablement (respectant le critère « couleur »), il se remet rapidement à classer les plaques en fonction de leur forme, ce qui est le critère *précédent*.

Ce qui est tout à fait *caractéristique* d'un trouble exécutif, c'est la situation (qu'il faut donc créer et rechercher) dans laquelle le jeune peut réussir un classement d'un niveau donné (correspondant à son niveau de catégorisation, de facteur g) et échoue ensuite à un classement *plus simple sur le plan cognitif* parce qu'il persévère sur la stratégie ou le critère précédent.

[138] Matériel composé de formes géométriques (ronds, carrés, triangles), de diverses couleurs et de diverses tailles (grands, moyens, petits).

Réalisation (conception ou reproduction) d'algorithmes

Ces épreuves posent des problèmes insurmontables aux jeunes atteints de syndromes dysexécutifs. Lorsqu'il leur faut compléter un algorithme amorcé :

- soit les enfants choisissent les éléments au hasard, les plaçant *tous* (trouble du choix, *cf. infra*), ou bien ils les placent selon l'ordre où ils les rencontrent du regard (trouble de la stratégie, *cf. infra*) ; ces erreurs de type dit « *n'importe quoi* » sont très caractéristiques (fig. 5.18) : il n'y a pas de réflexion, pas d'erreur de raisonnement décelable, pas de logique sous-jacente, hormis la précipitation (impulsivité) et le hasard.
- soit *ils ne tiennent compte que d'un élément* (le premier, ou le dernier), et *le répètent* jusqu'à épuisement du matériel ou intervention de l'adulte (persévération).

On voit ce type d'erreur dans toutes les épreuves réclamant une *alternance*, une succession réfléchie et contrôlée d'items : épreuve gestuelle évoquée plus haut (paume/poing/côté), reproduction de rythmes de Mira Stamback (l'enfant ne réalise qu'une succession de frappes brèves et rapides, *difficiles à arrêter*), reproduction de la figure de Luria, production d'algorithmes tels des frises, des colliers de perles, des algorithmes mathématiques…

Planification de stratégies

Ce terme réfère à la capacité de *gérer un ensemble de données* et d'élaborer des tâches complexes nécessitant de générer des plans, de programmer des étapes. Cela implique la possibilité de gérer les sous-buts (ou étapes intermédiaires) en MT et réclame une *flexibilité cognitive,* pour intégrer les ajustements ou réorientations des programmes d'action en fonction de l'évaluation des objectifs (ou résultats) intermédiaires ou finaux.

Les troubles sont particulièrement manifestes dans les problèmes à emboîtements, tels les problèmes de classement, de sériation, d'inclusion, et les problèmes dits « à tiroirs » justifiants d'une *suite d'étapes* découlant les unes des autres.

Pourtant, si on segmente le problème, si on le présente étape par étape, c'est-à-dire si on organise à la place de l'enfant les différentes séquences raisonnementales, le sujet parvient à la solution, *montrant ainsi la persistance de sous-compétences intactes.*

Les *épreuves* sollicitant particulièrement les fonctions exécutives consistent souvent en problèmes dont la complexité est contrôlée mais nécessitant *une succession d'étapes* pour leur résolution : tour de Hanoï ou tour de Londres, cubes de Kohs, figure de Rey, problèmes mathématiques, jeux de construction, de dames, d'échecs, de cartes…

Lors de l'échec à ces tâches, on peut évoquer la rigidité mentale, les persévérations, le déficit d'inhibition (des distracteurs, des interférences), l'impulsivité, l'incapacité à maintenir les règles, l'incapacité à planifier une suite d'actions en fonction du but.

La tour de Londres (*in* NEPSY-I) (fig. 5.19)

Les sujets doivent, à partir de la position initiale, réaliser la position finale en respectant deux règles :

- chaque boule sortie de sa tige doit être replacée sur une tige avant de sortir la boule suivante ;
- et le résultat final doit être obtenu en un nombre de déplacements imposés.

Le sujet doit concevoir les étapes successives à accomplir et respecter les règles (l'impulsivité conduit souvent les enfants à se retrouver avec une boule dans chaque main, violant la première règle). Il faut aussi faire preuve d'une grande flexibilité mentale (adaptation des stratégies à chaque nouveau problème) et lutter contre les persévérations d'un essai à l'autre ou au sein d'un même essai.

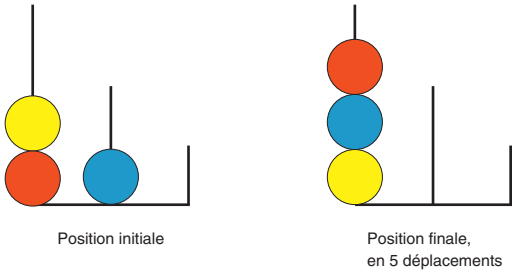


Fig. 5.19. Tâche de la tour de Londres.

Répercussions dans les apprentissages

Tous les apprentissages peuvent être plus ou moins compromis par l'ensemble des troubles précédemment décrits. En effet, tout nouvel apprentissage réclame :

- une attention soutenue et sélective, souple et bien orientée, facilitant la prise d'informations pertinentes ;
- une mémoire de travail permettant la compréhension des consignes, des informations et des explications orales et/ou écrites ;
- une mémorisation efficiente dans toutes ses dimensions (encodage et indiçage, consolidation, rappel) ;
- une bonne capacité de résistance aux interférences (savoirs ou tâches partageant des éléments de proximité) ;
- une flexibilité mentale, afin de passer d'un type de thème, de savoir, d'organisation, de tâche… à un autre ;
- des enchaînements de pensées et de raisonnements pour constituer les liens sémantiques qui donnent sens à ces savoirs et les coordonnent.

Selon l'intensité et/ou la prédominance de tel ou tel aspect du syndrome dys-exécutif, les troubles peuvent prédominer plus particulièrement dans telle ou telle discipline : lecture, graphisme, mathématiques, mémorisation des apprentissages académiques.

Certains éléments orientent le diagnostic :
- la diffusion des troubles dans plusieurs disciplines ;
- l'association de troubles attentionnels et comportementaux, de réponses ou d'interventions impulsives, les fréquentes erreurs de type « n'importe quoi » ;
- une grande *fluctuation* des performances, d'un jour à l'autre, d'un exercice à l'autre, voire au sein d'un même exercice ;
- l'amélioration notable des performances en situation duelle (où l'on contrôle mieux l'attention, l'impulsivité, les persévérations) et si on séquence les consignes, les informations, les raisonnements, les tâches.

Langage écrit

Lecture

De récentes études (Boulc'h et al., 2007) ont mis à jour les liens entre langage écrit et fonctions exécutives. Ainsi les procédures d'identification des mots écrits (chapitre 6) sollicitent énormément l'administrateur central. Au cours de la lecture d'un texte, le passage souple, rapide et efficace de la procédure d'assemblage à la procédure d'adressage demande une bonne flexibilité mentale. La sélection de la fenêtre attentionnelle adéquate pour la lecture et l'inhibition des stimuli non pertinents est également fondamentale.

Dyslexies et fonctions exécutives

Les troubles de certains jeunes dyslexiques sont nettement améliorés par une prise en charge visant les fonctions exécutives. Bargue (2013) propose un protocole de rééducation des fonctions exécutives à 4 enfants dyslexiques de 10 ans ½–11 ans (2 séances par semaine, durant 8 semaines) et un groupe de 4 témoins dyslexiques appariés (poursuite de la rééducation classique).

Chez les 4 enfants du groupe expérimental, les progrès en lecture (bilan initial et bilan final), sont très significativement plus importants que dans le groupe témoin. La précision de décodage augmente (gain > 1 ET), de même que les performances en compréhension de lecture (gain > 1 ET) et en dénomination rapide alternée[139] (gains > 3 ET). Ces résultats, certes encourageants, demandent cependant à être confirmés étant donné le très faible échantillon du groupe expérimental…

Les troubles de la lecture secondaires à un syndrome dys-exécutif ont des caractéristiques cliniques (*qualitatives*) évocatrices, en particulier une *mauvaise compréhension* du texte pire que les problèmes d'identification des mots ne le laissent augurer. Ces dyslexies dys-exécutives (dyslexies-symptômes) génèrent donc souvent un schéma inverse de celui rencontré dans les dyslexies primaires (chapitre 6), au cours desquelles les enfants s'avèrent au contraire être en général meilleurs compreneurs que déchiffreurs.

Cela est lié à des interférences proactives, intrusions générées par le contexte ou le mot en cours de lecture (ex. : le petit dragon → le petit *garçon*), à des distracteurs, à des réponses prépondérantes non inhibées.

Le déficit en MT et le déficit en inhibition (des distracteurs, des associations d'idées), l'incapacité à hiérarchiser les informations essentielles *versus* les détails, les difficultés à gérer la chronologie, les relations de cause à conséquence, tout concourt à perturber la construction du sens au fil de la lecture.

Enfin, les dyslexies visuo-attentionnelles (chapitre 6) résultent directement d'un trouble de l'orientation et du déplacement attentionnel automatiques lors de la lecture (Facoetti et al., 2003).

Posner et Raichle (1997) proposent le schéma suivant (fig. 5.20), reliant attention, MT et lecture.

[139] Dénomination rapide alternée (DRA). Plaza et Robert-Jahier. Test informatisé (Mac ou PC), pour enfants lecteurs et non-lecteurs, de la grande section de maternelle au CM2 (2006). (www.adeprio.com).

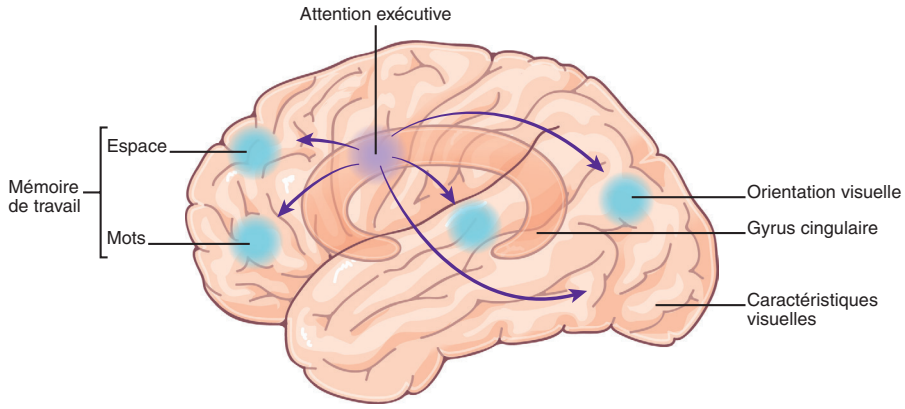


Fig. 5.20. Les fonctions exécutives et la lecture.
Le réseau attentionnel exécutif (cortex cingulaire antérieur) contrôle la MT, l'orientation visuospatiale et le traitement des caractéristiques visuelles (identification lettres et mots).
D'après Posner MJ, Raichle ME. Images of mind. Scientific American Library ; 1997. Par Carole Fumat.

Production d'écrits

Lors de prise de *notes*, ce qui gêne l'enfant conduisant à des écrits inexploitables, ce sont :
- la gestion de la double tâche (écrire et écouter) ;
- le déficit en MT (il faut, pendant que l'on écrit un mot, conserver les suivants en MT, avec nécessité d'une mise à jour permanente) ;
- les difficultés de sélectivité (hiérarchiser les informations, choisir les mots les plus riches de sens, et ne pas tout écrire mot-à-mot).

Les *contrôles* de connaissances souffrent surtout de l'incapacité à *récupérer* les savoirs en MLT, à les organiser, à ne pas se laisser entraîner dans des diffluences, à gérer les interférences.

L'*orthographe*, y compris les copies, est aléatoire, les textes ne sont ni révisés, ni relus, ni corrigés.

Les *résumés, commentaires, rédactions* sont marqués par le défaut de *planification* et les diffluences se traduisant par de longues phrases emboîtées mal structurées et de fréquents hors sujets qui grèvent l'informativité du texte très souvent peu lisible (dysgraphie).

Graphisme

C'est essentiellement l'impulsivité, associée aux troubles de *planification* du geste, qui est source de maladresses, réalisant une dysgraphie particulière : le geste est rapide, brusque, sans reprises correctives mais avec des ratures et éventuellement des persévérations ; les écrits sont brouillons, quelquefois difficilement lisibles (fig. 5.21).

Bien que le geste soit précipité, la réalisation globale de l'écrit est anormalement lente : difficulté et retard à l'initiation de la tâche, interruptions fréquentes (levers de crayons), ratures, réflexions sans fin sur l'orthographe de certains mots, distractibilité et aspect multitâches.

Exemple : Christopher, 10 ans, CM2 (suite*)
WISC-IV très hétérogène, mais *Similitudes*, NS = 19.
Dans un premier temps, dysgraphie (fig. 5.21), désorganisation dans l'utilisation de son matériel et maladresse générale (surtout pour les gestes fins, les activités qui réclament minutie) ont fait évoquer un diagnostic de dyspraxie. Ce diagnostic a été revu secondairement sur les éléments de comportement et les épreuves testant spécifiquement les fonctions exécutives. La mémoire de travail est faible : 5 items à l'endroit, mais seulement 3 à l'envers.
En lecture (« le géant égoïste[140] »), il lit très vite mais fait énormément d'erreurs, ce qui le situe dans le centile 10 du CM2. La dictée de CM2 est non cotable (oublis de mots, erreurs multiples…).

* Début de l'exemple p. 242.
140 Cognisciences (www.cognisciences.com).

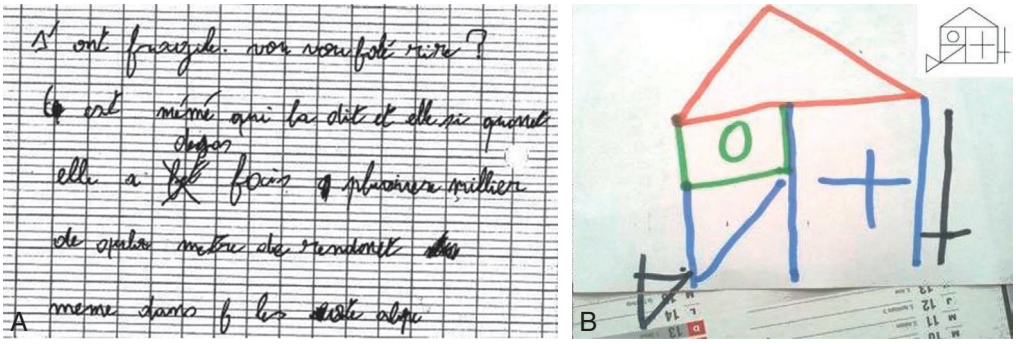


Fig. 5.21. Christopher 10 ans.
A. Écriture rapide et impulsive, mais durée de la dictée près du double de la norme. Noter aussi les fautes d'orthographe et les oublis de mots.
B. Copie de dessin (modèle en haut à droite). Noter le trait malhabile (très rapide) mais l'absence de troubles d'organisation spatiale (ce qui dément la dyspraxie) ; poursuite du dessin *en dehors de la feuille* (sur le sous-main du bureau).

Deux questions dominent l'appréciation de ces troubles graphiques :

- différencier les troubles graphiques secondaires à un TAC ou à une dyspraxie de ceux secondaires à un déficit dys-exécutif (*cf.* fig. 5.11 et 5.12), car les préconisations concernant l'usage et l'apprentissage de l'ordinateur seront alors différentes (tableau 5.2) ;
- établir formellement une éventuelle comorbidité, TAC (ou dyspraxie) + TDA/H (ou syndrome dys-exécutif).

Mathématiques

C'est certainement dans ce domaine que les anomalies sont les plus marquées. Certains (Andersson, 2008) suggèrent que les performances dans les épreuves spécifiquement exécutives (*Trail Making Test*, fluence verbale, *Digit Span*) sont prédictives des performances en arithmétique, après contrôle du niveau de lecture, de l'âge et du QI.

En effet, troubles attentionnels (oublis de retenues, erreurs de calcul [fig. 5.22]), déficit en MT, rigidité mentale et troubles de la planification d'une stratégie, irruption de réponses dominantes (additions), tout participe à l'échec annoncé dans ce domaine.

Lors de résolutions de problèmes, les persévérations, les troubles de stratégie, le manque de flexibilité mentale s'ajoutent aux erreurs de calcul. Les réponses impulsives et l'absence de vérification de la congruence entre le résultat (ordre de grandeur, unité, plausibilité) et les données initiales peuvent donner lieu à des réponses aberrantes.

Le manque de flexibilité mentale conduit à appliquer, par analogie, des stratégies qui se sont montrées antérieurement efficaces. S'y ajoutent des oublis de données, des confusions et interférences entre règles ou théorèmes…

Synthèse

Les savoirs académiques sont fragiles, difficiles à mobiliser au moment opportun. On constate une mémorisation aléatoire, des confusions et des amalgames liés aux troubles d'attention, aux interférences mal contrôlées, aux persévérations.

Les troubles des apprentissages sont variés et diffusent dans plusieurs disciplines, faisant souvent évoquer à tort « un multidys- » (dyslexie + dysgraphie + dyscalculie…) ou, selon l'âge et l'intensité des troubles dans tel ou tel secteur, une comorbidité (par ex. : TDA/H + dyslexie).

Outre la précipitation et l'impulsivité génératrices de persévérations et de réponses au hasard, on note paradoxalement *une grande lenteur* d'exécution de la tâche (délais de mise en route, fréquentes interruptions, non-achèvement).

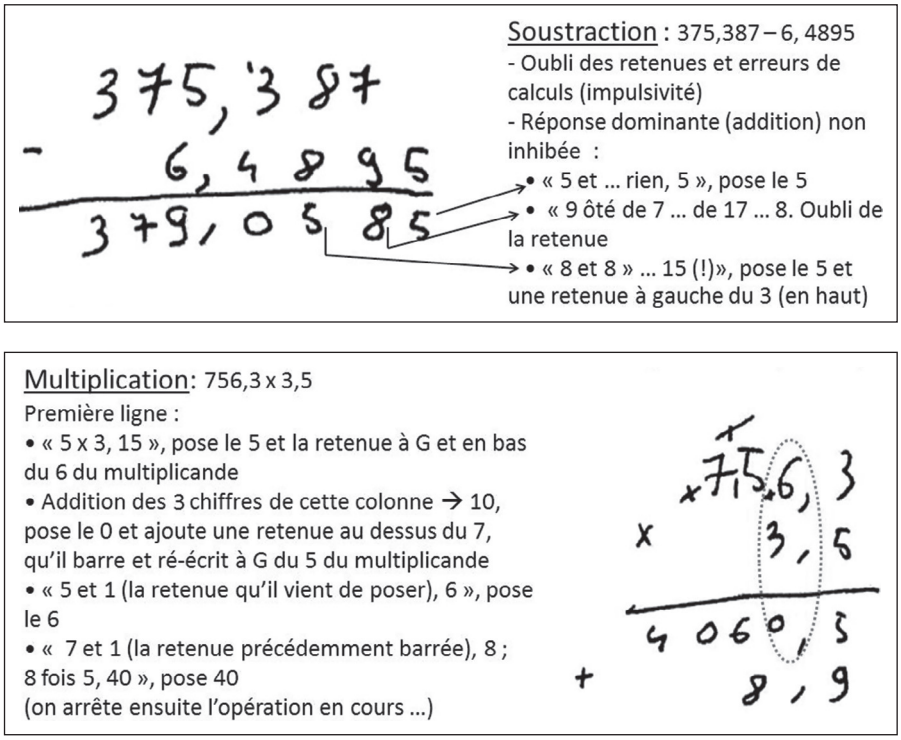


Fig. 5.22. Jérémy, 12 ans ½ – Diagnostiqué TDA/H.
Résolution d'opérations[141]. Il connaît les procédures (soustraction, multiplication) mais ne peut *les maintenir.* On note la variété des erreurs : irruption d'interférences (additions), oublis (retenues), fautes de calcul (8 et 8 → 15 !), etc. et ce, sans prise de conscience ni stratégies correctives.

Reconnaître en amont un processus commun, faire le diagnostic de syndrome dys-exécutif permet de donner sens à ces associations de symptômes. Plus encore, cela permet de faire au jeune des propositions réellement constructives et efficaces et non des juxtapositions inutiles de rééducations et de prises en charge sans aucun lien, sans cohérence.

Enfin, *sur le plan comportemental*, la désinhibition quand elle est présente est également problématique. Dire ce qui passe par la tête, faire ce qu'on a envie de façon impulsive, sans pouvoir différer aucune action même fortement censurée socialement, est très pénalisant, d'autant plus quand le jeune entre dans l'adolescence. Les parents et les enseignants signalent aussi le défaut de contrôle émotionnel (rires ou pleurs disproportionnés par rapport à l'événement déclencheur).

L'enfant peut manifester une familiarité excessive ou inappropriée (par exemple avec des étrangers), réagir de façon impulsive à une moquerie ou une critique (cris, coups), avoir un comportement inadapté socialement (utiliser des « gros mots » de façon déplacée…). Il ne peut tenir compte, ou seulement très momentanément, des signaux qui lui sont envoyés par l'entourage (regards, injonctions verbales), ni d'expériences antérieures.

Symptomatologie : tableau récapitulatif

L'éventail des symptômes, à première vue disparate et de ce fait souvent malheureusement rassemblés sous le terme de « multidys- », recouvre en fait une forte cohérence qualitative liée au trouble d'inhibition (fig. 5.23).

[141] La fig. 5.22 (communication personnelle) est extraite d'un bilan pédagogique effectué par l'association Dys- sur Dys- (http://dyssurdys-.fr).

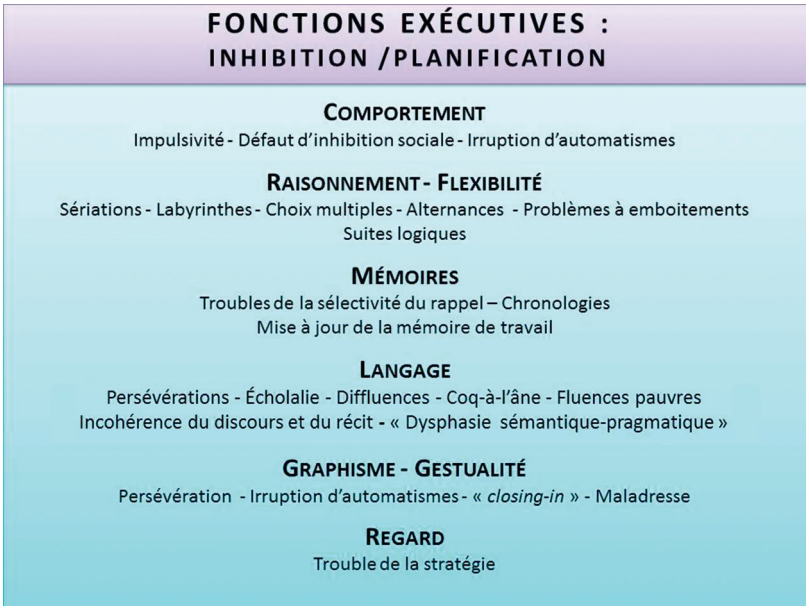


Fig. 5.23. Impact des fonctions exécutives dans les différents secteurs de la cognition.

Bilan à visée diagnostique

Observation, comportement

Les observations des parents (avec lesquels on arrive rapidement au constat d'un « zapping » permanent), des professionnels et des enseignants (ci-dessous) permettent d'orienter les hypothèses diagnostiques.

Exemples, extraits de compte-rendu de bilans (psychologues, neuropsychologues)

Romuald, 9 ans ½, redouble le CE1 – Échec scolaire global

« Romuald est un garçon de bon contact. La consultation est motivée par des troubles du comportement et un échec scolaire. Son maître note : "Romuald a une énergie débordante. Il ne peut rester assis; il s'agite sans cesse. Il prend la parole à tort et à travers et perturbe souvent la classe. Très sensible, il supporte mal les remontrances et les punitions mais ne s'amende pas pour autant. Ses résultats reflètent ses difficultés à se mettre au travail et sa faible motivation." »

Noémie, 9 ans, CM1 – Dyscalculie ?

« Cette première rencontre est de très bonne qualité : les échanges sont adaptés et Noémie se montre très participante. Pourtant les réponses dénotent une grande impulsivité : il lui arrive souvent de ne pas attendre la fin de la question, ce qui induit des erreurs d'analyse. Elle peut reprendre et répéter à plusieurs reprises la même erreur, mais elle peut aussi gommer un résultat juste. Elle interrompt fréquemment la conversation ou son activité, gigote beaucoup et investit progressivement le bureau qu'elle finit par envahir. » « (…) Alors que je lui demandais d'exécuter dix opérations, elle en réalise treize, l'une étant réalisée deux fois de suite, et une autre… trois fois ! Seules quatre opérations sont justes. »

Justine, 7 ans, fin de CP – Dysgraphie et suspicion de dyslexie

« Justine est une petite fille sympathique et agréable qui a de bonnes relations avec ses camarades. L'enseignante rapporte que malgré un renforcement en lecture tout au long de l'année, elle reste très en deçà des capacités d'une fin de CP. Vive et très participante en classe, elle est déroutante car selon les moments elle peut se montrer très pertinente ou au contraire très immature. Elle aime beaucoup l'école mais l'attention est oscillante. Sa mère dit que les difficultés sont liées au fait

que Justine veut aller trop vite en lecture, mais également en écriture et en calcul. »

Cédric, 12 ans, CM2, passage en 6e menacé – « Multidys- »

« D'après la maman, les évaluations scolaires ne reflètent pas le travail de Cédric; il y a un écart très important entre le volume d'heures qu'il consacre à ses leçons et devoirs et ses résultats scolaires. Les parents évoquent une dyspraxie, une dysgraphie, une dyscalculie, un trouble du langage oral... L'enseignant signale une grande désorganisation dans la gestion de son matériel et de son travail, et des troubles de la concentration. »

Joris, 6;3 ans, CP, en difficulté scolaire – Langage oral ?

L'enseignante s'inquiète de son langage : « la structuration des phrases est faible; il peut passer du coq-à-l'âne sans structurer ses idées. Les consignes doivent être répétées plusieurs fois avant que Joris puisse y réponde. Il a une énergie débordante, qui n'est pas toujours facile à gérer dans la classe ».

Charles, 10 ans, CM2 – Échec scolaire global

Extraits de la fiche d'observation renseignée par l'enseignant (fig. 5.24).

Ces éléments incitent à poursuivre les investigations. Affirmer un syndrome dys-exécutif, impose quatre étapes :

- d'abord faire *préciser* ces observations finalement peu spécifiques, qui peuvent s'appliquer à de nombreux enfants en échec scolaire, quel que soit le problème sous-jacent;

date : 04/10/2013 Classe de l'élève : CM2

1. l'enfant est-il entré dans le statut d'élève ?

1.1 en terme de disponibilité, l'enfant :

- ☒ présente une fatigabilité particulière
  - si oui, selon vous, est-elle liée
    - ○ à son état de santé (maladie, handicap)
    - ☒ à la durée de l'activité scolaire (saturation, épuisement)
- ☒ a la possibilité de porter son attention un moment quand on la sollicite
- ○ peut faire preuve d'attention plus prolongée, d'attention soutenue
- ○ est capable d'attention divisée (sur au moins 2 items à la fois)
- si distractibilité, par quoi est-il distrait, par des éléments extérieurs ou par lui-même, les 2 à la fois ?

1.2 en terme de comportement

- ☒ agitation, ne tient pas en place, se lève, prend la parole de façon intempestive…
- ○ impulsivité, précipitation, par ex. commence avant la fin de la consigne…
- ☒ colères, crises de nerfs, violence… (rarement).

3. votre impression "générale", cet élève

- ○ est gêné en entrée auditive/verbale
- ○ est gêné avec les supports visuels
- ☒ est en difficulté (**entourer, plusieurs réponses possibles**) avec : l'oral - graphisme - écriture manuelle - mémoire - comportement - attention-concentration - lecture - orthographe - maths - compréhension, **autres** :

  .....
- ○ est en difficulté globale ou en (grande) difficulté, mais parfois il m'étonne, à certains moments, dans certaines situations, avec mon aide, **il est performant**…

E est très motivé par tous les projets.
Il possède une très bonne culture générale.
Mais il rencontre d'énormes difficultés avec l'écrit (graphisme (repérage spatial) encodage / orthographe (conjugaison) et des troubles de l'attention.
Il se fatigue très vite, il n'est pas persévérant.

Fig. 5.24. Charles – Observations renseignées par l'enseignant.

- ensuite, *éliminer* une *déficience* intellectuelle ;
- enfin, faire la preuve que les fonctions exécutives sont déficitaires :
  - d'une part en recherchant une corrélation clinique entre la *nature des erreurs* et échecs dans les différents domaines, et les fonctions exécutives,
  - d'autre part, en constatant un échec aux *épreuves spécifiques*.

Questionnaires

Il faut affiner les observations et plaintes des parents et enseignants en utilisant des questionnaires *ad hoc*. Ces derniers ont également l'intérêt majeur de refléter l'impact du ou des déficits dans la vie personnelle, familiale ou scolaire du sujet.

Behavior Rating Inventory Executive Functionning (BRIEF) (Gioia et al., 2000)

Elle explore, par une série de questions les manifestations comportementales liées au syndrome dys-exécutif : inhibition, MT, planification et résolution de problème, flexibilité, capacités d'autocontrôle, etc. Il existe une version parentale et une version enseignant.

Il existe aussi différentes versions adaptées à l'âge du sujet : 2–5 ans, 5–18 ans et adulte (> 19 ans). Notons aussi une version *d'auto-évaluation* pour les adolescents (11–18 ans).

Exemples d'items de la BRIEF[142]

- Inhibition : « il n'est pas conscient du fait que son comportement affecte ou dérange les autres ».
- Flexibilité : « est-il dérouté si on change les plans ou les habitudes ? »
- Contrôle émotionnel : « de petits événements déclenchent des réactions disproportionnées ».
- MT : « Quand il y a deux choses à faire, il ne se souvient que de la première ou que de la dernière ».
- Planification, organisation : « se perd dans les détails et oublie l'idée principale ».

[142] Traduction libre…

CHildhood EXecutive function Inventory (CHEXI) (Thorell et Nyberg, 2008)

Elle a bénéficié d'une adaptation en français et d'une validation (Catale et al., 2013) chez des jeunes Belges de 5–6 ans. Il existe une version parentale et une version enseignant. Elle comporte quatre sections, interrogeant les fonctions :

- de mémoire de travail, par exemple : « est-ce que l'enfant a du mal à comprendre les instructions verbales, à moins qu'on lui montre comment faire ? » ;
- de planification, par exemple : « a-t-il des difficultés particulièrement avec les tâches qui nécessitent plusieurs étapes ? » ;
- de régulation, par exemple : « a-t-il des difficultés anormales à faire des choses qu'il juge ennuyeuses ? » ;
- et d'inhibition, par exemple : « a-t-il des difficultés à se retenir, à contenir son activité en dépit de consignes qui lui intiment de le faire ? ».

Tout comme les questionnaires de Conners évoqué plus haut, ce sont surtout des outils de dépistage et/ou d'évaluation des répercussions sociofamiliales des troubles.

Échelles de Wechsler

Comme pour tout diagnostic de dys-, faire le diagnostic d'un syndrome dys-exécutif suppose d'abord d'éliminer une déficience intellectuelle.

En cas de dys-exécution, les résultats aux *échelles de Wechsler* sont très hétérogènes, voire *très fluctuants* d'un jour à l'autre ; ils peuvent ainsi donner faussement une impression de « niveau global faible ». Il faut surtout rechercher :

- au moins une épreuve de *facteur g* préservée, ;
- et un déficit plus ou moins important en MT.

Cependant, la grande hétérogénéité des scores et les répercussions négatives du syndrome dys-exécutif dans *toutes* les activités (y compris raisonnementales, comme nous l'avons vu précédemment) peuvent quelquefois rendre difficile la mise en évidence des réussites au niveau attendu pour l'âge.

C'est souvent le subtest *Similitudes* qui est relativement préservé, bien que, dans cette épreuve aussi l'enfant puisse être parasité par des persévé-

rations, des diffluences, des réponses impulsives. *Identification de concepts* (IDC) réclame souvent trop de contrôle exécutif pour être réussi, surtout lorsqu'il faut coordonner trois séries d'items. Quant aux *Cubes* et *Matrices*, ces épreuves demandent beaucoup de stratégie.

Timéo, 7;9 ans, en CE1 – Difficultés diffuses (lecture, écriture, calcul, exploration visuelle, langage élaboré…)

« Le bilan s'est déroulé en trois séances. Malgré toute sa bonne volonté, Timéo décroche dès 30 minutes de passation avec la nécessité de se lever, de changer de tâche rapidement. Sur le plan du langage, on retrouve un discours logorrhéique avec perte du fil de ses pensées, passage du coq-à-l'âne et beaucoup de questionnements. Il présente un débit de parole rapide avec parfois des phrases qu'il ne termine pas. Lors d'un dessin, il réalise un personnage et dit "voilà c'est fini" tout en rajoutant d'autres éléments et donnant des explications décousues "je dessine la remplaçante de la maîtresse… voilà, j'ai dessiné un copain… c'est une fusée… un avion avec une trappe pour sauter en parachute", etc. Finalement il ne termine pas son dessin et n'en colorie que la moitié. »

Le profil au WISC est très hétérogène et globalement faible avec une chute particulièrement sévère aux épreuves de MT (Mémoire des chiffres, NS = 1 ; Séquence lettres-chiffres, NS = 5 ; Arithmétique, NS = 3). Il est très gêné par des persévérations (ex. : 5-7-4 → 4-7-7-4). On note la NS = 1 à l'épreuve de barrage. Les meilleures notes sont obtenues à *Similitudes* (NS = 8, limite inférieure de la norme) et *Compréhension* (NS = 10). Pour mieux évaluer son niveau de développement (facteur g), on lui propose le subtest *Conceptualisation* des EDEI-R qui lui octroit un niveau d'efficience exactement dans sa classe d'âge (NE = 100), à comparer avec Similitudes, NS = 8.

C'est donc l'association d'un comportement évocateur, d'un niveau de développement éliminant toute déficience intellectuelle et d'un déficit important en MT qui permet, à ce stade, de conforter l'hypothèse d'un syndrome dys-exécutif.

Épreuves spécifiques (vidéo 14)

Ce diagnostic sera confirmé par la passation de tests spécifiques. Nous avons déjà évoqué les bilans dédiés à l'évaluation de l'attention et de la MT dans les sections correspondantes.

Les épreuves plus spécifiquement exécutives (tableau 5.5) cherchent à sensibiliser le déficit d'inhibition sous différentes formes. Les variables habituellement prises en compte sont :

- d'une part, le temps de réalisation. Il est allongé lors de la nécessité d'inhiber un automatisme (par rapport aux sessions contrôles, où l'on vérifie que le sujet a bien acquis la routine ou l'automatisme voulu) ;
- d'autre part le nombre d'erreurs (ou d'omissions).

Là encore, le classement des épreuves en fonction des dimensions exécutives préférentielles qu'elles sont censées tester est discutable. Il est pourtant vrai que, selon les épreuves, certaines dimensions sont plus sollicitées que d'autres. D'ailleurs, un enfant rate rarement *toutes* les épreuves, ou pas dans les mêmes proportions.

Suite de l'observation de Timéo (*cf. supra*)

Les épreuves évaluant l'inhibition sont particulièrement ratées (Cogner-frapper, Statue). Lors de l'épreuve de la statue, il a du mal à garder le silence. Au cours de l'épreuve de la tour de la NEPSY-I, on note 14 transgressions des règles ! L'épreuve de fluidité de dessins (fig. 5.25) est particulièrement éloquente : Timéo ne peut réaliser des tracés différents, il est englué dans des persévérations (ses tracés sont au crayon rouge). La figure de Rey (fig. 5.26) non cotable, est très rapide (vitesse > au 100e centile). Son graphisme aussi est non cotable (fig. 5.26). La répétition de phrases (NEPSY) donne lieu à des approximations sémantiques qui reflètent le flou habituel de son langage. Ainsi « la femme qui est près de l'homme à la veste verte est ma tante » devient : « la mère qui a un gilet vert, c'est ma tante ».

Justin, 11;9 ans, CM2

Troubles de l'attention, impulsivité et difficultés de planification (fig. 5.27 et 5.28).

Christopher, 10 ans, CM2 – Similitudes, NS = 19 (*cf.* fig. 5.21)

Compte rendu des épreuves exécutives de la TEA-Ch.

Tableau 5.5. Exemples d'épreuves fréquemment utilisées.

Dimension prédominante → *paradigme utilisé*	Type d'épreuve[143]	Batteries ou tests correspondants
Inhibition de distracteurs → *Épreuves d'attention sélective*	– Visuelle : barrages – Visuospatiale : repérer une forme dans des contours mêlés – Auditive : repérer certains mots	– WISC, NEPSY, d2… – DTVP-2 – NEPSY
Inhibition de l'impulsivité → *Tâches go/non go*	– Frappes – Marche-arrête	– TAP[144] – TEA-Ch
Inhibition d'un automatisme ; résistance aux interférences → *Tâches à conflit*	– Cogner/frapper – Attention auditive et réponses associées – Monde contraire – *Trail Making Test* (TMT) – Stroop	– NEPSY – NEPSY – TEA-Ch – TMT 9–14 ans – Stroop, Stroop Enfant, Stroop Fruits
Flexibilité, Souplesse mentale → *Modification de la tâche selon différents critères*	– Classement de cartes, de plaques logiques – Les petits hommes verts – La maison des dragons – Fluidité de dessins – Fluences verbales	– WSCT (*Wisconsin Sort Card Test*) – EDEI-R (analyse catégorielle) – TEA-Ch – KiTAP – NEPSY – NEPSY
Planification, stratégie → *Organisation de séquences*	– Labyrinthes – Tours – Cubes – Figures et dessins complexes	– Laby 5–12 ans[145] – Tour de Londres, de Hanoï, NEPSY-I – WISC, cubes de Kohs, NEPSY – Figure de Rey

▪ *Les petits hommes verts* : Christopher obtient un score faible puisque seulement 10 % des enfants de son groupe d'âge obtiennent des notes (bonnes réponses, temps) inférieures aux siennes. « Il présente une agitation motrice et exprime ses difficultés lors de la passation « *pas si facile !* ». Il peine pour passer d'un comptage à l'endroit à un comptage à l'envers, ne réussissant que 3/7 items. Il ne suit pas correctement le trajet dans le souterrain et ne donne pas toujours le nom des flèches (endroit/envers) ce qui le perd dans le comptage. Le passage d'une tâche à une autre reste compliqué pour Christopher ».

▪ *Marche-arrête* : son score est très faible (seuls 2 % des enfants de son groupe d'âge obtiennent une note inférieure ou égale à la sienne). « Il se met debout pour cette tâche, ce qui traduit une nouvelle fois son agitation motrice très nette. »

▪ *Mondes contraires* : pour le subtest des « Mondes à l'endroit », sa performance est très faible (5 % des enfants de son groupe d'âge obtiennent une note inférieure ou égale à la sienne). « En ce qui concerne les « Mondes à l'envers », son temps total le situe de telle sorte que 15 % des enfants de son groupe d'âge obtiennent une note inférieure ou égale à la sienne. Dans la partie « apprentissage » de cette épreuve, Christopher n'attend pas la consigne et répond trop précipitamment. Il passe aussi facilement d'un exemple à l'autre et oublie les derniers chiffres du premier exemple. La partie « Monde à l'envers » est réalisée avec quasiment le même temps que « Monde à l'endroit », sans amélioration au cours du deuxième essai, ce qui met en évidence des capacités d'inhibition qui restent très fragiles.

143 Ces exemples n'ont aucune prétention d'exhaustivité et ne reflètent que les préférences et habitudes des auteurs.

144 Les batteries TAP, à partir de 6 ans (Zimmermann et Fimm, 2004) et KiTAP, 6-10 ans (Zimmermann et al., 2005) permettent une évaluation générale des fonctions exécutives : attention, attention divisée, inhibition, flexibilité et MT.

145 Éditions Hogrefe-Fance.

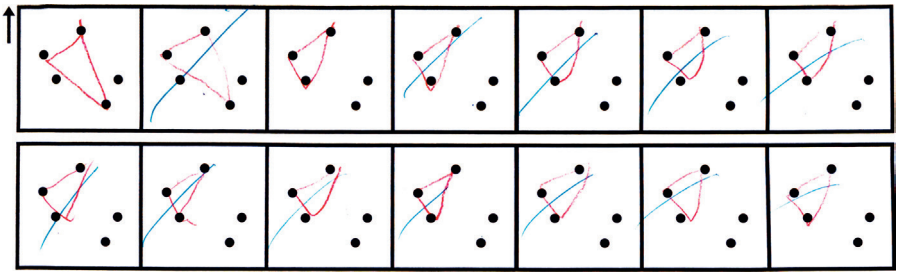


Fig. 5.25. Timéo – Épreuve de fluidité de dessins de la NEPSY (extrait) : persévérations.

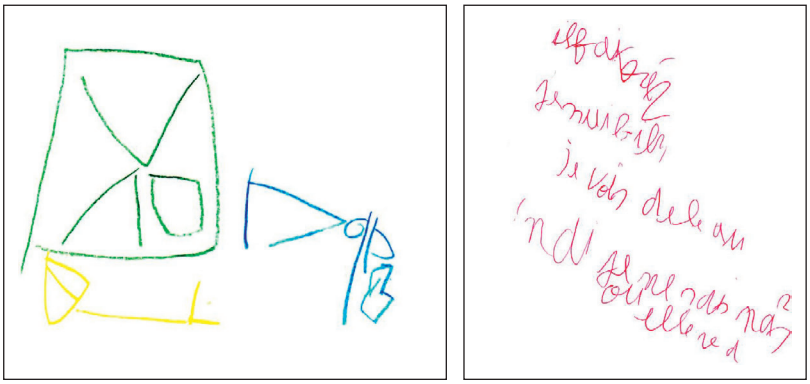


Fig. 5.26. Timéo.
À gauche : copie de la figure de Rey. À droite, copie d'un texte (échelle d'évaluation BHK).

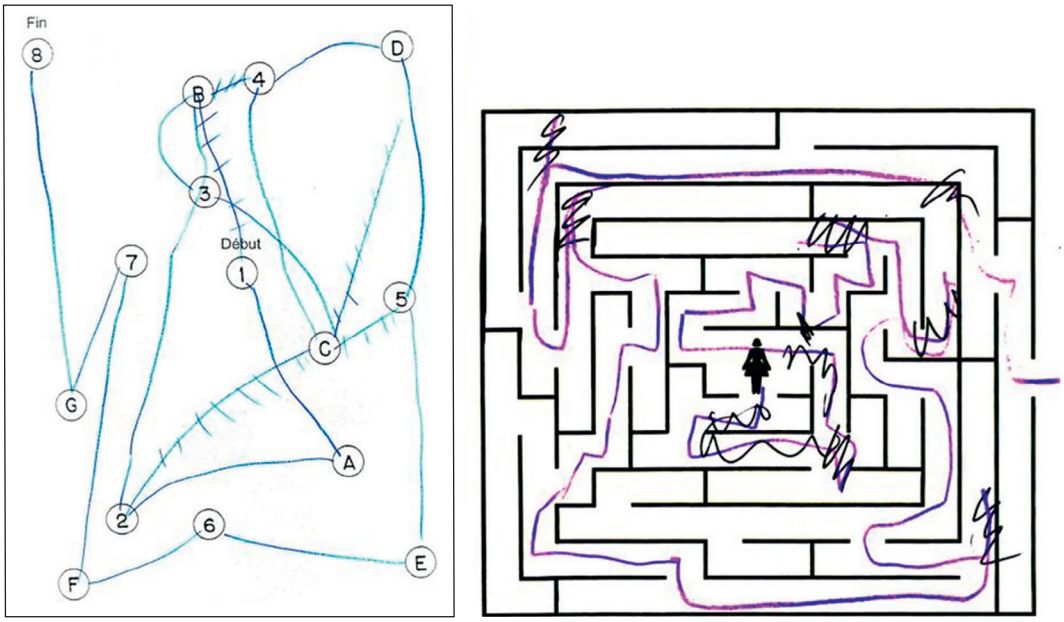


Fig. 5.27. Justin, 11;9 ans, CM2.
À gauche : *Trail Making Test* (condition interférente). À droite, labyrinthe.

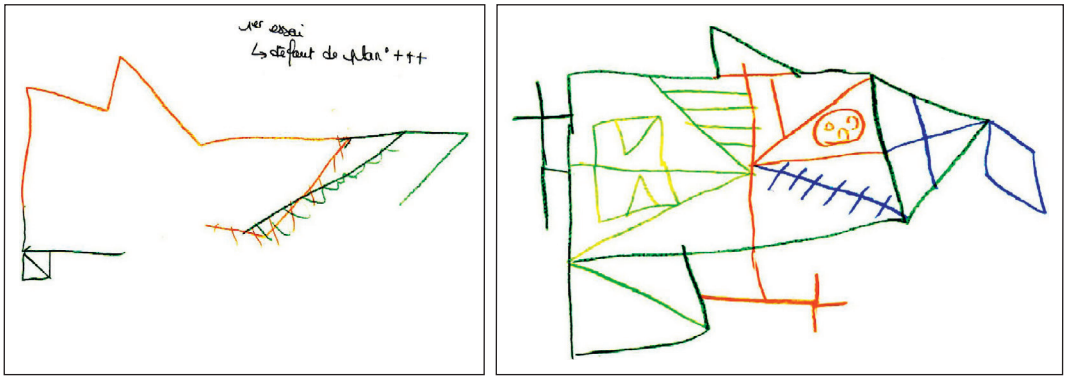


Fig. 5.28. Justin – Copie de la figure de Rey.
1er essai : absence de planification (abandonne). 2e essai : précipitation (vitesse cent. 75) pour un résultat très faible.

Le fractionnement des fonctions exécutives (d'après Catale et Meulemans, 2011)

La plupart des travaux (analyses factorielles) confirment que les fonctions exécutives ne constituent pas une fonction unitaire mais peuvent être considérées comme composées (selon les auteurs) de trois ou quatre facteurs relativement indépendants (faiblement corrélés). Le plus souvent ce sont la flexibilité, la mise à jour de la MT et l'inhibition d'une réponse dominante qui sont considérées comme des sous-systèmes repérables, l'unité des fonctions exécutives étant assurée par les processus d'inhibition et/ou la gestion des ressources communes en MT.
Cependant, *chez l'enfant*, ces différents processus ne se différencieraient que très progressivement entre 4 et 9-11 ans (selon les facteurs considérés) : dans la période préscolaire, les fonctions exécutives seraient relativement unitaires (sous la dépendance des processus d'inhibition).

Synthèse

Dans la mesure où ces fonctions, transversales, diffusent dans nombre d'épreuves, d'apprentissages et quasiment toutes les activités auxquelles se livre l'enfant, les *seuls* résultats chiffrés à une série de tests ne sauraient permettre d'établir à coup sûr ce diagnostic.

Bien que les fonctions exécutives, sous une forme ou une autre, interviennent dans pratiquement tous les aspects des activités humaines (sauf les activités routinières très automatisées), des dissociations peuvent être observées, certaines activités étant plus atteintes que d'autres. En effet, toutes les dimensions de la dys-exécution ne sont pas également sollicitées dans toutes les tâches. Le tableau 5.6 donne une indication de l'impact des fonctions exécutives sur différentes tâches.

C'est l'observation et l'interprétation de la *nature des erreurs* commises et des stratégies développées par l'enfant pour réussir ou pour rater, qui sont des éléments *déterminants* pour le diagnostic.

Le diagnostic de dys-exécution est avant tout un diagnostic *clinique*.

Le diagnostic de syndrome dys-exécutif ne saurait être fait (ni récusé) au décours d'une unique consultation, ni sur la seule foi des critères du DSM.

Diagnostic : DSM *versus* mesures cognitives

Rouillard et al., 2010, ont comparé, pour 79 participants âgés de 8 à 15 ans, la démarche diagnostique basée sur le DSM-IV-TR (dite « méthode classique ») et celle qui, tout en respectant les critères du DSM, y inclut les tests neuropsychologiques attentionnels et exécutifs. Pour 9 % des cas, une erreur diagnostique est commise avec la démarche « classique », le plus souvent il s'agit d'un *faux positif*. En outre,

pour 6 % des jeunes diagnostiqués TDA/H par la méthode classique, le déficit d'inhibition a été sous-estimé. Au total, cette démarche « classique » conduit à 15 % d'erreurs.

Il en est de même des observations issues des différents questionnaires, qui décrivent des symptômes à la fois banals et présents dans de multiples pathologies, cognitives ou non. « De récentes études ont montré que les scores obtenus à la CHEXI *corrèlent de façon modérée* avec des épreuves psychométriques du fonctionnement exécutif » (Thorell et Nyberg, 2008, *in* Catale et Meulemans, 2011). Ces questionnaires doivent donc plutôt être utilisés comme outil de dépistage, puis pour évaluer l'impact du trouble dans la vie sociale et familiale des jeunes.

Un diagnostic fiable réclame simultanément la constatation de déficits, erreurs, anomalies, troubles des apprentissages :

Tableau 5.6. Principales dimensions exécutives sollicitées par différentes tâches.

Type de tâche	Impulsivité	Automatisme	Stratégie	Double tâche	Sélectivité
Go/non-go Jaques a dit, Ni oui-ni non…	+++				
Tâches à conflit	+	+++		++	
Jeux de stratégie (cartes, dames, échecs, sudoku, jeux de société)	++	++	+++ (flexibilité)	++	
Appariements (images, étiquettes mots…)	+++				+++
Fluences, récits		++ (coq-à-l'âne, persévérations)	++ (planifier le récit)		+++ (diffluences)
Choix multiples	+++	+			++
Constructions	+	+	+++	?	
Copies (dessins, textes)	++			+++ En situation scolaire	
Production d'écrits (prise de notes, rédaction)	+++	+ Persévérations		+++ En situation scolaire	
Mémorisation (listes, récitations, leçons diverses…)	+++ Attention et MT	++ Lutte contre les interférences	++ Consolidation Indiçage		+++ Rappel : intrus, redites
Lecture de textes, films		+ Lutte contre les interférences	+++ Accès au scénario	+++ En situation scolaire	+
Problèmes mathématiques	++	+++	+++ Si problème à étapes	±	±
Faire un gâteau		+	+++ Planifier séquences	+	
Jouer au football	+++		+++		

Sollicitation intense +++ ; modérée ++ ; discrète +. En grisé, la dimension principale.

- diffusant *dans divers secteurs* de la cognition ;
- partageant une *qualité* particulière (réponses de type « n'importe quoi », persévérations de toutes sortes, impulsivité, diffluences…) traduisant un défaut d'inhibition ;
- se manifestant lors d'*épreuves étalonnées spécifiques* mettant en évidence un déficit, d'intensité variable, dans *les trois composantes* des fonctions exécutives : attention, MT et inhibition.

Propositions thérapeutiques

Une fois le diagnostic de syndrome dys-exécutif (ou de TDA/H[146]) affirmé, les propositions thérapeutiques se déclinent selon quatre axes *complémentaires* et *indissociables* :

- le traitement médicamenteux ;
- une rééducation visant à améliorer le contrôle que le jeune peut exercer sur ses symptômes ;
- des aides à la scolarité ;
- des conseils et un soutien aux parents.

Traitement médicamenteux

C'est en 1937 que la Ritaline® a été découverte et utilisée dans cette indication aux États-Unis. En effet, le méthylphénidate (Ritaline®, Concerta®, Quasym®) agit sur le transport intracérébral de la dopamine et en augmente la concentration synaptique. C'est actuellement le traitement de référence. Ce médicament, de la famille de psychostimulants[147], agit en augmentant la vigilance.

La scintigraphie montre la fixation de la Ritaline® dans les ganglions de la base, tandis que les IRM-f révèlent une augmentation de l'activité des réseaux exécutifs (cortex frontal, ganglions de la base, thalamus et cervelet) chez les patients sous méthylphénidate.

Il provoque une amélioration *rapide* du comportement et des performances cognitives dans environ deux tiers des cas. Il est sans effet sur un certain nombre de sujets pour lesquels le diagnostic est avéré. Il est actuellement impossible de distinguer *a priori* les enfants qui seront ou non sensibles au traitement. C'est la raison pour laquelle un essai de quelques semaines habituellement est généralement proposé afin de juger de son efficacité et ajuster les dosages.

Le méthylphénidate ne guérit pas l'enfant : il suspend en partie les symptômes durant les périodes où sa concentration sanguine est à dose efficace. Puisqu'il ne fait que réduire ou suspendre les symptômes, il faudra veiller à mettre en œuvre *simultanément* d'autres thérapeutiques. C'est la raison pour laquelle sa prescription (sur une à plusieurs années) doit être assortie d'actions qui permettent au jeune de s'approprier, à terme, des stratégies efficaces de limitation ou de contournement de ses symptômes.

Le traitement permet une amélioration *importante* de l'attention (spontanément remarquée par des personnes non informées de la mise sous traitement) et de la MT. On constate aussi une amélioration du contrôle moteur (et du graphisme). En ce qui concerne l'impulsivité, l'amélioration est souvent partielle. Les performances comportementales et scolaires des enfants progressent nettement sous traitement, ainsi que les résultats aux épreuves et tests évaluant les fonctions exécutives.

[146] Les publications utilisent habituellement la référence au TDA/H mais il est clair qu'il s'agit de ce que nous avons décrit ici indifféremment sous les deux termes de TDA/H ou de syndrome dys-exécutif.

[147] Ce n'est donc *pas du tout* un « calmant » (!), et il n'est donc pas du tout utilisé ni efficace auprès d'enfants « turbulents » comme on le voit quelquefois écrit dans des publications sans aucune légitimité scientifique.

Les effets bénéfiques du méthylphénidate

Billard et al. (2010) ont suivi l'évolution de 31 enfants d'âge primaire diagnostiqués TDA/H puis traités par le méthylphénidate, sauf 11 qui n'ont pas été traités (refus des parents). Tous ont été testés d'emblée puis 1 an plus tard. La comparaison des deux groupes a montré, sous traitement, une amélioration de tous les scores des tests neuropsychologiques sauf l'impulsivité et la planification, alors qu'aucun score n'a été amélioré chez les enfants non traités.

Les réticences des familles

En France, de nombreux parents sont tout à fait opposés à toute thérapie médicamenteuse, redoutant les effets secondaires à moyen et long termes.

Or, ainsi que l'ont rappelé récemment Slama et al. (2012), nous avons désormais plus de 30 ans de recul sur l'utilisation de cette molécule dans cette indication (en particulier en Amérique du Nord). Mille trois cents études scientifiques ont été conduites dans le monde et toutes révèlent l'absence de danger sérieux lié à son usage dans les conditions préconisées dans cette indication.

En l'absence de soins, environ 30 % de ces jeunes ont une évolution négative qui les conduit à se mettre en danger (accidents de la voie publique, conduites sexuelles à risque…) voire à des actes délictueux et/ou la consommation de drogues illicites. On a montré à diverses reprises, lors d'études longitudinales (Faraone et Wilens, 2003) que les addictions (tabac, alcool, cannabis) étaient *deux fois plus fréquentes* chez les jeunes non traités que chez ceux sous Ritaline®. Ces derniers présentaient un taux d'addiction comparable à ceux de la population tout-venant. Les explications avancées sont de deux ordres : prévention de l'échec scolaire et meilleure image de soi chez les jeunes traités; à la place de recherche de psychostimulants chez les adolescents et adultes TDA/H non traités (nicotine, caféine, alcool, cocaïne). *A contrario*, aucune addiction au méthylphénidate n'a été signalée (rapport du parlement européen du 25 avril 2002; rapport de l'Afssaps du 23 janvier 2009).

Précautions d'emploi

Le méthylphénidate ne peut être prescrit avant l'*âge de 6* ans (mais le diagnostic ne peut guère non plus être affirmé bien avant l'âge de la scolarité primaire).

En France, actuellement, cette prescription ne peut être faite *que* par un médecin hospitalier (neurologue, pédiatre ou psychiatre…). Les renouvellements peuvent être effectués par le médecin traitant (à la même dose) et une prescription hospitalière doit être délivrée au moins une fois/an.

Beaucoup de prescripteurs conseillent des interruptions régulières (chaque week-end ou lors de vacances scolaires…), afin d'évaluer l'évolution du trouble sans traitement.

Les contre-indications (en particulier cardiaques, existence de tics...) doivent être évaluées au cas par cas.

Effets secondaires

Les effets secondaires sont rarement sérieux : diminution de l'appétit (reprise de la courbe de poids et, éventuellement de taille, dès l'arrêt du traitement) ; troubles d'endormissement (il faut alors adapter le dosage et/ou les horaires de prise du traitement) ; céphalées ; modifications de l'humeur.

Interventions, remédiations et prises en charge spécifiques

Interventions cognitives et métacognitives

Prise de conscience du trouble

C'est un préalable absolument indispensable. En effet, en dépit des nombreuses remarques et remontrances des uns et des autres, le jeune dysexécutif n'a généralement aucune conscience de ses manquements, de ses oublis, de son dysfonctionnement intellectuel et social. Il se sent injustement harcelé par les adultes, mal-aimé et « nul en tout », sans parvenir à identifier l'origine du problème. Cette prise de conscience doit être menée hors de tout climat de culpabilisation de l'enfant : il subit le trouble et en est la première victime.

Dans ce but :

- on dispense des explications, simples et adaptées à l'âge du jeune, sur le fonctionnement cérébral et les processus d'inhibition, leur rôle, leur fonctionnement ;
- on propose d'abord des tâches courtes, simples, permettant d'obtenir une réussite et de sortir de la spirale d'échecs, afin de remotiver l'enfant. Une réussite obtenue avec le contrôle de l'adulte peut être exploitée pour faire prendre conscience au jeune des *conditions* qui ont permis la réussite.

Exemple d'aide utilisée pour une prise de conscience en GSM

On choisit une tâche simple, que l'on sait pouvoir être réussie facilement par l'enfant. Par exemple, une désignation (souligner, entourer, coller, etc.) à la suite d'une consigne. On dispose le matériel devant l'enfant en lui demandant préalablement de « *cacher les petites mains sous la table* » jusqu'à un signal convenu avec l'adulte : la consigne est alors entendue (sinon écoutée !) jusqu'au bout, l'enfant prend le temps d'observer le matériel et de réfléchir, avant de se précipiter pour « faire ».

On fait alors remarquer *explicitement* à l'enfant que ce sont ces stratégies (délai de réponse, contrôle des mains, ou de la parole…) qui permettent la réussite. Ainsi l'enfant réalise quelles attitudes le parasitent et simultanément quelles attitudes peuvent l'aider.

Ces aides « physiques » sont progressivement allégées, jusqu'au simple attouchement de l'épaule ou du coude, en guise de rappel. Ensuite le pointage d'un pictogramme de rappel ou le regard suffiront, du moins pour de courtes périodes, en dehors de moments de fatigue ou de stress.

Cette prise de conscience *explicite* du trouble est une étape décisive pour que l'enfant accepte les aides et reprenne peu à peu à son compte les techniques proposées.

Cadre des séances

Les troubles du contrôle et de l'inhibition dominant le tableau, la prise en charge implique le plus souvent *dans un premier temps*, une rééducation *individuelle* qui permettra de contrôler les persévérations, l'impulsivité, la rigidité mentale, le défaut de planification et aussi d'*évaluer la fatigue induite*. En début de prise en charge, on préfère des *séances courtes* durant lesquelles on peut aider l'enfant à contrôler son attention, séances entrecoupées de pauses et de moments récréatifs que l'on réduit à mesure des progrès.

Cependant, dès que l'amélioration le permet, c'est au contraire un travail *en petit groupe* qui sera plus efficace. L'enfant y sera alors confronté à des difficultés plus proches des situations de vie quotidienne.

Structure d'une séance

Les séances[148] doivent être construites (planifiées) selon un schéma repérable par l'enfant : succession prévisible de séquences d'activités, dont on donne le plan (ordre du jour). L'enfant doit pouvoir se repérer aisément dans le déroulement de la séance, anticiper telle ou telle séquence. Les différentes étapes d'une activité peuvent être matérialisées par un tableau ou un graphique de couleur ou une suite de pictogrammes, afin que l'enfant puisse prendre conscience de l'enchaînement des séquences et disposer d'un aide-mémoire d'utilisation simplifiée. Enfin, au sein de chaque séance, « routiniser » certaines activités (en les programmant de façon répétitive, toujours en début ou en fin de séance par exemple) permet de jalonner le temps.

Tout au long de la séance, il faut *contrôler et limiter les distracteurs* : salle calme, non encombrée, matériel limité à celui nécessaire pour l'activité en cours. Les instructions et consignes doivent être *claires et précises*, ne laissant pas (ou que peu) de place à des improvisations. Ainsi, l'enfant pourra progressivement reprendre à son compte ces instructions (auto-instructions, soliloque) pour réaliser une tâche.

D'une façon générale, il faut *arrêter,* du geste, de la voix ou du regard, toute persévération, quelle qu'en soit la manifestation clinique (écholalie, réitération verbale, graphique…), toute diffluence, toute impulsivité. Simultanément, il est important de faire prendre conscience à l'enfant des réussites que cela induit, de ses résultats, de ses capacités.

[148] Cette section est en grande partie inspirée de notre expérience personnelle, à partir des travaux de F. Lussier (2011) et P.P. Gagné (2004).

Stratégies utilisées

Stop and go

Il s'agit d'introduire un *délai* entre la consigne et la réponse, pour que s'installe un temps pour la réflexion (les buts, les moyens, les stratégies, la mise en œuvre…). L'enfant doit interrompre l'action en cours et s'imposer un temps d'arrêt pour évoquer les objectifs de sa conduite. En réalité, c'est donc une stratégie à *trois* temps : *stoppe/réfléchis/vas-y*. Initialement, c'est l'adulte qui stoppe l'enfant et gère les trois phases. Progressivement c'est l'enfant lui-même qui le reprend à son compte et parvient à limiter les réponses impulsives.

Visualisation ou soliloque

On entraîne l'enfant à convoquer consciemment et volontairement soit l'image mentale (visualisation), soit la description verbale détaillée (auto-instructions ou soliloque) de la consigne, des buts visés, du problème, de sa solution, de la mise en œuvre de la solution…

L'objectif est double :

- favoriser une *représentation consciente* de l'action et du but à atteindre : là encore, cela implique un délai, une distanciation de la sollicitation liée à l'environnement et/ou à la consigne ;
- *contrôler la réalisation* de l'action : séquentialisation des actions, contrôle par une description minutieuse des étapes de l'action ou des opérations mentales successives.

Il est très important que l'enfant puisse peu à peu intérioriser (au moins partiellement) ces techniques. Cependant, il est souhaitable de prévoir des *rappels* (*via* un signe convenu avec l'enseignant ou *via* des pictogrammes) qui constitueront des signaux externes, déclencheurs de bonnes pratiques.

Renforcement positif

Ce travail de contrôle volontaire quasi permanent demandé à l'enfant est pénible et épuisant. Il est très important de soutenir ses efforts et sa motivation en lui renvoyant fréquemment des signaux positifs :

- pour qu'il s'engage volontiers et de façon pérenne dans la méthodologie proposée ;
- pour restaurer son image de lui, généralement gravement altérée par la multiplication des échecs et la constance des réprimandes auxquelles sa conduite l'expose depuis toujours.

Félicitations, compliments, récompenses doivent pouvoir être *anticipés par le jeune* : on définit clairement quelles sont les attentes et de quelle façon (positive ou négative) seront sanctionnés les résultats.

Ces retours positifs doivent être prodigués *aussi* lorsque certains comportements perturbateurs ou inadaptés socialement ne se manifestent *pas* (ou plus, ou moins fréquemment). C'est certainement là où les adultes doivent se montrer les plus vigilants : ne pas considérer comme allant de soi que l'enfant n'interrompe pas, ne gigote pas, ne se disperse pas, etc. Il faut reconnaître l'effort de l'enfant « *bravo, je sais que c'était difficile pour toi* » et encourager les comportements attendus… ou qui s'en rapprochent (en fonction de l'âge de l'enfant et de l'intensité des troubles).

Auto-évaluation

Enfin, il est capital de solliciter l'enfant pour qu'*il évalue sa performance*, la difficulté de la tâche proposée de son point de vue, la qualité de ses réponses. Cela fait partie de la prise de conscience de son comportement, des difficultés rencontrées et de ses résultats, le mettant en situation de revenir sur ce qui était attendu (conscience explicite du but) et de juger de l'écart éventuel entre le but et sa réalisation. C'est aussi le moment d'un questionnement sur les erreurs et leur signification, sur les ajustements et corrections qui auraient été souhaitables, réflexions à la source de sa progression.

Au total

Il s'agit de lutter contre l'impulsivité et les persévérations, de rétablir autant que faire se peut des comportements d'inhibition, de souplesse mentale, de planification, de réflexion sur les buts et les stratégies à mettre en œuvre pour y parvenir, et ceci dans un climat de confiance et une atmosphère positive qui rassure l'enfant sur ses aptitudes et sa capacité à répondre aux exigences familiales, scolaires et sociales.

Divers logiciels, visant généralement plus précisément l'entraînement à telle ou telle dimension du syndrome dys-exécutif, peuvent être une aide notable. Souvent très ludiques et attractifs, ils ont aussi l'avantage d'utiliser l'ordinateur (ou une tablette) ce qui contribue grandement à motiver et canaliser l'enfant.

Enfin, des *programmes* de rééducation ont été mis au point. Citons en particulier celui inspiré du modèle *Réflecto* (Gagné, 2004), très utilisé et qui a fait l'objet de protocoles d'évaluation (Lussier, 2009, 2010).

Le modèle Réflecto (Gagné, 2004)

Une des grandes originalités et des grandes forces de ce programme est de proposer, pour chacune des dimensions des fonctions exécutives, des *personnages métaphoriques* auxquels l'enfant peut s'identifier et qui lui permettent de s'approprier le savoir-dire (auto-instructions) et le savoir-faire de chaque agent. Par exemple, le *détective* observe, cherche les indices, distingue ce qui est important ou non ; le *bibliothécaire* conserve les informations et les modes d'emploi, les range et les classe ; l'*architecte* fait les plans, détermine les étapes à suivre ; le *contrôleur* vérifie si tout se passe comme prévu…

L'utilisation de métaphores comme vecteur métacognitif a été reprise par d'autres auteurs (Collomb et al., 2012) y compris, pour de jeunes adultes, sous forme de *slams*[149].

Interventions sensorimotrices

Dans l'ensemble, les objectifs sont les mêmes (contrôle de l'inhibition, résolution de problèmes, amélioration de la MT), mais les méthodes diffèrent.

Le postulat de départ est que l'attention portée au *traitement des informations sensorielles* favorise la régulation des comportements et l'amélioration cognitive de l'attention. En effet, Albaret et al. (2011) évoquent « le TDA/H comme trouble psychomoteur » incluant des troubles perceptifs dans différents domaines (visuel, temporel, tactile, olfactif).

Beaucoup de ces méthodes s'inspirent du modèle de Barkley (1997) pour qui la résultante du TDA/H est, d'après Albaret (2005) : « un défaut de l'organisation et du contrôle moteur se traduisant par la présence de comportements sans rapport avec la tâche en cours, des actions stéréotypées, ainsi qu'une capacité limitée à produire des séquences motrices nouvelles ou complexes ».

Le modèle hybride de Barkley

Pour Barkley, le déficit premier est l'inhibition comportementale, responsable : d'une faible mémoire de travail non verbale, d'un déficit d'internalisation du langage (en lien avec la MT verbale), d'une défaillance de l'autorégulation des affects et d'une diminution des capacités de « reconstitution » (capacité à organiser les événements et les stratégies, créativité). Le TDA/H est compris comme la résultante de l'ensemble de ces dysfonctionnements.

Chevalier et al. (2006) proposent un programme centré sur les stimulations proprioceptives, visuelles et auditives, s'appuyant sur le schéma suivant :

Mouvements réels → Imagerie mentale → Fonctions cognitives attentionnelles

D'autres orientent spécifiquement les séances sur l'entraînement de la MT visuospatiale.

D'après les auteurs, les résultats des prises en charge sensorimotrices des TDA/H sont globalement positifs : réduction des symptômes d'inattention, d'hyperactivité et d'anxiété ; amélioration de l'attention soutenue, de la coordination motrice ; effets bénéfiques sur les comportements, la gestion des émotions, l'estime de soi, les interactions sociales…

Mais dans l'ensemble, les protocoles proposés sont finalement peu différents des prises en charge cognitives. Tous insistent sur l'importance de combiner traitement médicamenteux et entraînements comportementaux, cognitifs et sociaux (Marquet-Doléac et al., 2010).

Programmes centrés sur la mémoire de travail

Plusieurs travaux ont ciblé la mémoire de travail (MT) des enfants dys-exécutifs, en leur proposant un entraînement spécifique (*versus* des contrôles, également diagnostiqués TDA/H mais ne bénéficiant pas du même type de programme). Ils ont obtenu des résultats intéressants, non seulement

[149] Forme contemporaine et populaire de poésie déclamée en public, sur fond musical ou non.

concernant l'amélioration de la MT, mais concernant également des *domaines non entraînés* telles les tâches de raisonnement, d'inhibition de comportements prédominants, d'inattention.

Les études de Klingberg et al. (2002, 2005)

- L'étude de 2002 (en double aveugle) concernait 14 enfants avec TDA/H, âgés de 7 à 15 ans dont 7 ont bénéficié d'un entraînement informatisé et intensif de la MT *visuospatiale* (les 7 autres suivant un programme placebo et servant de groupe contrôle). La comparaison des performances entre le test initial *versus* le test final montre un bénéfice significatif pour les enfants du programme-cible par rapport aux contrôles. Ce bénéfice concerne aussi des tâches de raisonnement et d'inhibition, non entraînées.
- En 2005, Klingberg et al. complètent ces résultats en augmentant l'effectif de leur cohorte, qui comporte cette fois 44 enfants de 7 à 12 ans, répartis en deux groupes (groupe expérimental *versus* groupe contrôle). Le programme comporte cette fois des entraînements intensifs en MT visuospatiale *et verbale*. Les résultats confirment les précédents : les sujets du groupe expérimental améliorent significativement les tâches entraînées *et* des tâches raisonnementales et d'inhibition non entraînées. Ces bénéfices sont constatés en fin d'entraînement mais ils persistent lors d'un re-test proposé 3 mois *après l'arrêt* du programme.

Les auteurs attribuent ces résultats aux modifications cérébrales induites par l'entraînement de la MT dans les cortex frontal et pariétal et les ganglions de la base (Klingberg, 2010).

Pour être efficace, ces entraînements doivent, d'après les auteurs, être intensifs (ex. : 30 minutes quotidiennes) et ajustés à la capacité et à la progression des sujets. De nombreux logiciels ont été conçus dans cet esprit (ex. : Cogmed[150]).

[150] www.cogmed.com/fr. Citons aussi Cognibulle (ECPA), plus largement orienté vers l'ensemble des fonctions exécutives. Ces logiciels ne sont cités qu'à titre d'exemples : beaucoup d'autres ont été conçus dans cette indication, chacun recélant ses propres atouts.

Ces résultats encourageants peuvent inciter à adjoindre ce type d'entraînement de la MT aux autres programmes décrits visant plus directement le défaut d'inhibition.

Aides aux apprentissages et à la scolarité

Le diagnostic doit absolument s'accompagner d'une information sur le trouble à l'école, de conseils pédagogiques à l'enseignant (Moret et Mazeau, 2013), afin de favoriser la tolérance de l'enfant dans le groupe et les acquisitions didactiques.

L'établissement d'un projet personnalisé de scolarisation (PPS) est le plus souvent souhaitable, permettant d'impliquer l'ensemble de l'équipe enseignante, d'avertir le médecin et le psychologue scolaires, de prévoir un suivi régulier de l'évolution à travers des réunions pluriannuelles de l'équipe éducative, de coordonner les objectifs et méthodes proposés en rééducation avec les exigences scolaires.

La présence d'un auxiliaire de vie scolaire (AVS) auprès de l'enfant est déterminante pour la qualité des apprentissages : elle va permettre que s'installe, au sein du groupe-classe, une relation duelle qui rendra possible le contrôle attentionnel et inhibiteur.

L'AVS travaille sous la responsabilité de l'enseignant pour permettre les apprentissages. Les manquements aux règles doivent donner lieu à des réactions consistantes, avalisées par l'enseignant. Des mises à l'écart, au calme, un temps court (« time out ») peuvent être mis en place en cas de débordement.

Les rôles d'un auxiliaire scolaire auprès d'un jeune dys-exécutif

Sous la responsabilité de l'enseignant et en collaboration avec lui, l'AVS aura pour missions essentielles :

- de faire reformuler par l'enfant les consignes, les objectifs (de la leçon, de l'exercice) ;
- de lui faire recoder la tâche à effectuer (soliloque, image mentale) ; d'étayer l'enfant lors de la mise en place de vérifications, de corrections ;
- d'augmenter la saillance des éléments importants, sur lesquels il doit faire porter l'attention, ou rendre explicite la hiérarchisation des

informations, par exemple en les surlignant ou en colorisant le plan ;
- de segmenter les tâches (les problèmes, les exercices, les consignes) en éléments successifs, pour en favoriser la planification et la réalisation ;
- d'aider au contrôle des distracteurs et de limiter le matériel sur la table à ce qui est strictement utile pour l'exercice en cours ;
- d'inhiber les persévérations ou les coq-à-l'âne dès qu'ils se manifestent ;
- de solliciter les conduites de type *stop and go* et les rappels de conduites adaptées grâce à l'utilisation de signaux ou de pictogrammes adaptés ;
- de favoriser la mise en route de l'activité, l'engagement dans le travail surtout lors de changements d'activités ;
- puis inciter et vérifier l'achèvement du travail ;
- d'aider à la gestion temporelle de l'activité (tableau avec le déroulement de la journée, de l'activité ; visualisation des délais, *time-timer*…) ;
- de gérer la fatigue et les pauses indispensables ;
- de faciliter la gestion des outils scolaires (cahiers, classeurs, livres, éventuellement ordinateur, photocopies…) ;
- de servir de secrétaire le cas échéant.

On conseille de placer l'enfant devant l'enseignant, afin de faciliter le contrôle des distracteurs et de l'inhibition. On peut aussi se tenir assez fréquemment derrière l'enfant lorsqu'il travaille, ce qui l'incite à re-focaliser son attention sur la tâche. Il ne faut pourtant pas le surcharger en exigences et stimulations permanentes, et il faut autoriser certains dysfonctionnements s'ils restent tolérables pour le groupe, ou accepter que seule une partie du travail soit effectuée par exemple.

Il est important de permettre à l'enfant de bouger (le désigner pour effacer le tableau, ramasser les copies, porter la feuille d'émargement au directeur…), voire aménager la possibilité de faire sortir l'enfant de la classe (en toute sécurité) lorsqu'il ne se contrôle plus.

Enfin, il faut être particulièrement vigilant lors des intercours, des récréations, des temps de cantine : durant ces périodes, l'enfant étant moins cadré et soumis à l'influence d'un grand groupe où règne une certaine agitation, les dérapages peuvent être plus nombreux.

Conseils aux familles

La réussite d'un programme de rééducation ou de remédiation tient beaucoup à l'adhésion du jeune au projet et à la participation active de la famille.

L'objectif est de transférer aux familles certaines attitudes éducatives susceptibles de soutenir les rééducations en cours, de renforcer l'autonomie des jeunes et de reconstituer leur confiance en eux. Il s'agit aussi d'améliorer le climat familial, du point de vue de tous les acteurs (les parents, l'enfant dys-exécutif, la fratrie). Cela peut être d'autant plus utile (et difficile) qu'il n'est pas rare qu'un des parents soit lui-même touché par le trouble…

Barkley a proposé un programme d'entraînement aux habiletés parentales (PEHP), dont il existe une version française validée (Hauth-Charlier et al. 2008, en révision). Le programme réunit des groupes de parents au cours de dix séances traitant chacune un thème précis. Globalement il s'agit de partir de situations concrètes pour les aider à :
- encourager les comportements adéquats, y être attentif, les repérer et les susciter, et fournir des renforcements positifs (le moment spécial) ;
- renforcer les règles éducatives sous forme d'exigences fermes mais claires et précisément définies, de consignes courtes et efficaces ; tolérer les débordements mineurs (ex. : travailler à moitié debout à moitié assis) ; être consistant en ce qui concerne les conséquences des comportements de l'enfant avec TDA/H (punitions ou récompenses). En cas de débordement, l'enfant est mis au calme dans une autre pièce : « *time out* ».

Au sein du groupe, les échanges entre parents ont un effet positif : ils peuvent partager leur vécu (par exemple, le fait de se sentir stigmatisés comme de « mauvais éducateurs », leur sentiment d'impuissance ou d'épuisement), leurs difficultés concrètes, au quotidien, avec l'enfant dys-exécutif, les « trucs » ou « solutions » que les uns ou les autres ont mis en place de façon efficace…

Cette « guidance parentale » permet aux parents de se sentir moins isolés, plus compétents et de porter un regard plus positif sur leur enfant.

Comorbidités

Problématique générale

Les pourcentages de tel ou tel type de comorbidité (TDA/H +? ou bien syndrome dys-exécutif +?) dans les publications sur ce thème sont d'interprétation très difficile pour plusieurs raisons :

- les diagnostics de TDA/H sont généralement posés sur la *seule constatation* des critères du DSM et/ou de questionnaires type Conners, donc très probablement surestimés ;
- les « troubles associés » sont souvent eux aussi diagnostiqués à partir de scores obtenus à un test étalonné réputé pertinent (les TAC sur la foi d'un score déficitaire au M-ABC, les dyslexies sur un score pathologique au test de l'*Alouette*, etc.) et ne précisent aucun des *caractères cliniques* du trouble.

De ce fait, il est impossible de distinguer les réelles comorbidités des troubles secondaires, *conséquences* du syndrome dys-exécutif (*cf.* fig. 1.14, 1.18 et 1.19).

Tous les symptômes que présente l'enfant sont indistinctement considérés comme des comorbidités, alimentant de pseudo-diagnostics de « multidys- » sans qu'il soit possible d'en comprendre la réelle signification.

Les chiffres proposés, souvent impressionnants, présentent une troublante variabilité (du simple au double, voire plus !), dont la signification demande donc à être considérée avec une très grande prudence :

- 20 à 50 % (plus que du simple au double) des sujets présentant un TDA/H présenteraient les critères du *trouble du spectre de l'autisme* (TSA), tandis que 30 à 80 % (presque du simple au triple) des sujets diagnostiqués TSA présenteraient aussi un TDA/H (Rommelse et al., 2011) ;
- les jeunes présentant l'association d'un syndrome dys-exécutif et d'un TAC seraient 32 % (Kopp et al., 2010) ou 50 % (Albaret, 2011 ; Gagné, 2008 ; Gillberg, 2003). D'après Chevalier et al. (2006, p. 76), « les résultats diffèrent entre les études en fonction des tests utilisés (pas assez discriminants ou sensibles ; évaluation de la motricité fine ou globale ; qualitatifs ou quantitatifs) mais aussi des enfants évalués (critères d'inclusion dans les études ; différenciation ou non des sous-types TDA/H, comorbidités multiples…) » ;
- 17 à 35 % (du simple au double) de ces jeunes dys-exécutifs présenteraient *des tics* ; inversement 35 à 90 % (quasiment du simple au triple) des enfants ayant un syndrome de Gilles de la Tourette auraient aussi un TDA/H (Erenberg, 2005) ;
- enfin, les *troubles des apprentissages* sont considérés dans la grande majorité des publications comme des comorbidités. Ils ne sont que très rarement analysés comme des symptômes, des *conséquences directes* du syndrome dys-exécutif. Il est d'ailleurs remarquable de constater que nombre de dys- considérés comme des comorbidités s'améliorent notablement lorsqu'est mise en place la thérapeutique visant l'amélioration du syndrome dys-exécutif !

De ce fait, il est impossible de donner des chiffres fiables concernant ces comorbidités…

Un autre trouble cognitif spécifique primaire (dyspraxie, dyslexie phonologique, dysphasie…) peut cependant accompagner un syndrome dys-exécutif. Mais établir formellement ce diagnostic de comorbidité suppose :

- une démarche diagnostique rigoureuse pour chacun des deux troubles ;
- la clarification entre symptômes (directement en lien avec le syndrome dys-exécutif lui-même) et diagnostics (chapitre 1).

Lorsqu'une *réelle* comorbidité peut être évoquée, le trouble dys-exécutif devra toujours faire l'objet d'une prise en charge (médicamenteuse, rééducative, psychopédagogique) *préalable* à celle du trouble domaine-dépendant (dysphasie, dyspraxie, dyslexie, dyscalculie…) sans quoi les mesures habituellement proposées pour ces difficultés d'apprentissages seraient sans efficacité !

Cependant, l'association d'un autre dys- à un syndrome dys-exécutif ne peut en aucun cas être considérée comme une simple addition.

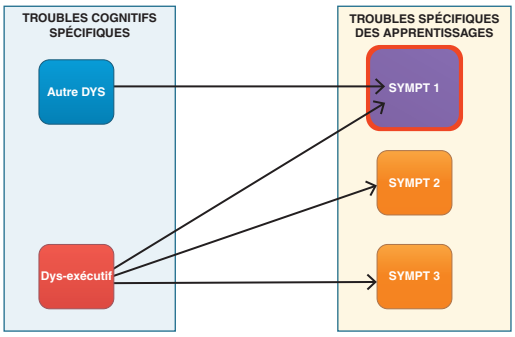


Fig. 5.29. Co-occurrence de symptôme en cas de comorbidité.

Les symptômes générés d'une part par le dys- et d'autre part par le déficit d'inhibition (qui interfère dans tous les apprentissages, *donc* aggrave les symptômes) réalisent toujours une *co-occurrence* (fig. 5.29, et *cf.* fig. 1.19) qui alourdit considérablement la pathologie et pénalise les effets de la prise en charge thérapeutique.

Il faudra donc être particulièrement vigilant à bien *hiérarchiser* les interventions en fonction des besoins du jeune (âge, projet scolaire ou professionnel, intensité respective des troubles), à construire un projet global cohérent et ne pas juxtaposer de multiples rééducations.

Syndrome dys-exécutif et troubles moteurs (ou TAC, ou dyspraxie)

Le chiffre le plus fréquemment avancé est celui de 50 % d'enfants diagnostiqués TDA/H qui présenteraient simultanément un TAC (ou un trouble de motricité plus ou moins bien défini selon les publications).

Gillberg (2003) défend l'idée que les déficits de l'attention, du contrôle moteur et de la perception sont régulièrement associés, définissant un syndrome particulier (DAMP) : l'association TDA/H et troubles moteurs serait constante, représentant une composante de ce syndrome…

Rosenblum (2013) conclut un travail sur les troubles graphiques de 30 étudiants diagnostiqués TAC (*versus* 30 témoins appariés) : « les résultats apportent la preuve que le déficit en fonctions exécutives est le mécanisme sous-jacent *responsable* des troubles de la coordination motrice ». Ainsi, pour cet auteur, le déficit en habileté motrice est le résultat du syndrome dys-exécutif (et non une comorbidité).

Ceci va dans le même sens que l'étude en IRM-f de Querne et al. (2008), intitulée « Dysfonction du réseau attentionnel chez les enfants avec TAC ». D'après ces travaux, les enfants diagnostiqués TAC présenteraient une connectivité anormale entre le cortex médio-frontal et le cortex cingulaire antérieur, autrement dit, les enfants diagnostiqués TAC présentent les signes d'un dysfonctionnement exécutif.

Pour Chevalier et al. (2006), « beaucoup d'auteurs établissent un lien entre la sévérité des problèmes d'attention et l'habileté motrice fine. Ainsi, Tseng et al. (2004), trouvent que le degré d'inattention et d'impulsivité de l'enfant et TDA/H prédit bien ses difficultés en motricité fine. » Enfin, d'après leurs propres travaux (Chevalier et al., 2006, p. 79), « il semble que le TDA/H et les problèmes moteurs soient des facteurs interreliés comme le soutiennent de nombreux autres auteurs ».

Ainsi plusieurs études lient TAC et TDA/H, considérant soit que le TAC résulte d'un déficit exécutif, soit que les deux troubles reposent sur des soubassements communs (non identifiés actuellement).

La précipitation, le trouble de la planification[151] du geste, le défaut d'ajustement et de régulation proactive qui met en jeu le « comparateur », partie exécutive du geste (*cf.* fig. 3.5) rendent compte des difficultés gestuelles de ces jeunes, décrites tantôt comme un trouble moteur, tantôt comme une dyspraxie, tantôt comme l'association d'une dyspraxie et d'un trouble attentionnel…

Face à l'enfant, envisager une réelle comorbidité suppose :

[151] Les dyspraxies traduisent plutôt des troubles de la *programmation* du geste (*cf.* chapitre 3).

- à partir du diagnostic de dyspraxie : les troubles diffusent bien au-delà du secteur de la cognition motrice ; avec cette tonalité particulière propre aux troubles dys-exécutifs (impulsivité, persévérations, défaut d'inhibition…) ;
- à partir du diagnostic de TDA/syndrome dys-exécutif : les troubles diffusent dans les secteurs visuospatiaux.

Comorbidités psychiatriques

Un grand nombre de publications font état d'associations entre des pathologies psychiatriques et le TDA/H. En particulier, chez les enfants diagnostiqués TSA (autistes), la fréquence du TDA/H serait importante ; l'inverse n'est pas vrai.

Dépression et/ou troubles anxieux

Dans de nombreux cas, ces troubles peuvent être considérés comme secondaires au trouble dys-exécutif, par le biais de l'expérience précoce et intense de l'échec, des remarques négatives, de l'autodépréciation. Pourtant, le traitement (méthylphénidate) et l'amélioration symptomatique du syndrome dys-exécutif n'améliorent pas la dépression ni les troubles anxieux : il semble donc bien s'agir de deux lignées de troubles indépendants.

Chacun des deux troubles doit donc être traité pour son propre compte. Ces dépressions, quelquefois sévères, passent facilement inaperçues, masquées derrière la perpétuelle agitation. Elles doivent pourtant absolument être prises en compte, qu'il s'agisse d'une aide médicamenteuse (associée au méthylphénidate) et/ou d'un soutien psychologique approprié.

Trouble bipolaire

La question de savoir s'il s'agit de deux troubles associés, ou bien si le TDA/H représente la phase maniaque d'un trouble bipolaire de l'enfant, est toujours débattue. Dans cette dernière hypothèse, le TDA/H pourrait représenter la phase précoce, prodromique d'un trouble bipolaire qui se dévoile plus tardivement, aux alentours de l'adolescence ou à l'entrée dans l'âge adulte.

Trouble oppositionnel avec provocation (TOP) et trouble des conduites (TC)

Le TOP se manifeste par un comportement précoce et systématique d'opposition et de provocation vis-à-vis des personnes détentrices de l'autorité. Intolérants aux contraintes, limites et frustrations, ces enfants (plus fréquemment des garçons) sont très perturbateurs et entretiennent avec leurs pairs des relations difficiles.

Une partie d'entre eux évolue vers des TC et présente, de façon répétitive et constante, un ensemble de comportements déviants violant les règles sociales et/ou légales. Ces troubles seraient plus fréquents chez des jeunes dys-exécutifs vivant dans un milieu éducatif défaillant : ils seraient alors la résultante de difficultés psychosociales chez des jeunes présentant par ailleurs un syndrome dys-exécutif. Pour d'autres auteurs (Barkley, 1990), les deux lignées de troubles partageraient une vulnérabilité génétique commune et il s'agirait bien d'une comorbidité.

Différents troubles mentaux peuvent donc être associés aux diagnostics de TDA/H et/ou de syndrome dys-exécutif. D'une façon générale, ces comorbidités alourdissent sérieusement le pronostic social. L'avis de pédopsychiatres rompus à ces pathologies cognitivo-psychiatriques est indispensable.

Conclusion – Évolution et devenir à l'âge adulte

On estime qu'environ 15 à 20 % des jeunes atteints de TDA/H « guérissent » spontanément à l'adolescence ou du moins ne sont plus trop gênés, bien que les difficultés puissent réapparaître en situation inhabituelle ou stressante. La grande majorité des enfants TDA/H deviendront donc des adultes TDA/H (Bange et Mouren-Siméoni, 2009).

L'étude de Barkley et al. (2006) porte sur le devenir de 149 jeunes (19–25 ans) diagnostiqués hyperactifs dans l'enfance, comparés à 72 contrôles. Les jeunes hyperactifs ont un niveau d'étude significativement plus faible que les contrôles. Trente-huit pour cent sont de très jeunes parents (*versus* 4 % chez les contrôles) et ils sont 4 fois plus souvent traités pour des maladies sexuellement transmissibles. D'une façon plus générale, ils rencontrent significativement plus de difficultés psychosociales (garder un travail, avoir des amis…).

L'enjeu du diagnostic précoce puis d'une prise en charge de qualité est donc très important, car le traitement (médicamenteux et rééducatif) joue un rôle protecteur vis-à-vis de l'échec scolaire et des conduites addictives à l'adolescence, préservant l'estime de soi et l'avenir à l'âge adulte.

Bien étayés, ces jeunes peuvent s'orienter vers des professions dans lesquelles ils ne seront pas trop gênés par leur tendance persistante au « zapping » : métiers de la création (mode, dessin, publicité, cinéma), informatique, politique, métiers à risques ou d'urgence tels que pilotes de course, pompiers ou urgentistes ; professions indépendantes qui leur permettent de gérer leur activité comme ils l'entendent… Ils peuvent aussi apprendre à contrôler suffisamment leur comportement pour avoir une vie sociale satisfaisante.

Vademecum

L'aspect organisationnel et dynamique des stratégies de résolution de problèmes (au sens large) retient aujourd'hui très fortement l'attention des cliniciens confrontés aux troubles spécifiques d'apprentissages. Ceci d'autant plus que l'école n'échappe pas à l'évolution du monde moderne, imposant toujours plus de rapidité et de réactivité dans le traitement de toujours plus d'informations de modalités différentes. Cet aspect de gestion cognitive des tâches est sous-tendu par des fonctions polymorphes, les fonctions exécutives, fortement liées à la motivation du sujet *via* les circuits de récompense.

Le fonctionnement efficient de ce système de supervision et de contrôle, réactif mais coûteux, permet à l'enfant en situation d'apprentissages, de nouveauté, de tâche complexe, de :

- trier et hiérarchiser les informations, c'est-à-dire faire des choix pertinents en rapport avec la tâche projetée ;
- appliquer un jugement sur la tâche en cours, en rapport avec l'anticipation de sa difficulté, sa durée, fonction de la représentation du sujet de sa propre compétence dans le domaine ;
- construire une stratégie adaptée au but projeté ;
- disposer d'une attention suffisante ;
- allouer et partager les capacités attentionnelles aux différentes sous-tâches ;
- planifier le séquençage temporel des différentes étapes ;
- avoir la capacité de dire « non » à ce qui vient en premier (inhibition des automatismes) ;
- disposer de capacité pour changer de point de vue, de tactique, de mode de résolution, si cela s'avère indispensable en cours de tâche, pour passer d'une étape à une autre, d'une tâche à une autre ;
- d'optimiser le fonctionnement de la mémoire de travail ;
- de retrouver en mémoire à long terme les informations indispensables...

Ainsi, plurielles, les fonctions exécutives, interviennent tel le chef d'orchestre : elles gèrent et maximisent l'ensemble des fonctions cognitives (fig. 5.30).

On comprend donc aisément que des dysfonctionnements dans un, plusieurs, ou tous les sous-systèmes qui composent les fonctions exécutives soient responsables de pathologies variées, globales et massives, ou plus discrètes, voire dissociées. Elles intéressent toute la sphère des apprentissages (sans pour autant en aucune façon être assimilables à une « multidys- ») mais également la sphère comportementale.

Cet aspect comportemental fut au centre du concept « enfant hyperactif (THADA) » devenu, avec la prise en compte de la primauté du trouble déficitaire attentionnel, le TDA/H. Intégrer le TDA/H comme un dysfonctionnement exécutif permet, au-delà de la triade « classique » trouble attentionnel ± impulsivité ± hyperactivité, de prendre en compte la diffusion des troubles dans tous les secteurs cognitifs : langage, planification des actions (dont le graphisme), mnésiques, raisonnementaux, avec, *in fine*, des conséquences cliniques dans tous les secteurs des apprentissages (langage écrit, calcul…). Le trouble dys-exécutif rend compte de la tonalité particulière d'un échec scolaire global émaillé d'une symptomatologie riche et spécifique : persévérations, diffluences, amalgames, réponses de type « n'importe quoi », etc.

Ces symptômes, de dys-attention ou d'hyperactivité, peuvent se rencontrer dans des circonstances variées accompagnant des pathologies psychologiques ou psychiatriques, en lien avec la situation de double tâche (ou en lien avec une autre pathologie dys-). Il convient donc d'être prudent dans la pose du diagnostic de TDA/H ou de syndrome dysexécutif. Il émanera toujours d'une équipe pluridisciplinaire, fera suite à une observation prolongée montrant une convergence des évaluations.

Le sujet dys-exécutif ou TDA/H, est victime de ses symptômes qu'il ne peut comprendre, qu'il subit et est incapable de gérer. Victime de remarques, interdits, brimades, punitions, il est très souvent, ainsi que son entourage, en grande souffrance.

En raison des aspects comportementaux et/ou de l'intense variabilité des diffcultés, changer radicalement le regard que les adultes portent sur l'enfant (et sa famille) exige d'abord une explicitation des troubles.

Dans la foulée, il faudra engager une prise en charge incluant le traitement médicamenteux qui en constitue le préalable indispensable. L'enfant enfin « posé », c'est-à-dire disponible, parvient à écouter les injonctions ou les consignes. Participer à sa prise en charge devient à sa portée.

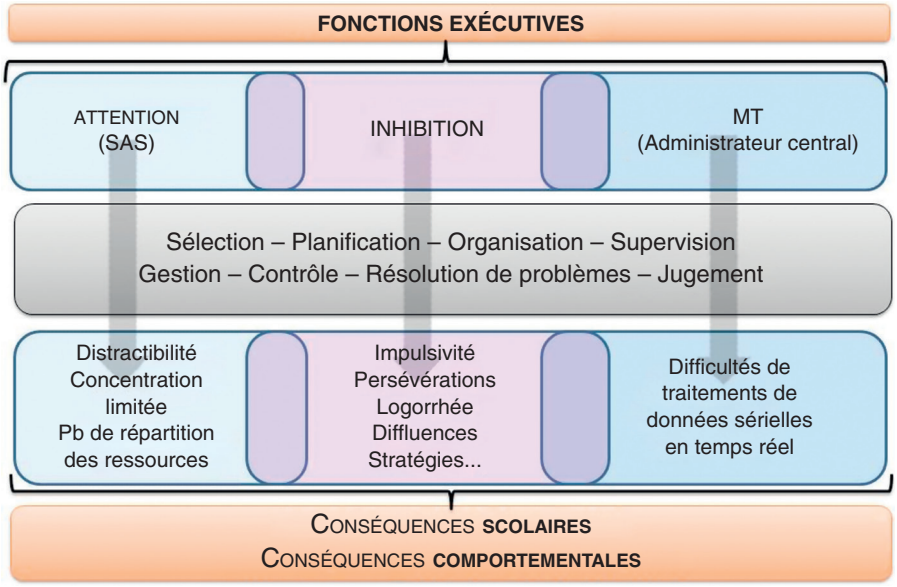


Fig. 5.30. Fonctions exécutives : synthèse.
SAS : système attentionnel superviseur ; MT : mémoire de travail.

Pour aller plus loin

Chevalier N, Guay MC, Achim A, Lageix P, Poissant H. Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : soigner, éduquer et surtout valoriser. Canada : Presses de l'Université du Québec ; 2006.

Développements 2011 ; 9.

Gagné PP, Longpré LP. Apprendre avec Réflecto : programme d'entraînement et de développement des compétences cognitives. Montréal (Québec) : Chénelière éducation, diffusé en France par Pirouette éditions ; 2004.

Gagné PP, Leblanc N, Rousseau A. Apprendre… une question de stratégie : développer les habiletés liées aux fonctions exécutives. Montréal (Québec) : Chénelière éducation, diffusé en France par Pirouette éditions ; 2008.

Houdé O. Le raisonnement. Paris : Paris ; 2014.

Lachaux JP. Le cerveau attentif. Paris : Odile Jacob ; 2011.

Lecendreux M, Konofal E, Touzin M. L'hyperactivité : TDAH. Paris : Solar ; 2003.

Lussier F. 100 idées pour mieux gérer les troubles de l'attention TDA/H, et pour aider les enseignants, les parents et les enfants. Paris : Tom Pousse ; 2011.

Moret A, Mazeau M. Le syndrome dys-exécutif chez l'enfant et l'adolescent. Paris : Elsevier Masson ; 2013.

Raskam I. (coll.). L'enfant souffrant du TDA/H : des modèles théoriques à l'intervention. ANAE 2011 ; 23 : (tome IV)(114).

Revol O, Brun V. Trouble déficite de l'attention avec ou sans hyperactivité. Paris : Elsevier Masson ; 2012.

www.attentiondeficit-info.com

Références

Albaret JM. Le TDA/H comme trouble de l'inhibition comportementale et de l'auto-contrôle : le modèle de Barkley. In : Joly F, editor. L'hyperactivité en débat. Toulouse : Erès ; 2005. p. 146–8.

Albaret JM, Marquet-Doléac J, Soppelsa R. Psychomotricité et TDA/H : nouvelles perspectives dans l'approche de l'enfant agité et distrait. Développements 2011 ; 9 : 9–16.

Andersson U. Working memory as e predictor of written arithmetical skills in children : the importance of central executive functions. Br J Educ Psychol 2008 ; 78(2) : 181–203.

Andews-Hanna JR, Reidler JS, Sepulcre J, Poulin R, Buckner RL. Functional-anatomic fractionation of the brain's default network. Neuron 2010 ; 65 : 550–62.

Baillargeon R. Object permanence in 3.5 and 4.5 month old infants. Dev Psychol 1987 ; 23 : 664–5.

Bange F, Mouren-Siméoni MC. Comprendre et soigner l'hyperactivité chez l'adulte. Paris : Dunod ; 2009.

Bargue S. Étude des répercussions d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de CM2. Mémoire Capacité d'Orthophoniste ; Université Victor Segalen (Bordeaux) ; 2013.

Barkley RA. Attention deficit hyperactivite disorder : a handbook for diagnosis and treatment. New York : The Guildford press ; 1990.

Barkley RA. Behavioral inhibition, sustained attention and executive functions : constructing a unifying theory of ADHD. Psychol Bull 1997 ; 121(1) : 65–94.

Barkley R, Fischer M, Smallish L, Fletcher K. Youg adult outcomes of hyperactive children : adaptative functionning in major life activities. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 2006 ; 45(2) : 192–202.

Berlin L, Bohlin G, Nyberg L, Janols LO. How well do measures of inhibition and other executive functions discriminate between children with ADHD and controls ? Child Neuropsychol 2004 ; 10 : 1–3.

Billard C, Chambry J, Guinard M, et al. Approche pluridisciplinaire longitudinale croisée de 36 enfants TDAH. In : Communication au 1er congrès international de langue française sur le TDA/H, Bordeaux ; 24–25 juin 2010. www.tdah-france.fr/conferences. Résumés sur.

Bouillet L, Bouriot M, Mathy F, Campello M, Ropers G, Ballot A, et al. Propositions d'épreuves contribuant au dépistage de TDA/H. ANAE 2012 ; 120–121 : 593–606.

Bourc'h L, Gaux C, Boujon C. Implication des fonctions exécutives dans le décodage de la lecture : étude comparative entre normo-lecteurs et faibles lecteurs de CE2. Psychologie Française 2007 ; 51(1) : 71–87.

Brickenkamp R. Test d'attention concentrée, d2. Bruxelles : Editest ; 1967.

Brocki KC, Eninger L, Thorell LB, Bohlin G. Interrelations between executive function and symptoms of hyperactivity/impulsivity and inattention in preschoolers : A two year longitudinal study. J Abnorm Child Psychol 2010 ; 38 : 163–71.

Caci H. Attention disorders in adulthood. Encéphale 2006 ; 32 : 1023–4.

Camus JF. La psychologie cognitive de l'attention. Paris : Armand Colin ; 1996.

Castellanos FX, Proal E. Large scale brain systems in ADHD : beyond the prefrontal-striatal model. Trends Cogn Sci 2012 ; 16 : 17–26.

Catale C, Meulemans T. Organisation factorielle et évaluation des fonctions exécutives chez l'enfant en âge préscolaire et scolaire. ANAE 2011 ; 112–113 : 265–74.

Catale C, Lejeune C, Merbah S, Meulemans T. French adaptation of the CHEXI : confirmatory factor analysis in a sample of young french-speaking belgian children. European Journal of Psychological Assessment 2013 ; 29(2) : 194, 155.

Carlson SM, Moses LJ. Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. Child Dev 2001 ; 72(4) : 1032–53.

Chelune GJ, Baer RA. Developmental norms for WCST. J Clin Exp Neuropsychol 1986 ; 8(3) : 219–28.

Clément E. Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. Annee Psychol 2006 ; 106 : 415–34.

Collomb K, Mollion H, Croisile B. La métaphore au service de la métacognition dans la rééducation des fonctions exécutives. Revue Neuropsychologique 2012 ; 4(suppl. 1) : 28–36.

Conners CK. A teaching rating scale for use a drug studies with children. Am J Psychiatry 1969 ; 126 : 884–8.

Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. Nature 2002 ; 3 : 201–15.

Cortese S, Azoulay R, Casrellanos FX, Chalard F, Lecendreux M, Chechin D, et al. Brain iron levels in attention-deficit/hyperactivity disorder : a pilot MRI study. World J Biol Psychiatry 2012 ; 13(3) : 223–31.

Cortese S, Castellanos FX. Neuroimaging of attention-deficit/hyperactivity disorder : current neuroscience-informed perspectives for clinicians. Cur Psychiatry Rep 2012 ; 14 : 568–78.

Courage ML, Reynolds GD, Richards JE. Infants' attention to patterned stimuli : developmental change from 3 to 12 months of age. Child Dev 2006 ; 77(3) : 680–95.

Dallaire S, Lafortune D. Troubles de déficit d'attention : facteurs génétiques et familiaux. Psychiatr Enfant 2008 ; 51(1) : 320.

Delobel-Ayoub M, Kaminski M, Marret S, Burguet A, Marchand L, N'Guyen S, et al. Behavioural outcome at 3 years of age in very preterm infants : the EPIPAGE study. Pediatrics 2005 ; 117(6) : 1996–2005.

Diamond A, Taylor C. Development of an aspect of executive control : development of the abilities to remember what I said and to "Do as I say, not as I do.". Dev Psychobiol 1996 ; 29 : 315–34.

Diamond A. De l'intention à l'action : le cortex préfrontal et le développement cognitif précoce. Metz-Lutz MN, et al., editors. Développement cognitif et troubles des apprentissages. Marseille : Solal ; 2004. p. 13–35.

Facoetti A, Lorusso ML, Paganoni P, Cattaneo C, Galli R, Umiltà C, et al. Auditory and visual automatic attention deficits in developmental dyslexia. Res Cogn Brain Res 2003 ; 16 : 185–91.

Faraone SV, Wilens T. Does stimulant treatment lead to substance use disorders ? J Clin Psychiatry 2003 ; 64(11) : 9–12.

Fayyad J, De Graaf R, Kessler R, Alonso J, Angermeyer M, Demyttenaere K, et al. Cross-national prevalence and correlates of adults attention-déficit hyperactivity disorder. Br J Psychiatry 2007 ; 190 : 402–9.

Frodl T, Skokauskas N. Meta-analysis of structural MRI studies in children and adults with ADHD indicates treatment effects. Acta Psychatr Scand 2012 ; 125 : 114–26.

Gagne J. La motricité globale d'enfants présentant un trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité. Canada : Mémoire ; Université du Québec à Montréal ; 2008.

Gerstadt CI, Hong YJ, Diamond A. The relationship between cognition and action : performance of children 3,5–7 years old on a stroop-like day-night test. Cognition 1994 ; 53 : 129–53.

Gillberg C. ADHD and DAMP : a general health perspective. Child and Adolescent Mental Health 2003 ; 8 : 106–13.

Gioia GA, Isquith PK, Guy SC, Kenworthy L. Behavior rating inventory of executive function : professional manual. Child Neuropsychol 2000 ; 6(3) : 235–8.

Goyette CH, Conners CK, Ulrich RF. Normative data on revised Conners parents and teacher rating scales. J Abnorm Child Psychol 1978 ; 6 : 221–36.

Habib M. Le cerveau de l'hyperactif : entre cognition et comportement. Développements 2011 ; 9 : 26–40.
Hauth-Charlier S, Finck S, Fischbach M, Clément C. Validation of the french adaptation of Barkley's Behavioral parent training to treat ADHD. European Review of Applied Psychology 2008, en revision.
Huizinga M, Van der Molen M. Age-group differences in set-switching and set-maintenance on the WCST. Dev Neuropsychol 2007 ; 31(2) : 193–215.
Houdé O, GLeroux G. Psychologie du développement cognitif. Paris : PUF ; 2013.
Kessler RC, Adler L, Barkley R, Biederman J, Conners CK, Demler O, et al. The prevalence and correlates of adult ADHD in the United States. Am J Psychiatry 2006 ; 163 : 716–23.
Klingberg T, Forssberg, Westerberg H. Training of working memory in children with ADHD. J Clin Exp Neuropsychol 2002 ; 24(6) : 781–91.
Klingberg T, Fernell E, Olesen PO, Johnson M, Gustafsson P, Dahlström K, et al. Computerized training of working memory in chidren with ADHD ; a randomized, controlled trial. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 2005 ; 44(2) : 177–86.
Klingberg T. Training and plasticity of working memory. Trends Cogn Sci 2010 ; 14(7) : 317–24.
Konfal E, Lecendreux M, Cortese S. Sleep and ADHD. Sleep Med 2010 ; 11(7) : 652–8.
Konofal E, Lecendreux M, Jacqz-Aigrain E, Arnulf I. Le mazindol : une alternative dans le traitement des troubles de l'éveil et du maintien de l'attention ? Médecine du sommeil 2012 ; 9(3) : 93–100.
Kopp S, Beckung E, Gillberg C. Developmental coordination disorder and other motor control problems in girls with autism spectrum and/or attention-deficit/hyperactivity disorder. Res Dev Disabil 2010 ; 31 : 350–61.
Lecendreux M, Konofal E, Mouren MC. Troubles du sommeil et du maintien de l'éveil chez l'enfant TDAH. ANAE 2004 ; 16(79) : 285–7.
Lecendreux M, Konofal E, Faraone SV. Prevalence of attention deficit hyperactiviy disorder and associated features among children in France. J Atten Disord 2011 ; 15(6) : 516–24.
Liddle EB, Hollis C, Batty MJ, Groom MJ, Totman JJ, Liotti M, et al. Task-related default mode network modulation and inhibitory control in ADHD : effects of motivation and methylphenidate. J Chil Psychol Psychiatry 2011 ; 52 : 761–71.
Lussier F. Programme d'intervention pour favoriser le développement des fonctions attentionnelles et exécutives. In : Adam S, Allain P, Aubin G, Goyette F, editors. Actualités en rééducation neuropsychologique : études de cas. Marseille : Solal ; 2009. p. 103–17.
Lutz FL. Psychological assessment. In : Hogan, editors. Handbook of disruptive behavior disorders. New York : Kluwer Academic ; 2000. p. 295–313.
Manly T, Anderson V, Nimmo-Smith I, Turner A, Watson P, Robertson IH. The differential assment of children's attention : the test of every day attention for children (TEA-ch, Normative sample and ADHD performance). J Chil Psychol Psychiatry 2001 ; 42(8) : 1065–81.
Marquet-Doléac J, Soppelsa R, Albaret JM. TDA/H : des modèles théoriques actuels à la prise en charge ; l'approche de la psychomotricité. In : Revol O, Brun V, editors. Trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité. Paris : Masson ; 2010. p. 65–75.
Meister EK, Brick I, Antoniuk SA, Crippa AC, Muzzolon SR, Spessatto A, et al. Learning disabilities : analysis of 69 children. Arq Neuropsiquiatr 2001 ; 59(2) : 338–41.
Mischel W, Ebbesen EB, Zeiss AR. Cognitive and attentional mechanisms in delay of gratification. J Pers Soc Psychol 1972 ; 21(2) : 204–18.
Morrisson JR, Stewart MA. The psychiatric status of the legal families of adpated hyperactive children. Arch Gen Psychiatry 1973 ; 28(6) : 888–91.
Nakao T, Radua J, Rubia K, Mataix-Cols D. Gray matter volume abnormalities in ADHD : voxel-based meta-analysis exploring the effects of age and stimulant medication. Am J Psychiatry 2011 ; 168 : 1154–63.
Noël MP, Docquier J. L'inhibition cognitivo-verbale et l'inhibition motrice : une distinction nécessaire ? Approche par une intervention neuropsychologique. ANAE 2011 ; 114 : 345–52.
Nyberg L, Brocki K, Tillman C, Bohlin G. The proposed interaction between working memory and inhibition. European Journal of Cognitive Psychology 2009 ; 21 : 84–111.
Pennequin V, Nanty I, Khomsi A. Mesurer la résistance à l'interférence chez l'enfant : élaboration d'un nouveau test à à « effet Stroop ». L'Année Psychologique 2004 ; 104(2) : 203–26.
Poissant H, Neault I, Dallaire S, Rouillard M, Emond V, Guay MC, et al. Développement de l'autorégulation et de l'inhibition chez des enfants présentant un TDAH. Encéphale 2008 ; 34(2) : 161–9.
Portéus SD. Manuel du test des labyrinthes de Portéus. Paris : Centre de psychologie appliquée ; 1951.
Posner MJ, Raichle ME. Images of mind. Scientific American Library ; 1997.
Posner MJ, Rothbart MK. Research on attention : networks as a model for the integration of psychological science. Ann Rev Psychol 2007 ; 58 : 1–23.
Prevor MB, Diamond A. Color-object interference in young children : a Stroop effect in children 31/2–61/2 years old. Cognitive Development 2005 ; 20(2) : 256–78.
Proal E, Reiss PT, Klein RG, Mannuzza S, Gotimer K, Ramos-Olazagasti MA, et al. Brain gray matter deficits at 33-years follow-up in adults with ADHD established in childhood. Arch Gen Psychiatry 2011 ; 68 : 1122–34.
Purper-Ouakil D, Ramoz N, Lepagnol-Bestel AM, Gorwood P, Simonneau M. Neurobiology of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. Pediatr Res 2011 ; 69 : 69R–76R.
Querne L, Berquin P, Vernier-Hauvette MP, Fall S, Deltour L, Meyer ME, et al. Dysfunction of the atten-

tional brain network in children with developmental coordination disorder : a fMRI study. Brain Res 2008 ; 1244 : 89–102.
Raz A. Anatomy of attentional netwoks. Anat Rec B New Anat 2004 ; 281 : 21–36.
Rizolatti G, Riggio L, Dascola L, Umita C. Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians : evidence in favor of premotor theory of attention. Neuropsychologia 1987 ; 25 : 31–40.
Rommelse NNJ, Van der Stigchel S, Wiltox J, Geldof C, Deijen JB, Theeuwes J, et al. Deficits in visuo-spatial working memory, inhibition and oculomotor control in boys with ADHD and their non-affected brothers. J Neural Transm 2008 ; 115 : 249–60.
Rommelse NNJ, Geurts HM, Franke B, Buitelaar JK, Hartman CA. A review on cognitive and brain endophenotypes that may be common in autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. Neurosci Biobehav Rev 2011 ; 35(6) : 1363–96.
Rose SA, Feldman JF, Jankowski JJ. Modeling a cascade of effects : the roel of speed and executive functionning in preterm/full-term differences in academis achievement. Dev Sci 2011 ; 14 : 1161–75.
Rosenblum S. Handwriting measures as reflectors of executive functions among adults with DCD. Front Psychol 2013 ; 4 : 357.
Rouillard M, Leroux J, Lageix MD, Guay MC. Introduction de mesures cognitives dans l'évaluation diagnostique du TDAH : comparaison de deux démarches d'évaluation. In : Communication au 1er congrès international de langue française sur le TDA/H, Bordeaux ; 24–25 juin 2010. Résumés sur, www.tdah-france.fr/conferences.
Roy A. Fonctions exécutives chez les enfants atteints d'une neurofibromatose de type 1 ; approche clinique et critique. Thèse de doctorat, tome I ; Université d'Angers ; 2007.
Rubia K. Neuro-anatomic evidence for the maturational delay hypothesis of ADHD. Proc Natl Acad Sci USA 2007 ; 104(50) : 19663–4.
Rubia K, Cubillo A, Smith AB, Woolley J, Heyman I, Brammer MJ. Disorder-specific dysfunction in right inferior prefrontal cortex during two inhibition tasks in boys with ADHD compared to boys with obsessive-compulsive disorder. Hum Brain Mapp 2010 ; 31(2) : 287–99.
Shallice T, Marzocchi GM, Coser S, Del Savio M, Meuter RF, Rumiati RI. Executive profile of children with ADHD. Dev Neuropsychol 2002 ; 21 : 43–71.
Simons DJ, Chabris CF. The invisible gorilla : how our intuitions deceive us. Harmony (USA) ; 2010.
Slama H, Mary A, Drabs V, Mousty P, Massat I, Peigneux P. 2nd colloque international de langue française sur le TDA/H ; Université de Laval (Québec, Canada) 2012.
Stroop JR. Studies of interferences in serial verbal reactions. Journal of Experimental Neurology 1935 ; 18 : 643–62.
Thorell LB, Nyberg L. The childhood executive functioning inventory (CHEXI), a new rating instrument for parents and teachers. Dev Neuropsychol 2008 ; 33 : 536–52.
Tseng M, Henderson A, Chow S, Yao G. Relationship between motor proficiency, attention, impulse, and activity in children with ADHD. Dev Med Child Neurol 2004 ; 46(6) : 381–8.
Van Ewijk H, Heslenfeld DJ, Zwiers MP, Buitelaar JK, Oosterlaan J. Diffusion tensor imaging in ADHD. A systematic revue and meta-analysis. Neurosci Biobehav Rev 2012 ; 36 : 1093–106.
Volkow ND, Wang GJ, Newcorn JH, Kollins SH, Wigal TL, Telang F, et al. Motivation deficit in ADHD is associated with dysfunction of the dopamine reward pathway. Mol Psychiatry 2011 ; 16(11) : 1147–54.
Wainwright A, Bryson S. The development of exogenous orienting : mechanisms of control. J Exp Child Psychol 2002 ; 82(2) : 141–55.
Walch LP. Approche neuropsychologique du fonctionnement attentionnel chez un ancien grand prématuré âgé de 10 ans. Développements 2012 ; 11 : 15–23.
Westerberg H, Hirvikoski T, Forssberg H, Klingberg T. Visuo-spatial working memory span : a sensitive measure of cognitive deficits in children with ADHD. Child Neuropsychol 2004 ; 10(3) : 155–61.
Zazzo R. Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant. Neuchâtel : Delachaux et Nieslé ; 1960.
Zimmermann P, Fimm B. Test d'évaluation de l'attention (TEA). Manuel. Psytest : Würselen (Germany) ; 2004.
Zimmermann P, Gondan M, Fimm B. Test d'évaluation de l'attention (KiTAP). Version pour enfants. Manuel. Psytest : Herzogenrath (Germany) ; 2005.

Langage écrit, acquisition et troubles

CHAPITRE 6

PLAN DU CHAPITRE

Introduction

Caractéristiques des langues écrites
Des langues plus ou moins transparentes

Procédures de reconnaissance des mots : les deux voies de la lecture
Médiation phonologique
Voie lexicale
Complémentarité des deux voies

Processus phonologiques et aspects développementaux
Traitements phonologiques
Conscience phonologique : développement
Phonologie et accès à la lecture
Rôle de la phonologie *aussi* dans la lecture silencieuse

Connaissance des lettres
Substrat cérébral

Processus neurovisuels et aspects développementaux
Saisie du texte : organisation du regard
Saccades
Fixations
Au total

Traitement cognitif : l'identification du mot
Invariance perceptive
Sensibilité orthographique
Voisins orthographiques
Substrat cérébral : aire de la forme visuelle des mots écrits
Au total

Autres compétences cognitives sollicitées

Mémoire de travail (MT)
Fonctions attentionnelles et exécutives
Intelligence et connaissances générales
Au total

Apprendre la langue écrite
Étapes de l'accès à la lecture
Stade logographique (3–4 ans)
Stade alphabétique (4–6 ans)
Stade orthographique

Constitution du lexique orthographique
Rôle de la morphologie
Au total

Orthographier
Stratégies orthographiques
Fautes d'orthographe
Au total

Conclusion
Apprentissage de la lecture chez des adultes

Dyslexies

Diagnostic
Signes d'appel
Évaluation à visée diagnostique

Réflexions autour du terme de « dyslexie »
« Difficultés » en lecture
Troubles neurodéveloppementaux : les dyslexies « vraies »

Dyslexie phonologique
Hypothèses neurophysiologiques
Symptomatologie, diagnostic
Substrats cérébraux
Axes thérapeutiques

Dyslexie visuo-attentionnelle
Modèles oculomoteurs
Modèles attentionnels
Signes cliniques
Axes thérapeutiques

Dyslexies mixtes
Symptômes
Propositions thérapeutiques

Des dysorthographies isolées (en l'absence de dyslexie)
Un cas très particulier : la dyslexie dysgnosique

Dyslexies accompagnées
Dyslexies-symptômes
Dyslexies secondaires à des troubles du langage oral
Dyslexies dans le cadre d'une dyspraxie visuospatiale
Dyslexies secondaires à un syndrome dys-exécutif

Comorbidités
Dyslexie et trouble moteur et/ou trouble du geste (TAC, dyspraxies)
Dyslexie et troubles du graphisme (dysgraphies)
Dyslexie et dyscalculie

Des associations dont l'interprétation est contextuelle
Dyslexies et déficit en mémoire de travail
Dyslexies et troubles de l'attention
Synthèse

Préconisations générales et évolution

Prise en charge de la dyslexie
Stratégies de rééducation
Aides à la scolarité (compensations, palliatifs)
Aides techniques

Dysorthographie associée
Pronostic des dyslexies-dysorthographies
À l'âge adulte

Conclusion
Illettrisme et dyslexie

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Adolescent dyslexique parlant de sa secrétaire :
« je révise sur ses fiches parce que quand c'est elle qui écrit, j'arrive à me relire ».

La représentation du langage oral par des signes sur un support durable, permet l'échange d'informations à distance et leur conservation. L'avènement de l'écrit dans le développement des sociétés humaines[152] représente un événement considérable scindant l'histoire humaine en un avant (l'ère préhistorique) et un après (l'histoire).

Passer du langage oral au langage écrit ne consiste *pas uniquement* à transcoder, c'est-à-dire de passer du code oral au code écrit (transcription) ou inversement (lecture), les informations véhiculées par les deux codes étant sensiblement différentes. L'absence d'interlocuteur prive aussi bien le lecteur que le scripteur des mimiques, attitudes, intonations, imposant alors des règles plus complexes et plus formelles que l'oral.

Or, si nous disposons bien d'emblée d'une « boîte à outils » génétiquement déterminée pour apprendre à parler notre langue maternelle, nous n'en disposons pas pour accéder, tel que, au langage écrit. Le cerveau humain est mis au défi de recycler certains des outils cognitifs qu'il possède pour accéder, malgré tout, à l'écrit. Ce n'est que lorsque ces nouveaux réseaux de neurones seront non seulement fonctionnels mais *automatisés* – automatiquement mis en route, de façon harmonieuse et efficace, lors de la perception d'un mot écrit – que l'apprentissage sera réussi (terminé). De façon très habituelle « ça le fait ! » et tellement bien que l'être humain devenu lecteur, confronté aux mots, ne peut faire autrement que de les lire. Une fois la lecture acquise, automatisée, elle est irrépressible.

On constate rapidement qu'il est très difficile de faire abstraction du *sens* des mots : ce dernier *s'impose* automatiquement, en dépit de la consigne et de la volonté consciente du sujet.

L'effet Stroop

On demande à des sujets normo-lecteurs d'énoncer rapidement *la couleur* avec laquelle les mots sont écrits : **BLEU** (il faut dire /rouge/[154]) – **JAUNE** (il faut dire /vert/, etc.) – **VERT** – **NOIR** – **ROUGE**, etc.

Ainsi, apprendre la langue écrite, capacité facultative au regard de l'Évolution mais indispensable dans nos sociétés modernes, consiste à créer (par entraînement) des réseaux de neurones inédits qui *mettront en relation, dans l'hémisphère gauche, certaines aires visuelles spécifiques* (une fraction de la voie visuelle ventrale) *et certaines aires spécifiques du langage* (celles dédiées à la phonologie et au lexique).

Introduction

Caractéristiques des langues écrites

Les langues peuvent, théoriquement, traduire en signes graphiques soit les concepts ou « idées » (*idéogrammes*[153]), soit les sons de la langue orale (*phonèmes*).

Les langues écrites qui codent les *sons* de la langue orale (syllabiques ou alphabétiques), ne peuvent être lues et comprises *que* par les locuteurs de cette même langue. En contrepartie, un nombre restreint et *limité* de symboles (les graphèmes[155]) permet de traduire *tous* les sons de la langue. Leur apprentissage est *génératif* puisque leur combinatoire, infinie, donne accès à la lecture de tous les mots (existants ou possibles) de cette langue. Accessible au plus grand nombre, il rend possible la scolarisation de masse.

[152] Diverses formes d'écritures seraient apparues aux environs de 5000 avant JC, dans différentes civilisations, servant essentiellement le commerce et les besoins comptables.

[153] En réalité, les idéogrammes contiennent *aussi* des éléments qui codent les sons de la langue.

[154] Par convention, on inscrira entre deux/ slash/ les sons ou mots oraux.

[155] Graphème : lettre ou suite de lettres correspondant à *un* phonème (ai, au, on, ou, oi, oin, gn…).

Les alphabets sont tous constitués de signes graphiques (les lettres) arbitraires mais conventionnels, organisés selon un *ordre sériel* reflétant celui de la chaîne parlée.

Lire, c'est extraire du sens à partir de suites séquentielles de signes écrits appartenant à un code arbitraire, commun à toute une communauté.

Des langues plus ou moins transparentes

Certaines langues, dites opaques (en particulier l'anglais, et à un moindre degré le français), ne se contentent pas de transcrire les sons de la langue. Elles introduisent aussi dans la forme écrite des éléments de *sens*, en utilisant des graphies différentes selon la signification ou l'étymologie du mot (saint/sein/ceint). Se construisent ainsi de nombreuses *irrégularités orthographiques*.

L'opacité de la langue écrite française[156]

L'adoption du français comme langue royale en remplacement du latin (XIVe siècle) a renforcé chez les clercs une réaction qui s'est traduite par un mouvement accéléré de *complexification* de l'orthographe du moyen français, par le biais d'une « latinisation » forcée de la graphie originelle (phonétique). Ex. : ki → qui, ten → temps, pois → poids, puis → puits, etc. L'ordonnance de Villers-Cotterêts (1539) renforce encore l'orthographe étymologique. La plupart de ces complexifications sont censées être légitimées par leur étymologie mais en fait beaucoup sont complètement arbitraires et *liées à un élitisme affiché*. Ainsi, en 1762, la quatrième édition du dictionnaire de l'Académie française précise que l'orthographe « permet de distinguer les hommes de lettres des ignorants et des femmes simples ». Ce courant orthographique complexe se fixe au début du XIXe puis s'ancre ensuite dans la pratique de la scolarisation de masse (Jules Ferry, lois sur l'obligation d'instruction, 1881–1882).

Actuellement on compterait environ (selon les linguistes) 190 graphies pour transcrire 35 phonèmes (à comparer à l'italien : 33 graphies pour 25 phonèmes). Dans les années 1990, un projet de réforme simplificatrice de l'orthographe avait été envisagé[157] mais a rencontré de nombreux obstacles (essentiellement idéologiques) et a finalement été abandonné…

Ceci a un effet sur la lecture : les mots « irréguliers » (ex. : femme, oignon, charisme, etc.) demandent des traitements cognitifs *plus longs* que les mots réguliers (caméra, bateau, exact).

Différentes catégories de mots écrits

- Les *mots réguliers* sont ceux qui peuvent être lus *en appliquant strictement les règles* de conversion graphophonologiques : jupe, loustic, strapontin, kiwi. Les mots inconnus, rares (*boustrophédon*), les noms propres et les pseudo-mots (sirvalu, strompe) peuvent être lus ainsi.
- Les *mots irréguliers*, à l'inverse, sont ceux qui ne peuvent *pas* être lus en appliquant ces règles : gars, aquarium, igloo, temps, etc.

L'acte de lire recouvre de nombreuses opérations mentales. Cependant, l'opération centrale et véritablement *spécifique* de la lecture est l'*identification des mots* donnant accès à leur signification.

La *compréhension* (des mots, des phrases, des textes) concerne l'*ensemble* des compétences linguistiques (langage oral, construction de réseaux lexico-sémantiques et leur accès [chapitre 2]), mais aussi toutes les capacités cognitives *transversales* du sujet (mémoires, attention, fonctions exécutives, facteur g, sans oublier la cognition sociale du lecteur [chapitre 1]). Ce n'est donc pas un processus spécifique à l'écrit.

156 En partie inspiré de : Rectifications orthographiques du français. Wikipédia, l'encyclopédie libre ; 2011 jul 24, 14 : 01 UTC [cited 2011 oct 14].

157 Masson M. *L'orthographe : guide pratique de la réforme*. Paris : Seuil 1991.

Distinguer lecture (identification précise des mots écrits) et compréhension

Billard (2001), étudiant des populations de mauvais lecteurs, montre d'une part que lecture et compréhension évoluent différemment dans le temps (de nombreux mauvais lecteurs restent de mauvais lecteurs mais accèdent à une bonne compréhension); d'autre part que les variables corrélées à ces difficultés et leur évolution sont différentes selon que l'on s'intéresse à la lecture ou à la compréhension :

- les compétences *en lecture* (*vitesse et précision d'identification des mots* écrits) sont corrélées au niveau de conscience phonologique et de dénomination rapide; elles sont également corrélées aux scores obtenus en orthographe;
- au contraire, les performances *en compréhension* de texte sont corrélées à l'efficience non verbale et au niveau de vocabulaire (ces mêmes fonctions cognitives n'étant pas déficitaires chez les mauvais lecteurs).

Lecture et compréhension reposent bien sur des compétences distinctes, même si on doit avoir un niveau de déchiffrage minimal pour comprendre...

Procédures de reconnaissance des mots : les deux voies de la lecture

L'identification des mots écrits et leur appariement au sens (accès sémantique) peuvent se faire selon deux stratégies principales, dites « les deux voies de la lecture » :

- la *médiation phonologique* : la suite des graphèmes est convertie en la séquence de sons correspondants (conversions graphèmes-phonèmes) qui, *assemblés*, reconstituent la forme orale du mot écrit. Si cette dernière appartient au lexique auditif du lecteur, il accède alors à sa signification ;
- la *procédure lexicale* : c'est le mot écrit – la séquence ordonnée de la suite des lettres – qui est directement *adressé* à un « lexique orthographique » qui recèle sa signification.

Le classique modèle des deux voies de la lecture de Coltheart et al. (1978, 2000 [fig. 6.1]) a été maintes fois confirmé, à la fois expérimentalement et par l'étude de la pathologie, qu'il s'agisse des alexies de l'adulte touchant *soit* l'une *soit* l'autre voie de la lecture, ou encore chez l'enfant (Zorman, 2002).

Médiation phonologique

Cette voie est également appelée, selon les auteurs :

- voie *indirecte*, car l'accès au lexique auditif dépend de l'étape intermédiaire de conversion des lettres et graphèmes en phonèmes et syllabes ;
- ou encore *combinatoire*, ou voie d'*assemblage* puisque la suite de sons issue de cette conversion doit être assemblée pour reconstituer le mot. Il est en effet possible de produire la suite correcte de sons correspondant au mot écrit mais sans accéder au sens : c'est le cas lorsque le sujet ne procède pas à l'étape d'assemblage (ex. : /ba/ … /to/ → ?) ;
- on parle aussi de *déchiffrage* : la médiation phonologique implique un décryptage, une traduction sonore terme à terme des lettres ou groupes de lettres composant le mot.

La suite de graphèmes est convertie (selon des règles propres à chaque langue, explicitement apprises par le lecteur) en une suite de sons que le lecteur doit ensuite *assembler* pour reconstituer le mot (oralisation ou subvocalisation[158] du mot).

S'il peut être apparié à un mot *préexistant* dans le *lexique auditif* du sujet, le mot ainsi sonorisé est reconnu : une signification lui est assignée

[158] On appelle subvocalisation le fait de sonoriser le mot « dans sa tête », silencieusement, sans qu'il y ait ni sonorisation effective, ni même mouvements des lèvres (sans mobiliser la parole effective).

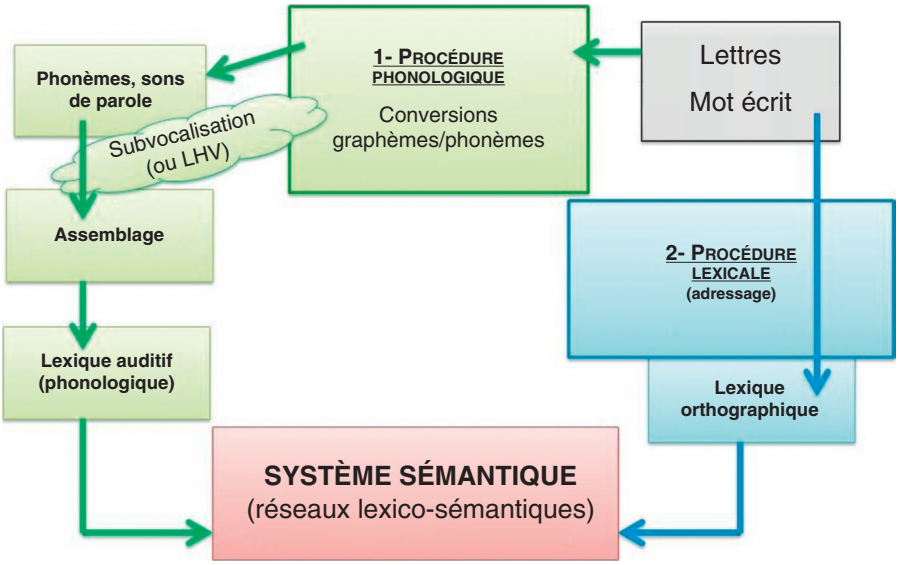


Fig. 6.1. Représentation schématique du modèle à deux voies de la lecture.
LHV : lecture à haute voix (facultative). En vert : la voie phonologique ; en bleu : la voie lexicale.

(sauf pour les non-mots ou pseudo-mots[159], sans signification).

La phonologie joue un rôle d'autant plus important dans l'accès à la signification que le mot écrit est de *basse fréquence* (ex. : chope *versus* chose) ou inconnu du sujet.

Voie lexicale

Cette voie est également appelée voie *directe* ou voie d'*adressage*, car le lecteur met *directement* en lien le mot écrit avec sa signification : il l'*adresse* à son lexique orthographique, stocké en mémoire à long terme. Il s'agit là d'identifier visuellement la *suite ordonnée des lettres* qui compose le mot, sans passer au préalable par sa forme phonologique sonore. Cette voie lexicale est utilisable pour des mots écrits *déjà connus* du lecteur : le mot identifié active alors sa signification (accès sémantique) dans son *lexique orthographique*.

La voie d'adressage permet une identification *rapide* et *précise,* fonction de la suite exacte des lettres (forme orthographique du mot), permettant de distinguer rapidement *ils s'attardèrent* de *ils s'attrapèrent*. Elle seule permet la lecture des mots irréguliers.

Cette voie est fondamentale pour accéder à la compréhension de textes, car la *vitesse* de lecture constitue un élément décisif (ceci est en lien avec le fait que la mémoire de travail est inefficace si les traitements cognitifs sont trop lents [chapitre 4]).

Complémentarité des deux voies

Ces deux procédures ne s'opposent pas : elles se complètent. Chez le normo-lecteur, elles s'entrelacent et s'interpénètrent en permanence car elles répondent à des contraintes différentes (fig. 6.1).

Mais contrairement à la situation d'assemblage (où l'on adresse le code phonologique du mot à un lexique oral qui existe *de longue date* chez tous les locuteurs, qu'ils apprennent ou non à lire), il y a dans le processus d'adressage une difficulté particulière qui est liée à la question de la *constitution* du lexique orthographique. Ce dernier en effet ne préexiste pas à l'apprentissage de la lecture : il est la *résultante*, en spirale, de l'activité même

[159] Non-mots (trachemine) ou pseudo-mots (naison, roze) sont des « faux mots » inventés. En situation écologique de lecture cela correspond soit aux noms propres, soit à un mot inconnu du lecteur.

Tableau 6.1. Caractéristiques comparées des deux voies de la lecture.

Voie d'assemblage (indirecte, médiation phonologique)	Voie d'adressage (directe, lexicale)
– Requiert la connaissance des règles de conversion graphophonologique – La phase d'assemblage sollicite beaucoup la MT	Nécessite une prise d'information visuelle optimale (saccades, lieu de la fixation et empan visuo-attentionnel, *cf. infra*)
Utilisée pour lire : – non-mots (*voie obligée*) – mots réguliers, – mots *nouveaux* pour le lecteur (sous leur forme écrite) → Accès au *lexique auditif* (préexistant)	Utilisée pour lire : – mots irréguliers (*voie obligée*) – mots *déjà connus* du lecteur (sous leur forme écrite) → Accès au *lexique orthographique* (constitution progressive)
Lecture plus lente ; la durée de lecture dépend de la longueur et de la complexité graphophonologique du mot	Lecture rapide, indépendante de la longueur et de la complexité orthographique du mot
Corrélat cérébral : zone de Broca	*Corrélat cérébral* : zone temporale ventrale G (aire de la forme visuelle des mots)

Tableau 6.2. Tester chacune des deux voies.

	Médiation phonologique	Voie lexicale
Mots réguliers	+++	+ (selon la fréquence du mot et l'âge/ l'expertise du lecteur)
Mots irréguliers	**Non**	+++ **Voie obligée**
Non-mots ou pseudo-mots	+++ **voie obligée**	**Non**

de lire (*cf. infra* : l'apprentissage de la lecture). Il se construit donc secondairement et progressivement au fil de l'exposition aux mots écrits et de leur déchiffrement.

C'est pourquoi, l'enfant développe ces deux voies selon un tempo différent : la voie d'assemblage est utilisée en première intention par les débutants. La voie d'adressage se construit ensuite progressivement, jusqu'à devenir prédominante chez l'expert.

Les caractéristiques propres à chacune des deux voies sont résumées dans le tableau 6.1.

L'utilisation, *lors des évaluations de lecture*, de différentes listes contenant des mots réguliers, irréguliers et pseudo-mots (ODEDYS ou BALE[160]), choisis selon leur fréquence et étalonnés en fonction de l'âge et du niveau scolaire de l'enfant, permet de juger de la voie préférentielle (unique ?) utilisée par l'enfant (tableau 6.2).

La *nature des erreurs* produites est un indicateur précieux :

- les *régularisations* de mots irréguliers signent une stratégie de médiation phonologique, l'application (non pertinente ici) des règles de conversion graphème/phonème (album → *al/bu/me*, paon → *pa/on*) ;
- les *lexicalisations* des pseudo-mots (le fait de les assimiler à un mot connu du lexique) traduisent une stratégie lexicale (gental → *gentil*).

Habituellement, chaque normo-lecteur mobilise *simultanément* les deux voies, activant l'une ou l'autre de façon préférentielle, en fonction de son degré d'expertise et des mots rencontrés.

D'une façon générale, les lecteurs experts lisent essentiellement par la voie d'adressage, complétée, ponctuellement, pour quelques mots rares ou noms propres, par la voie d'assemblage.

[160] En téléchargement libre et gratuit sur : http://www.cognisciences.com

L'accès à la lecture dite *courante* (mi-CE1/fin de CE2) marque habituellement l'entrée progressive et préférentielle dans la lecture par adressage. La lecture est plus rapide car de moins en moins de mots font l'objet d'un déchiffrage. Dès lors l'automatisation de la lecture permet d'alimenter l'enfant en textes plus longs, plus complexes mais aussi plus conformes à ses centres d'intérêts et sans fatigue.

Les processus cognitifs spécifiquement impliqués dans l'acte de lire sont deux ordres : phonologiques *et* neurovisuels. Ils concourent *ensemble* à une lecture exacte, fluide et rapide, toutes conditions indispensables à une bonne compréhension du texte.

Processus phonologiques et aspects développementaux

Les écritures alphabétiques ayant choisi de coder essentiellement les sons de langue, les traitements phonologiques appliqués à l'écrit sont du même ordre que ceux appliqués à l'oral, à cette différence fondamentale près qu'à l'oral ils restent implicites, alors qu'à l'écrit ils *doivent être conscients*.

Accéder au code écrit demande en effet de pouvoir isoler *intentionnellement* les unités sonores (segmentation), de pouvoir les manipuler explicitement (conscience phonologique ou habiletés métaphonologiques) de façon à pouvoir leur apparier leur équivalent graphique.

L'enfant doit donc apprendre à appliquer au mot un traitement non sémantique et non automatique : il doit découper *délibérément* le mot en unités de sons de plus en plus petites, idéalement jusqu'au phonème.

L'absence de correspondance bi-univoque entre oral et écrit

« La difficulté du système alphabétique est que si les lettres sont des unités isolables visuellement les unes des autres, ce n'est pas le cas de leur correspondant sonore. Ce correspondant sonore n'est pas un son mais un phonème qui correspond à une catégorie abstraite de son (sans expression acoustique stable). En outre, il n'est pas prononcé isolément (sauf les voyelles), les sons sont co-articulés, ce qui rend leur identification consciente particulièrement difficile. »

(Casalis, 2005, p. 161)

Traitements phonologiques

Conscience phonologique : développement

Cette conscience phonologique – également désignée sous les vocables d'habiletés métaphonologiques ou de métaphonologie – est donc une des conditions de l'accès à l'écrit dans les langues alphabétiques.

Discrimination phonologique et conscience phonologique

Il ne faut pas confondre :

- la *discrimination* phonologique, qui fait partie des compétences précoces du nouveau-né, compétences *implicites* en œuvre dans l'acquisition du langage oral (l'enfant comprend « spontanément », dans le langage qui lui est adressé, la distinction entre les trois mots pain/bain/main [chapitre 2]) ;
- avec la *conscience* phonologique, qui consiste en une manipulation *intentionnelle* et *explicite* des sons de la langue. L'enfant montre qu'il est conscient de ces distinctions sonores en manipulant délibérément les sons composant mots (ex. : suppression, à l'oral, du premier son d'un mot pour trouver un autre mot, tel /bras/ → /rat/).

L'apprentissage d'une langue alphabétique suppose que le lecteur puisse faire des liens entre les

unités sonores (phonologiques) qui composent le mot et les symboles qui les codent (les graphèmes). Or, isoler les sons de la langue est une opération qui n'est ni triviale, ni spontanée. Jusque vers 4 ans, l'enfant ne peut activer intentionnellement *que* la représentation sémantique attachée aux mots oraux (ainsi, dans /vache/ le jeune enfant ne peut pas entendre /va/ ; s'il doit entendre quelque chose dans vache, c'est « *meuh !* »).

À cet âge, l'enfant commence à prendre conscience que la langue orale, indépendamment des significations, est constituée de *sons*. Il s'intéresse alors aux jeux de rimes, puis aux syllabes.

Cependant de nombreux travaux concordants ont montré qu'un entraînement limité aux rimes ou syllabes ne permet pas d'accéder finement au principe des langues alphabétiques. L'accès *au niveau du phonème* est une étape fondamentale de l'apprentissage de l'écrit.

Sous l'*effet de l'entraînement* (sans lequel cette capacité de se manifesterait pas), les enfants de classe maternelle et de début d'école primaire manipulent de plus en plus finement les sons de leur langue : d'abord les syllabes, puis les sons voyelliques (environ 5 ans) et enfin les phonèmes (environ 6 ans). Typiquement, il s'agit de compter les syllabes, d'isoler certains aspects infralexicaux, de les segmenter, les fusionner, les intervertir…

Les capacités métaphonologiques en grande section de maternelle (à 6 ans) prédisent de façon fiable les performances ultérieures de l'enfant en lecture (en CE et au-delà).

Exemples d'entraînement à la conscience phonologique

- Au niveau de la syllabe : on peut proposer des exercices de comptage syllabique, de suppression syllabique (merci → mer), d'inversion syllabique (radis → dira), de chaîne syllabique (tapis → pilon → longtemps → tante)… ;
- Au niveau phonémique, les phonèmes (hormis les voyelles et quelques rares consonnes) ne sont dans l'ensemble *pas prononçables isolément*. Le travail de conscientisation à ce niveau doit donc faire appel à quelques subterfuges qui évitent de faire prononcer le phonème cible : suppression du 1er phonème (sage → âge, pluie → lui), modification d'un phonème (remplacer /p/ par /n/ : pull → nul, cape → canne)…
- Dans tous les cas, pour l'enfant, les sons de parole (syllabiques ou phonémiques) sont d'abord plus faciles à repérer en *début* de mot, puis en *fin* de mot et seulement en dernière intention en *milieu* de mot.

Phonologie et accès à la lecture

De nombreux travaux ont montré l'influence prépondérante de la phonologie lors de l'accès à la lecture. Ainsi, l'effet de la *régularité orthographique* est présent en lecture dès 4 mois d'enseignement (les enfants peuvent lire des mots ou non-mots réguliers), alors que l'effet de fréquence des mots et de lexicalité ne commence à se manifester (témoignant du début de la constitution du lexique orthographique) que vers la fin du CP. En production d'écrits (spontanés ou sous dictée), cet effet de régularité orthographique est encore plus massif et plus précoce.

Les graphies complexes (ai, au, oin, eau…), les lettres contextuelles (dont la phonologie change en fonction du contexte, tels /c/ ou /g/ devant e/i ou a/u/o) et les lettres muettes nécessitent non seulement un apprentissage formel, mais également une *fréquente occurrence* qui fixera l'identification immédiate et automatisée de ces di- ou trigraphes.

Au fur et à mesure qu'il expérimente la médiation phonologique, l'enfant inscrit progressivement de nouveaux mots dans son lexique orthographique.

Corrélats cérébraux

Ces capacités en métaphonologie reposent sur les réseaux langagiers qui incluent spécifiquement l'aire de Broca, dans l'hémisphère gauche.

En résumé, l'*automatisation* des traitements métaphonologiques conduit à la reconnaissance rapide, précise et automatique des mots lus, permettant à terme la constitution du lexique orthographique et la compréhension de l'écrit.

Rôle de la phonologie *aussi* dans la lecture silencieuse

Le lecteur expert n'utilise que rarement la médiation phonologique, il privilégie la voie lexicale. Pourtant, outre l'identification visuelle du mot, le lecteur accède *aussi* à l'information phonologique (la forme sonore du mot) aussi bien dans les langues alphabétiques que dans les langues non alphabétiques (chinois, japonais).

Homophonie et amorçage[161] sémantique

La présentation d'une amorce (ex. : thym) liée *sémantiquement* à la cible (ex. : romarin) va faciliter (accélérer) le traitement de la cible. Or, on observe la même facilitation pour la cible (« romarin ») si l'amorce est un homophone (teint) ou un pseudo-homophone (thin) (Lesch et Pollatsek, 1998).

Le code phonologique est en effet activé de façon *irrépressible* chez le normo-lecteur, y compris lors de la lecture silencieuse, et son rôle est important lors de la récupération des informations sémantiques. Cependant, même si les deux codes sont activés précocement (moins de 300 ms après la présentation du mot), lors de la lecture par adressage l'activation du code orthographique *précède* (de 40 à 50 ms) celle du code phonologique.

De très nombreux travaux « démontrent donc sans ambiguïté que ces deux codes, orthographiques et phonologiques, influencent conjointement les performances en lecture silencieuse et vont à l'encontre de toute théorie reposant exclusivement sur un seul de ces deux codes » (Ferrand, 2007, p. 230).

Connaissance des lettres

Les enfants repèrent souvent certaines lettres (par exemple, celles de leur prénom) dès avant la scolarisation ou dès la petite section de maternelle. Le nom des voyelles fait directement référence à leur phonologie, mais le nom de nombreuses lettres ne correspond pas à leur phonologie (ex. : f → /effe/, x → /iks/, c → /sé/), ce qui n'est pas congruent avec la conversion phonologique de /fou/→ « effe-ou » ou /ca/ → « sé-a ».

En dépit de ces discordances, on a montré depuis longtemps et à moult reprises que la connaissance du nom des lettres (en grande section de maternelle et début de CP) est, tout comme les connaissances phonologiques, un bon prédicteur des capacités ultérieures en lecture. En effet, la dénomination des lettres entretient d'importantes interactions avec les capacités de segmentation et de manipulation phonologique.

Substrat cérébral

Il est particulièrement intéressant de s'intéresser aux bases cérébrales *universelles* de la lecture, non seulement dans les langues alphabétiques mais aussi comparativement dans les langues logographiques (Tan et al., 2005). D'une façon plus générale, d'autres travaux confirment que *trois réseaux distincts* sont activés *selon que* le lecteur traite des *lettres*, des *sons* (phonologie) ou du *sens* (sémantique) (fig. 6.2).

[161] L'amorçage (ou *priming*) est un paradigme expérimental qui consiste en la présentation d'un stimulus (l'amorce) pour étudier son influence sur le traitement d'un autre stimulus (la cible) présenté dans un second temps.

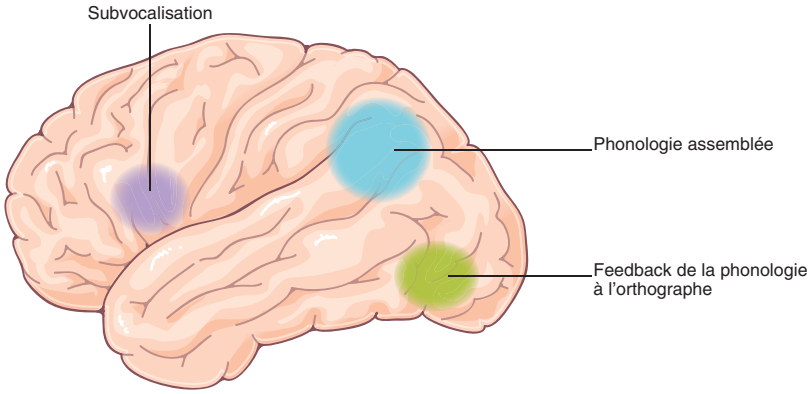


Fig. 6.2. Bases cérébrales du codage phonologique en lecture.
Phonologie « assemblée » = prélexicale, avant l'accès au lexique. *D'après : Tan LH, Laird AR, Li K, Fox PT. Neuroanatomical correlates of phonological processing of chinese characters and alphabetics words : a meta analysis. Hum Brain Mapp 2005 ; 25 : 83–91. Par Carole Fumat.*

Processus neurovisuels et aspects développementaux

Lorsqu'on envisage les processus neurovisuels liés à lecture, on doit considérer deux niveaux :

- la *saisie visuelle* d'un matériel particulier constitué d'une suite de mots écrits : l'organisation du regard permet de s'emparer de l'information contenue dans la séquence ordonnée des mots, des blancs, des phrases… ;
- l'*identification des mots* (isolés ou présents dans un texte) : procédure qui permet à partir de l'image rétinienne d'une suite ordonnée de lettres d'accéder à la signification.

Saisie du texte : organisation du regard

Bien avant d'impliquer des traitements linguistiques, la lecture impose que l'information écrite soit visuellement saisie dans des conditions optimales. Cela concerne en premier lieu les *mouvements* du regard qui doivent déplacer les yeux à la fois très rapidement, très précisément et d'une façon spécialement organisée pour balayer convenablement le texte.

Les yeux en effet ne se déplacent pas de façon continue le long des lignes, mais ils effectuent une succession de petits sauts extrêmement rapides, les *saccades* (de 15 à 30 millisecondes selon leur amplitude), saccades interrompues par des pauses (les *fixations*) durant lesquelles s'effectue le travail cognitif de lecture proprement dite (identification des mots).

Saccades

Elles sont *organisées* (fig. 6.3) pour l'essentiel linéairement de gauche à droite et permettent d'avancer dans le texte (saccades dites de *progression*). De temps à autre, on peut cependant enregistrer quelques saccades à rebours (dites de *régression*) : mot long ou défaut de compréhension imposant un retour en arrière. Enfin, on organise de grandes saccades de retour à la ligne, obliques de droite à gauche et orientées vers le bas.

Durant la saccade elle-même, il n'y a pas de perception.

Le *calibrage* de ces saccades, extrêmement précis, s'automatise dès le stade de lecture courante (environ CE2 ± 1 an). Il est piloté par la *perception* des noirs et blancs adjacents dans le champ visuel périphérique et par la *compréhension* (en temps réel) des mots précédents. Une saccade bien calibrée vise à placer la *fovéa*[162] de manière optimale par rapport au mot à lire.

[162] Petite zone rétinienne centrale qui seule permet une vision suffisamment précise et nette pour identifier les lettres, la qualité de l'information visuelle diminuant rapidement dès que l'on s'éloigne du point de fixation.

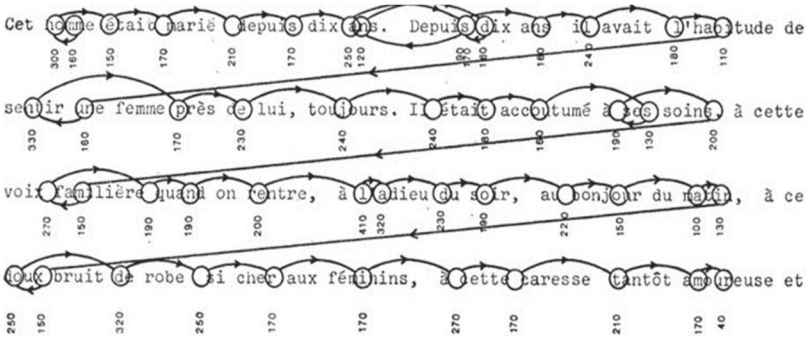


Fig. 6.3. Organisation des saccades (arcs de cercle fléchés) et fixations (zones cerclées) pendant la lecture.
Les chiffres indiquent la durée des fixations, en millisecondes. Source : O'Regan K, Lévy-Schoen A. Les mouvements de yeux au cours de la lecture. L'Année Psychologique 1978 ; 78(2) : 459–91.

NB. Les saccades visuelles sont aussi le reflet de l'attention (*cf.* fig. 3.8). L'organisation des saccades peut être comprise comme reflétant le *déplacement séquentiel de l'attention* au cours de la lecture.

Aspects développementaux

Cette organisation particulière des saccades dans la lecture repose sur un long apprentissage d'environ 2–3 ans (depuis la grande section de maternelle jusqu'au CE1-CE2), lequel s'appuie sur la maturation préalable de compétences oculomotrices précoces. Ces coordinations oculomotrices universelles sont « *recyclées* » (si l'enfant est soumis à l'apprentissage de la lecture) pour apprendre ces nouveaux gestes de regard indispensables pour lire. Il s'agit bien là de l'*apprentissage culturel* d'un geste de regard, d'une *praxie* (chapitre 3). En fonction des caractéristiques de leur langue écrite, les lecteurs arabes ou israéliens, eux, automatisent leurs saccades en sens inverse.

- *Repères chronologiques* (Quercia, 2010) : dès 6–7 ans, la fréquence des saccades *régressives* diminue (environ 34 %, à comparer à environ 10–15 % chez l'adulte normo-lecteur). La longueur des saccades augmente aussi progressivement. À 11 ans, il n'y a pratiquement plus de saccades de deux caractères alors qu'elles représentent 90 % des saccades à 6 ans (chez l'adulte environ 7–9 caractères).

Substrats cérébraux

Les saccades dépendent des centres prémoteurs, sous le contrôle activateur ou inhibiteur du cortex frontal et pariétal, du colliculus et des noyaux gris centraux. Le cervelet intervient également dans leur régulation temporelle et spatiale, leur précision.

Fixations

C'est pendant les fixations, qui durent presque dix fois plus longtemps que les saccades, que s'effectuent les traitements cognitifs aboutissant à l'identification du mot.

Durée : 50 à 500 ms, environ 200 à 300 ms en moyenne

Chez le lecteur expert, le décodage du mot est très rapide. La présence de mots rares augmente la durée de fixation, d'autant plus longue que l'accès au sens est lent ou difficile.

Lieu : *Optimal Viewing Position* (OVP)

Non seulement la qualité de l'information visuelle (l'acuité visuelle) diminue rapidement dès que l'on s'éloigne du point de fixation, mais le lieu *précis* de la fixation est capital en raison aussi du phénomène dit de *masquage latéral*. L'identification d'une lettre isolée est bien meilleure lorsque cette lettre est entourée de blancs que si elle est entourée d'autres lettres.

On a montré que l'OVP était, dans les langues lues de droite à gauche, un peu à gauche du centre du mot.

Le rôle de la vision périphérique

La vision périphérique (vision parafovéale) permet le repérage et l'identification des mots courts (1 à 3 lettres) et les prétraitements permettant de calibrer la saccade suivante en fonction des blancs, des caractéristiques du mot suivant (calcul de l'OVP).

Amplitude : l'empan visuo-attentionnel (EVA)

Bosse et al. (2007) définissent l'empan attentionnel comme la quantité d'éléments visuels distincts qui peuvent être traités simultanément (en parallèle) dans un groupe d'éléments. L'EVA correspond à la quantité d'unités orthographiques distinctes qui peuvent être traitées *simultanément* dans une séquence de lettres au cours d'*une seule* fixation.

Nous n'identifions vraiment (lecteur expert) que 10–12 lettres[163] à chaque fixation : 3–4 lettres à gauche du point de fixation et environ 7–8 lettres à droite (asymétrie inverse pour une lecture de droite à gauche). Cette fenêtre visuo-attentionnelle, appelée aussi empan perceptif, dépend de l'expertise du lecteur : plus le lecteur est débutant (ou peu performant) et/ou le texte difficile, plus l'empan visuel est réduit.

Substrat cérébral

Certains neurones *pariétaux* répondent de façon spécifique pendant la fixation (et non lors de la poursuite visuelle), mais les voies cérébrales de la fixation ne sont pas bien connues.

Deux systèmes de contrôle de l'orientation du regard

- Un *système top-down*[164] (réseau « dorsal » comprenant le cortex intrapariétal et le cortex frontal supérieur), impliqué dans la préparation et la mise en œuvre de l'orientation du regard en fonction du stimulus sélectionné. C'est le *projet du sujet* qui oriente le regard.
- Un *système bottom-up*[165] (réseau « ventral », incluant le cortex temporo-pariétal et le cortex frontal inférieur, particulièrement dans l'hémisphère droit), spécialisé dans la détection de stimuli saillants ou inattendus. Ce sont les *caractéristiques du stimulus* qui orientent le regard.

Aspects développementaux (Quercia, 2010)

La durée des fixations diminue avec l'âge et l'expertise en lecture : environ 300 ms vers 6–7 ans. De même en ce qui concerne le nombre de fixations pour 100 mots lus : 168 fixations vers 6–7 ans (adulte, environ 118 fixations). L'empan visuel devient asymétrique vers la droite aux alentours de 8–9 ans. Le *comportement visuel* de l'enfant normo-lecteur ressemble à celui de l'adulte aux alentours de l'âge de 12 ans (classe de 6e).

Au total

La qualité et la précision de la saisie d'un texte, de *chaque mot* au sein du texte, sont un facteur absolument décisif, avant même d'aborder la suite des opérations cognitives conduisant à attribuer du sens aux mots écrits. Les traitements cognitifs ultérieurs sont entièrement sous la dépendance de ces aspects neurovisuels (fig. 6.4).

Succession des événements lors de la lecture (fig. 6.4)

À partir de la fixation d'un mot (lecteur expert, adressage), le cortex visuel est activé moins de 100 ms après, puis les aires cingulaires frontales (attention exécutive), encore 100 ms plus tard. L'accès au sens du mot (accès au lexique sémantique) se produit environ 250 ms après le début de la fixation. *Simulta-*

163 En fait, ce sont 14–15 caractères qui sont perçus sur la droite, mais ils ne permettent pas la reconnaissance lexicale. Ils servent de support au prétraitement de la saccade oculaire suivante.

164 Top-down : processus « descendant » littéralement du haut vers le bas, consistant en un traitement d'un stimulus fondé sur les connaissances du sujet.

165 Bottum-up : processus « ascendant » (du bas vers le haut »), dirigé par les caractéristiques perceptives ou sensori-motrices.

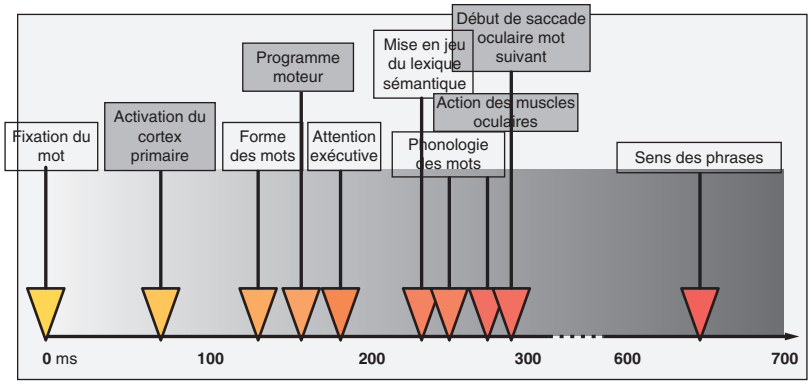


Fig. 6.4. Chronologie des événements lors de la lecture.
D'après Posner MI, Abdullaev YG, McCandliss BD, Sereno SC. Anatomy circuitry and plasticity of word reading. Neuroreport 1999; 10(3) : R12–23. Erratum in Neuroreport 1999 : 10(9), inside back cover.

nément, on note la préparation de la saccade suivante (étiquettes en grisé) : mise en jeu du programme moteur, action des muscles oculaires et début effectif de la saccade suivante environ 300 ms après la précédente.

Traitement cognitif : l'identification du mot

Une fois la fixation parfaitement placée par un sujet ayant judicieusement calibré ses saccades et possédant une fenêtre visuo-attentionnelle de bonne taille, *alors* peuvent s'effectuer les différents traitements cognitifs qui aboutiront à l'*identification de la forme orthographique* du mot et permettront l'accès au sens, *via* le lexique orthographique stocké en mémoire à long terme. Différents éléments sous-tendent cette identification.

Invariance perceptive

Les *lettres* constituent les unités de base de la perception des mots écrits. Mais l'unité pertinente pour la lecture d'un mot est indépendante de la police, de la taille, de la casse : c'est l'identité *abstraite* des lettres qui est traitée.

Cette connaissance abstraite résulte de l'existence de neurones *détecteurs de traits caractéristiques* dont l'arrangement constitue les lettres. Il existe ainsi des neurones capables de reconnaître les lettres quelle que soit leur apparence, leur forme de surface. Cette invariance perceptive, *acquise par apprentissage*, nous permet de traiter de la même façon, par exemple e = E = 𝔈 ; a = ɑ = A = 𝒜, mais nous permet aussi de percevoir facilement la différence entre r ≠ n ≠ h / o ≠ c ≠ e / f ≠ t ou encore O ≠ Q (OUI ≠ QUI).

Sensibilité orthographique

Contrairement à des hypothèses anciennes, l'enveloppe du mot, ses contours, sa forme visuelle globale (en minuscules ou en cursives, avec des lettres de différentes tailles, qui montent et qui descendent), ne jouent *aucun* rôle dans la lecture.

Le contour visuel du mot est sans influence sur la lecture (Iannuzzi, 2010, p. 19–21)

- La détection d'erreur sur une lettre dans un mot est indépendante du fait que sa forme globale soit ou non respectée (mais dépend bien des lettres contiguës).
- Les mots ayant une forme globale rare ne sont pas lus plus vite que ceux ayant une forme globale très fréquente (qui devraient induire a *priori* plus de possibilités de confusion et donc d'incertitudes).

- L'espacement entre les lettres de mots écrits en minuscules, qui détruit la forme globale du mot, n'a pas d'influence négative sur la lecture.
- En MAJUSCULES, il n'y a pas d'effet de forme (toutes les lettres sont de la même taille) et la lecture est en effet ralentie, de même lorsque l'on MéLaNgE les casses. Mais cet effet est à mettre directement en lien avec le défaut de familiarité du lecteur, peu habitué à ce type de texte, ce qui accroît le degré d'incertitude pour discriminer chaque lettre.

Seule la *suite sérielle* des lettres est traitée. L'information concernant la *position* des lettres dans le mot est codée au niveau cérébral.

C'est particulièrement important dans les langues comme le français (et l'anglais ou l'allemand) qui possèdent beaucoup d'anagrammes (ex. : mais/amis, lion/loin, maison/aimons).

Voisins orthographiques

L'identification visuelle précise d'un mot revient donc à le discriminer parmi ses « voisins » orthographiques fréquents, ceux qui partagent pratiquement les mêmes lettres dans le même ordre, à une lettre près (ex. : *fort* et *font* sont des voisins orthographiques). Plus un mot a de voisins orthographiques, plus il faut de temps pour l'identifier ; mais s'il est fréquent, il est plus rapidement identifié.

Dès le début de l'apprentissage, le jeune enfant est précocement sensible au voisinage orthographique. Ainsi, les pseudo-mots qui ont des voisins orthographiques fréquents (ex. : fecteur, proche de lecteur ou de facteur) sont lus plus facilement et avec moins d'erreurs par des enfants de CE1 que les pseudo-mots composés des mêmes syllabes mais qui ont peu (ou pas) de voisins orthographiques (ex. : teurfec). Cet effet est plus marqué dans les langues opaques (anglais, français) dans lesquelles les irrégularités, très fréquentes, favorisent le *recours aux analogies* orthographiques (Gombert et Peereman, 2001).

Ces résultats montrent que l'enfant est très tôt implicitement sensible aux régularités orthographiques des mots.

Substrat cérébral : aire de la forme visuelle des mots écrits[166]

Les études en IMR-f montrent :

- une réduction d'activation du *cortex cérébral occipital* droit pour les paires visuellement identiques (RADIO/RADIO), ce qui suggère que ces aires jouent un rôle dans le *codage des traits visuels* des lettres ;
- une réduction d'activation du gyrus fusiforme gauche (cortex temporal ventral) que les paires soient visuellement identiques *ou non* (rage/RAGE). Cette région ne code donc pas seulement la forme visuelle mais bien l'*identité abstraite des lettres*.

L'identification de la forme orthographique des mots active *automatiquement* une partie spécifique du lobe temporal (le gyrus fusiforme), et ce de façon bilatérale mais prépondérante dans l'hémisphère gauche : c'est l'*aire de la forme visuelle des mots* (fig. 6.5).

Les réseaux de la lecture : bilatéraux mais prédominants à gauche

Les potentiels évoqués visuels, la magnétoencéphalographie (MEG), comme les IRM-f, montrent que la lecture des mots active des réseaux occipito-frontaux bilatéraux. Mais seul le cortex temporal ventral de l'hémisphère gauche s'active *plus* pour des séquences de lettres que pour tout autre stimulus géométrique. L'aire visuelle de la forme visuelle des mots s'active 150 à 200 ms après la vision du mot (Cohen, 2006).

Chez les humains, l'apprentissage de l'écrit *réoriente* l'activité de ces neurones détecteurs de traits afin qu'ils codent de façon optimale les lettres et les mots.

166 Inspiré de Dehaene S. *Mécanismes cérébraux de la lecture*. Cours au Collège de France. 2007.

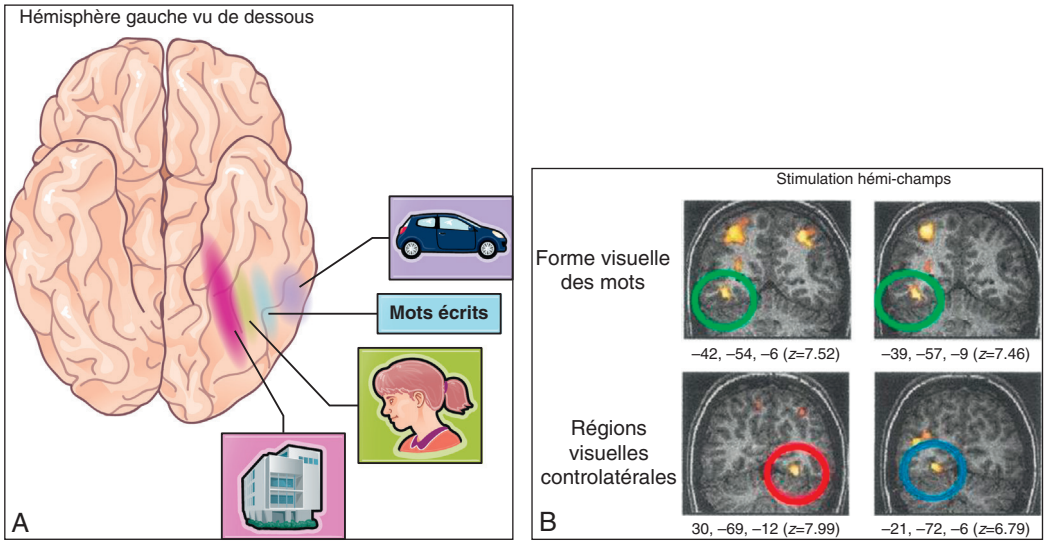


Fig. 6.5. La forme visuelle des mots.
A. L'identification des mots fait appel au « recyclage » d'une zone bien précise dans la partie ventrale du lobe temporal (d'après Ishai et al., 2000). *Par Carole Fumat.*
B. Forme visuelle des mots et régions temporales (IRM-f). *Source : Cohen L, Dehaene S, Naccache L, Lehericy S, Dehaene-lambertz G, Henaff MA, Michel F. The visual word form area. Brain 2000 ; 132 : 291–307.*

La nécessité de ce « recyclage neuronal » pourrait cependant aussi rendre compte de certaines difficultés. Le cortex inféro-temporal, « doué » pour l'invariance perceptive *quelle que soit l'orientation* du stimulus, pourrait aussi être à l'origine de difficultés pour distinguer les items symétriques. Cette « invariance de symétrie » doit donc être *désapprise* lors de l'apprentissage du langage écrit (Dehaene, 2010) ; *cf.* les fréquentes erreurs en miroir, (p/q ou p/b mais aussi un/nu, etc.) normales chez l'enfant jusque vers 5–7 ans, mais qui peuvent persister au-delà dans les cas pathologiques.

Au total

Les habiletés visuo-attentionnelles qui sous-tendent ces acquisitions sont normalement acquises aux alentours de 7–8 ans, permettant l'accès à une lecture fluide et compréhensive dans le courant de la seconde année d'école primaire (niveau CE). Ainsi, la présentation d'un mot de six lettres durant 40–60 ms est suffisante pour qu'un enfant de 7 ans en extraie l'information exacte et précise, ce qui correspond à la performance adulte.

Autres compétences cognitives sollicitées

Ces capacités – médiation phonologique et accès lexical – sont le cœur et la spécificité de l'acte de lire, mais elles ne sont bien évidemment pas isolées des autres capacités cognitives sans lesquelles le versant *compréhension* de textes serait compromis.

Outre les compétences en langage oral, on note l'implication particulièrement de la MT (chapitre 4) et des fonctions exécutives (chapitre 5), du facteur g (chapitre 1) et de la mémoire à long terme (chapitre 4).

Mémoire de travail (MT)

Comme dans toutes les activités linguistiques, la MT auditivo-verbale est très sollicitée, aussi bien durant la phase d'apprentissage de l'écrit (déchiffrer le mot) qu'ensuite, pour comprendre les phrases et le texte.

La *voie d'assemblage* aboutit au codage phonologique *sériel* des graphèmes successifs qui composent le mot. Tous ces éléments phonologiques dénués de sens (infralexicaux) doivent être brièvement conservés actifs en MT phonologique, afin de permettre leur assemblage et l'accès au lexique (sens). La charge en MT est d'autant plus importante que le mot est long, qu'il s'agit de *pseudo-mots*, que le lecteur est *novice ou peu performant* : il code alors en unités de conversion petites et donc d'autant plus nombreuses.

Lecture par assemblage et MT

Exemple : Clément, 8 ans ½, en CE2, d'intelligence normale, en grande difficulté de lecture et présentant un important déficit en MT auditivo-verbale (il répète seulement 2 chiffres à l'envers).

Ses difficultés sont majeures pour les mots de plus de 2 syllabes (qui débordent ses capacités en MT) : *robotique* → « /ro/-/bo/…/ti/…/keu/… /bo/tik/… ?/boutique/ ! ».

Au contraire, lorsque le lecteur expérimenté privilégie la voie lexicale (adressage), chaque mot (et non l'ensemble des graphèmes et phonèmes qui le constituent) représente *un* élément à maintenir actif en MT : cette dernière est alors beaucoup plus disponible pour construire la signification du texte à partir des éléments lexicaux et syntaxiques.

Fonctions attentionnelles et exécutives

L'*attention visuelle* et visuospatiale est sollicitée de différentes façons :

- quelle que soit la procédure utilisée, il faut une *stratégie* de regard adaptée à la typographie, la présentation et le contenu du texte. Il faut aussi savoir la *focaliser* sur certains mots choisis en fonction du lecteur et de ses objectifs : mots difficiles, inhabituels, inconnus, ou encore mots clés pour la signification ;
- l'obligation de calibrer précisément les saccades (OVP) est sous la dépendance du guidage attentionnel ++.

Intelligence et connaissances générales

La situation habituelle de lecture consiste à *comprendre* des phrases et des textes, à mettre en lien les informations extraites avec celles déjà connues… Le niveau de langue (niveau lexical, syntaxique, maîtrise des expressions idiomatiques, compréhension de la syntaxe textuelle[167]), les notions de temps et de chronologie ainsi que la mobilisation des représentations spatiales (descriptions de lieux), le niveau de conceptualisation (facteur g [chapitre 1]) et les connaissances sur le monde sont des facteurs fondamentaux pour rendre compte de la compréhension de textes.

Au total

Les usages scolaires, sociaux et personnels de la lecture exigent la mise en œuvre de nombreuses compétences cognitives. Les compétences spécifiques à l'acte de lire (phonologiques et/ou visuelles, permettant l'identification des mots) ne sauraient résumer l'entièreté des processus cognitifs mis en jeu. Les principales fonctions cognitives sollicitées lors de la lecture sont indiquées dans le tableau 6.3.

Un trouble de compréhension de texte peut renvoyer à de *nombreuses causes* dont chacune doit être explorée.

[167] Un texte (récit, discours…) n'est pas la simple juxtaposition de phrases bien construites. Des mots ou expressions (puis, alors que, pendant ce temps-là, donc, en effet, par ailleurs, mais, car, etc.) marquent les liens fonctionnels entre les phrases, leurs relations (sémantiques, chronologiques) et assurent la cohérence textuelle.

Tableau 6.3. Compétences sollicitées par chacune des deux voies.

Traitements	Médiation phonologique	Voie lexicale
Traitements liés aux entrées visuelles	– *Attention* visuelle et *stratégie* du regard (fonctions exécutives [chapitre 5]) – Organisation automatisée du regard (*praxie*) – Reconnaissance *gnosique* des lettres et graphèmes (chapitre 3)	
Traitements spécifiques à chaque voie	– *Traitements infralexicaux :* repérage des éléments infralexicaux pertinents – *MT phonologique* (auditivo-verbale) : d'autant plus sollicitée que l'enfant, débutant ou mauvais lecteur, travaille sur des segments infralexicaux de petite taille – Subvocalisation (facultative) : *évocation* de la forme sonore et *programmation practomotrice* des sons issus de la phase de conversion, puis des mots	– Précision des saccades (OVP) : « où et quand » ? – Attention visuospatiale – Identification de la forme écrite des mots – *Traitements syntaxiques* (désambiguïsation des homographes) – *MT* auditivo-verbale + fonctions exécutives
Traitements liés à – l'accès sémantique – la compréhension	Assemblage et accès au lexique auditif	Constitution préalable d'un *lexique orthographique*
	– Constitution et accès aux réseaux lexico-sémantiques – Mémoire à long terme et niveau de connaissances générales – Niveau de maîtrise de la langue – Niveau de conceptualisation (facteur g [chapitre 1])	

Apprendre la langue écrite

Progressivement, l'enfant développe sa capacité à coder phonologiquement les mots écrits, à organiser son regard et ses aptitudes visuospatiales et visuo-attentionnelles. *La coordination et l'automatisation de ces aptitudes* permettent la lecture courante, mais réclame un apprentissage long et intensif, spécifique, durant plusieurs mois avant d'être efficace (environ 3 à 24 mois).

Étapes de l'accès à la lecture

Dans nos sociétés, les tout-petits possèdent très précocement un savoir sur l'écrit. Bien avant de savoir lire, les enfants (dès 2 ans) distinguent les lettres des dessins ; ils savent que certains signes renvoient à « de l'écrit » et recèlent du sens.

Donner du sens à l'écrit, bien avant de savoir lire

Ainsi, Quentin, 2 ans ½, contemplant dans la rue une affiche publicitaire pour de l'électroménager, affiche où l'on voit une jeune femme faire du repassage, s'exclame, en désignant le mot écrit (la marque, allemande, du fer à repasser) : *ici, c'est écrit « maman »* ! Quentin montre ainsi qu'il sait que ces sigles cachent une signification précise, signification qu'il infère de l'illustration.

La nature du lien signifiant/signifié à l'écrit

Aux alentours de 3–4 ans, l'enfant n'imagine pas encore que signifiant et signifié soient sans lien : ainsi beaucoup de petits imaginent que le mot écrit « train » doit être beaucoup

plus *long* que le mot écrit « voiture », ou bien que le mot écrit « ours » doit être beaucoup plus *gros* que le mot écrit « fourmi » !

On peut repérer chez l'enfant tout-venant d'âge scolaire (3–7 ans), trois étapes d'accès à l'écrit, avec des recouvrements partiels d'une étape à l'autre : logographique, alphabétique et orthographique.

Stade logographique (3–4 ans)

Il s'agit de la reconnaissance « globale » de mots fréquents ou familiers. L'enfant reconnaît ainsi, tels des logos, quelques mots familiers de son environnement (enseignes de magasins, de banques, marques de divers produits de consommation, etc.) par la prise en compte de quelques lettres, de la casse et de la police, des couleurs, des signes diacritiques, du contexte, etc.

Entraîner la lecture logographique ?

Certains enfants sont encouragés, en moyenne et grande section de maternelle (quelquefois même durant le premier trimestre de CP), à reconnaître des *mots étiquettes* (prénoms, jours de la semaine, nom d'animaux…) ou de petites phrases correspondant à un récit ou un thème travaillé en classe. Les enseignants qui entraînent ces pratiques disent favoriser ainsi la prise de conscience par l'enfant que l'écrit recèle du sens et pensent initier la voie lexicale.

Cependant, il est difficile de savoir si l'enfant mémorise en effet la forme orthographique du mot, ou s'il utilise des repères logographiques. Cette dernière situation est d'autant plus plausible que l'enfant est plus jeune (et n'a pas encore pris conscience de l'importance des lettres et de leur strict ordonnancement) et que les mots proposés sont peu fréquents (clown, écureuil…).

Exemples (dernier trimestre de grande section) :

- tel pense qu'il y a écrit « Maëlys » (son prénom) alors qu'il s'agit de « Noël », s'appuyant probablement sur la présence du /ë/ ;
- Karima, 5 ; 9 ans, annonce fièrement qu'elle sait lire et, suivant avec son doigt chaque mot imprimé sous l'illustration (un écureuil dans un arbre), énonce lentement : « l'écureuil grimpe dans l'arbre », le texte écrit étant « l'écureuil mange des noisettes » ;
- Léo, en grande section de maternelle, sommé d'expliquer comment il distingue son étiquette prénom de celle de la petite Léa, déclare : « c'est facile : les deux c'est pareil mais moi, mon étiquette, elle est un peu cornée, ici ! ».
- Le jeune Anatole a fort bien associé le son /a/ et la lettre a, initiale de son prénom, association lettre-son qu'il recherche et retrouve dans de nombreux écrits (papa, balle…). Mais, travaillant en classe (grande section) avec l'étiquette « automne », il croit alors découvrir que la lettre a (initiale de /automne/) fait « aussi » (sic !) le son /o/… Si l'enfant ne fait pas cette remarque à haute voix et si ce type de confusion se multiplie au fil des mois, il est évident que l'enfant se trouve ensuite devant des problèmes insolubles, souvent implicites, pseudo-connaissances qui feront obstacle aux apprentissages orthographiques ultérieurs.

La pratique régulière d'une lecture logographique peut être nocive et :

- prolonger artificiellement la phase logographique spontanée qui ne recèle pas en elle-même de vertus particulières pour favoriser l'accès à l'écrit dans les langues alphabétiques ;
- leurrer certains enfants sur leur réelle capacité (ou incapacité) à lire, tout en leur donnant des *indices erronés* sur ce à quoi ils doivent porter attention, sur ce en quoi consiste l'acte de lire ;
- faire obstacle au passage à la phase alphabétique. Ainsi, beaucoup d'enfants ayant repéré (entre 4 et 6 ans) le lien entre certaines lettres et les sons correspondants peuvent être très déstabilisés par certains des mots étiquettes proposés en classe.

D'une façon générale, ce mode primitif d'assignation de sens à l'écrit est à la fois très limité, pourvoyeur d'erreurs grossières et peu (pas ?) impliqué dans les stades ultérieurs, qu'il ne facilite pas.

C'est la prise en compte des lettres (et des lettres seules) et de leur ordonnancement dans le mot qui permettront de véritables progrès *et* l'abandon de cette stratégie logographique inefficace.

Stade alphabétique (4–6 ans)

L'enfant fait le lien entre les lettres et les sons (voie d'assemblage exclusive ou prédominante). Dès 4–5 ans, il cherche à repérer les lettres qu'il connaît pour en inférer la signification de l'écrit, ou pour faire le lien entre les significations déjà connues et leur écriture. À partir de 5–6 ans, il apprend peu à peu les correspondances graphophonologiques et commence à déchiffrer. Puis la rapidité et la précision des conversions s'accroissent, y compris pour les graphies moins fréquentes, complexes ou contextuelles.

Stade orthographique

L'enfant commence à construire le lexique orthographique (mise en place de la double voie de la lecture, à partir de 7 ans). Sachant qu'il existe plusieurs façons de transcrire un même son, il peut lire les mots fréquents irréguliers. Il utilise la voie lexicale, d'abord de façon très ponctuelle pour les mots qu'il rencontre fréquemment, puis de façon de plus en plus habituelle.

Étant donné l'importance cruciale de cette phase orthographique, qui marque l'aboutissement de l'apprentissage de la lecture, nous la détaillons ci-après.

Constitution du lexique orthographique

Le lecteur débutant n'a vu et engrangé que peu de mots écrits et n'a pas encore constitué de lexique orthographique. Il ne peut donc référer essentiellement qu'à son lexique auditif et seule la voie indirecte (l'accès à la conscience phonologique) peut lui permettre d'accéder au sens des mots déchiffrés.

Les liens entre lexiques auditif et orthographique

La nature et la taille du lexique auditif peuvent varier considérablement selon les enfants et leur environnement socio-éducatif. Or, c'est sur ce socle que vont se construire – ou non – les significations (laborieusement ou automatiquement) extraites des procédures de correspondances graphophonologiques. Le lexique auditif est donc une composante de base du lexique orthographique.

Le stade alphabétique va permettre l'inscription progressive en mémoire à long terme de nombreux petits mots-fonction (*il, tu, dans*), de mots très fréquents (*garçon, petit*), de graphies complexes (*eau, ein, gn, tion*) et de segments de mots (aspects morphologiques : *dé*-former). Cette nouvelle habileté (prendre en compte des mots entiers et/ou des portions de mots) va permettre de diminuer le nombre de saccades exploratoires pour un mot et de les ajuster de façon de plus en plus précise, donnant ainsi accès à l'image orthographique précise des mots. Préalablement capable de lire de nouveaux mots grâce à la médiation phonologique, le lecteur peut alors alimenter son lexique orthographique *de façon autonome, autodidacte*.

Bien que l'adulte normo-lecteur utilise préférentiellement la voie d'adressage, cette performance ne peut se mettre en place, *initialement,* qu'à partir de la *voie indirecte* qui va *initier puis abonder le lexique orthographique*, indispensable à l'utilisation de la voie d'adressage.

Rôle de la morphologie

L'écrit intègre aussi la représentation de la morphologie (dérivationnelle et flexionnelle[168]). Les locuteurs d'une langue ont *très précocement* un savoir implicite sur ces aspects morphologiques, savoir qui s'affine tout au long de la scolarité (conscience morphologique).

Savoirs implicites *versus* explicites

La sensibilité des jeunes enfants à la morphologie se manifeste par leurs « inventions » qui respectent les règles (mais pas l'usage), réalisant souvent des « mots d'enfant » : « j'aime pas la *sombritude* » ; « j'ai *dé-monté* l'escalier tout seul » : « c'est pas moi qui l'a *écrivé* », etc.

[168] Concerne la *construction* des mots dérivés, sur le plan lexical (morphologie dérivationnelle : base *buv-* ± affixe *able* → buvable // ± préfixe *im* → imbuvable), ou sur le plan grammatical (morphologie flexionnelle : mange → mange*aient*, mange*ras*).

Ainsi, la présentation écrite d'une amorce de la racine d'un mot (*chant*) permet de mettre en évidence les effets liés à la morphologie du mot (*chant*eur). Toutes les études concluent à un effet facilitateur de l'amorce de la racine sur la lecture de son dérivé. Ces unités morphologiques, *liées aux aspects sémantiques,* facilitent l'identification du mot y compris chez l'enfant en cours d'apprentissage de la lecture (dès le CE1).

Morphologie et apprentissage de la lecture

Casalis et Louis-Alexandre (2000) proposent un suivi longitudinal sur trois ans (grande section de maternelle, CP et CE1) et évaluent des tâches phonologiques, morphologiques et de lecture. « Les liens entre analyses morphologique et phonologique sont très forts; en particulier la segmentation syllabique est hautement corrélée avec les subtests de phonologie en maternelle, tandis que la segmentation phonémique est corrélée à l'analyse morphologique et au niveau de lecture en CP et CE1 ».

D'une façon générale, ces études établissent que la conscience morphologique contribue à l'installation des habiletés en lecture, cette contribution étant spécifique, *indépendante* du niveau non verbal, du niveau de vocabulaire et du niveau de connaissances phonologiques de l'enfant (Marec-Breton et al., 2010).

Au total

Habiletés phonologiques et habiletés morphologiques sont bien deux aptitudes distinctes, ne contribuant pas de façon équivalente à l'installation des capacités en lecture, en fonction du moment de l'apprentissage. Les traitements morphologiques et orthographiques sollicitent des voies et des processus cognitifs différents constituant une piste rééducative complémentaire intéressante. Certains auteurs (Nunes et al., 2003) montrent que les enfants entraînés précocement aux habiletés morphologiques (en grande section de maternelle) sont ultérieurement meilleurs lecteurs que leurs pairs entraînés uniquement en phonologie.

Orthographier

L'apprentissage de l'écrit ne concerne pas uniquement le versant afférent, la lecture, le décodage. La production d'écrits, l'encodage (versant efférent, expressif) est une activité importante scolairement (prise de notes, contrôles…), socialement (courriers) et professionnellement (rédactions de divers documents).

S'il est possible, et de plus en plus usité *dans la sphère privée*, de produire des écrits phonologiques[169], il n'en est pas de même dans la sphère scolaire et/ou professionnelle où la maîtrise orthographique reste nécessaire car les *fautes d'orthographe* sont toujours interprétées *a priori* comme le reflet du niveau socio-éducatif ou culturel.

Stratégies orthographiques[170]

Pour produire correctement un mot écrit, on peut avoir recours à différentes méthodes :

- la *transcription phonologique* ne concerne *que* les mots réguliers sans lettre muette (vélo, strapontin) ;
- en récupérant en *mémoire* à long terme de la forme orthographique du mot ;

L'orthographe en choix multiple ?

Certains exercices scolaires proposent à l'enfant de choisir la bonne orthographe d'un mot parmi plusieurs formes orthographiques dont toutes sont fautives sauf une (ex. : canelle /cannele /cannelle /canèle). Le risque est alors grand de déstabiliser une connaissance lexicale fragile déjà engrammée, voire de conduire à la *mémorisation d'une forme incorrecte*.

- le *recours à une analogie,* particulièrement utile pour des mots peu fréquents ou inconnus, mais utilisable seulement pour les sujets ayant déjà une base suffisante de connaissances orthographiques (canar? *cf.* foulard, vieillard), mais avec d'importants risques d'erreur (bar, écart) ;

[169] *Cf.* les SMS, mélange de dénomination des lettres, phonologie et abréviations : *a2min* pour « à demain », ou *j c pa* pour « je sais pas ».

[170] Cette section est inspirée de Fayol et Jaffré (2008).

- l'*évocation d'une dérivation morphologique*, utilisée pour produire les lettres muettes : grand car grande, canot car canoter mais… numéro, numéroter et cauchemar, cauchemarder !
- l'*application de règles* requiert la connaissance mais aussi la capacité à repérer leur domaine d'application et leurs limites (à savoir la liste, souvent longue, des exceptions), à les mobiliser au moment opportun. Il s'agit donc d'une procédure fiable si elle parfaitement appliquée, mais particulièrement longue et coûteuse ;
- la *recherche dans le dictionnaire* assure d'écrire la forme conventionnelle du mot, mais au prix d'une lenteur importante qui en limite beaucoup la portée : il ne peut s'agir que d'un usage ponctuel ;
- *dans tous les cas*, il faudra maîtriser la morphologie flexionnelle, l'orthographe grammaticale.

> « De nombreux individus sont en mesure de lire une foule de mots qu'ils ne parviennent pas à orthographier correctement. (…) L'orthographe n'est pas un domaine dans lequel une quelconque stratégie garantit la réussite. »
>
> Michel Fayol. *Orthographier.* 2008. p. 145

C'est la combinaison de ces différentes stratégies qui conduira à des écrits de qualité influencés fortement par des facteurs variés : charge attentionnelle, exigences sociales, domaine familier ou non, rédaction ou brouillon, SMS ou lettre conventionnelle, etc.

Fautes d'orthographe

Certaines violent les règles phonologiques (/taple/ pour table, /tin/ pour train), d'autres les règles orthographiques (« fautes d'usage » ou grammaticales).

Il faut noter leurs *circonstances de survenue* ou d'aggravation :

- en fonction de la tâche :
  - en *copie* : nécessité d'un *recours visuel* au modèle, c'est-à-dire qu'il faut ajuster précisément les saccades en passant de sa feuille au modèle (va-et-vient parfaitement calibrés [chapitre 3]),
  - en *dictée* : nécessité de suivre le *rythme* du dicteur. L'enfant doit garder en MT le ou les mots prononcés pendant qu'il trace les lettres d'un mot précédent, ce qui peut éventuellement constituer une double voire une triple tâche si le graphisme manuel n'est pas suffisamment automatisé,
  - en production *d'écrit libre* : il faut maintenir en MT des idées, la chronologie et la *planification du texte,* ce qui sollicite l'essentiel des ressources attentionnelles, possiblement aux dépens de l'orthographe ;
- en *fonction de la fatigue* (fin de texte long, fin de journée) : cela signe soit que la production orthographique est *anormalement coûteuse* (en terme de contrôle attentionnel), soit que d'autres tâches simultanées (calligraphique et/ou conceptuelle) ou antérieures (autres matières scolaires) ont indûment épuisé les ressources cognitives de l'enfant ;
- en fonction des enjeux (scolaires, sociaux).

Au total

Pour orthographier une langue telle que le français, le savoir implicite lié à la lecture *ne suffit pas* du fait du nombre de mots complexes et/ou irréguliers et de la complexité des règles d'accords grammaticaux. Un enseignement *explicite* dans ce domaine est indispensable, s'étalant *sur plusieurs années* (jusqu'en fin de collège). On constate que même les experts commettent des erreurs.

Conclusion

Des études en IRM-f montrent que le réseau de base concernant la lecture (fig. 6.6) est déjà en place aux alentours de 7 ans. La région occipito-temporale gauche semble servir de « voie d'entrée » visuelle de la lecture. Trois autres « grands » réseaux semblent être impliqués. L'activation visuelle semble s'accroître et se focaliser progressivement vers la région temporo-occipitale gauche entre 6 et 10 ans ; la quantité d'activation (en rouge sur la figure 6.6) *prédit* l'expertise en lecture.

L'asymétrie entre les performances en lecture et celles en production orthographique est habituelle, aux dépens de la production d'écrits, toujours plus difficile et plus coûteuse sur le plan cognitif, y compris chez le normo-lecteur/normo-orthographieur.

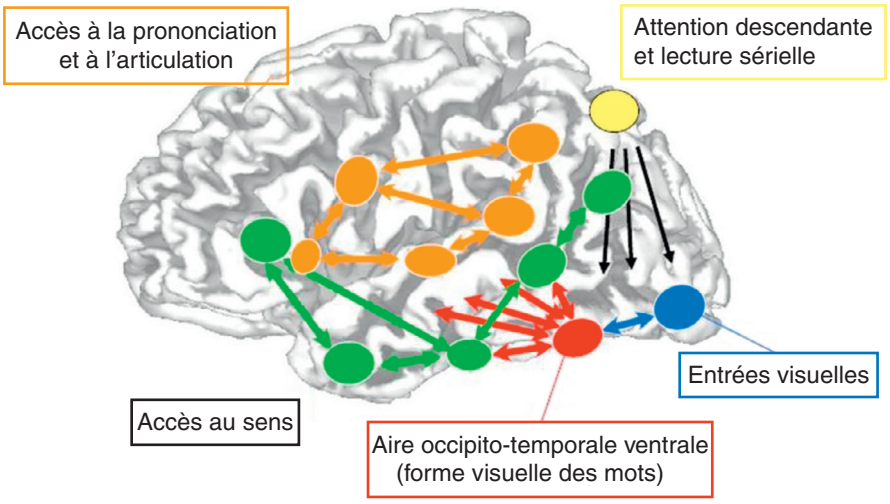


Fig. 6.6. Les réseaux impliqués dans la lecture.
La région occipito-temporale gauche semble servir de « voie d'entrée » visuelle de la lecture. Trois autres grands réseaux semblent ensuite être impliqués. *Source : Dehaene S. Mécanismes cérébraux de la lecture, 4e. Cours au Collège de France ; 2007.*

Apprentissage de la lecture chez des adultes

La plasticité cérébrale (capacité à réorganiser les réseaux de neurones en fonction de l'expérience et de l'apprentissage), optimale dans l'enfance, existe toute la vie (chapitre 1).

Apprendre à lire à l'âge adulte

Carreiras et al. (2009) ont étudié (IRM) les modifications cérébrales induites par l'apprentissage de la lecture chez des guérilleros colombiens adultes complètement analphabètes, en référence à un groupe contrôle qui ne faisait pas partie du programme d'alphabétisation. Les modifications dans les aires occipitales (associées à la vision), l'aire temporale supérieure (processus phonologiques), le gyrus angulaire et les régions temporales médianes postérieures (associées au traitement sémantique) ne sont constatées que chez les vingt guérilleros qui ont participé à l'étude.

Dyslexies

L'écrit[171] est le socle de la scolarité car dans nos cultures, c'est un support utilisé en permanence, vecteur de vie sociale, de communication interpersonnelle et professionnelle. Les personnes dyslexiques sont donc handicapées, non seulement lors de leur scolarité, mais de façon continue et permanente tout au long de leur vie.

Après avoir précisé les conditions du diagnostic et cherché à éclaircir les liens entre *difficultés* en lecture et *dyslexies*, nous aborderons successivement les trois grands types de dyslexies (phonologique, visuo-attentionnelle et mixte). Pour chacune d'entre elles nous dis-

[171] La *literacy* des Anglo-Saxons, quelquefois traduite en français par « littératie » ou « littéracie », comprend les versants lecture *et* production d'écrits ainsi que leurs interactions, indépendamment de leurs formes de surface.

cuterons des soubassements neurophysiologiques, des symptômes caractéristiques et des grands axes thérapeutiques. En dernier lieu, nous évoquerons les troubles associés et les comorbidités fréquentes.

Diagnostic

Comme pour tous les dys-, on parle de dyslexie si la performance en lecture de l'enfant (d'intelligence normale et de milieu éducatif sans particularité) *est, de façon durable, significativement faible en regard de son âge* alors qu'il a suivi un entraînement scolaire « standard » en la matière.

Signes d'appel

Les circonstances qui amènent à suspecter une éventuelle dyslexie sont variées :

- il peut s'agir d'un enfant ayant présenté, bien avant l'apprentissage de la lecture, des *troubles du langage oral* (déficit en discrimination phonologique, retard de parole et/ou de langage). Environ 40 % des jeunes dyslexiques ont des antécédents de « retard de parole » ou « retard de parole/langage ». Dans ce cas, l'enfant est généralement déjà repéré et accompagné (orthophoniste). Un bilan systématique doit normalement être proposé en fin de grande section de maternelle ;
- ou l'enfant n'a aucun antécédent particulier (ni langagier, ni neurologique). C'est *dans le courant des premières années d'école* (fin du CP–CE2 selon l'intensité des troubles, la tolérance des parents et/ou de l'enseignant), que se manifestent des difficultés d'apprentissage de la lecture ;
- parfois c'est *tardivement, en fin de scolarité primaire*, à l'occasion de l'exploration d'un échec scolaire consommé mais inexpliqué, que seront entrepris les examens permettant d'en élucider la cause ;
- enfin, il arrive encore que la dyslexie soit évoquée chez des *adultes* en échec professionnel répétitif, ou chez les parents de nos jeunes patients *se reconnaissant* dans le profil de difficultés présentées par leur enfant.

Évaluation à visée diagnostique

Authentifier le trouble et juger de son intensité

Il faut tout d'abord évaluer le niveau de lecture en testant (étalonnage en fonction de l'âge et du niveau scolaire[172]) :

- la précision de lecture (ex. : test de l'Alouette) ;
- la vitesse (ex. : l'Alouette, l'ELFE[173]) ;
- et la compréhension de texte (ex. : le vol du PC[174]…).

Un décalage négatif de – 2 DS (au moins – 1,6 DS) par rapport à la norme objective le trouble et en précise l'intensité.

Les performances orthographiques doivent également être évaluées (dictée étalonnée).

Affirmer sa spécificité

Faire la preuve que le trouble d'apprentissage de l'écrit est bien une dyslexie suppose, chez un enfant sans particularité psychiatrique ni éducative, que le déficit n'est pas en relation avec un trouble cognitif global (déficience intellectuelle) ou un trouble sensoriel (malaudition, malvoyance) qui, *à lui seul*, pourrait rendre compte du déficit observé.

La passation des échelles de Wechsler, comme pour tout diagnostic de dys-, est indispensable. Dans l'hypothèse d'une dyslexie, il faut non seulement s'assurer du niveau de facteur g, mais également du niveau de langage oral, de la MT auditivo-verbale (souvent significativement faible), des capacités visuo-attentionnelles.

Préciser les caractéristiques de cette dyslexie

Une fois la dyslexie affirmée, on devra :

- la *typer* : phonologique, visuo-attentionnelle ou mixte, en proposant :
  - la lecture de mots réguliers *versus* irréguliers *versus* non-mots (ex. : ODEDYS, BALE), *cf.* tableau 6.2,
  - des épreuves de dénomination rapide et d'habiletés métaphonologiques,

[172] Les épreuves citées ici ne sont que des exemples de ce qui peut être proposé.

[173] En téléchargement libre sur : www.cognisciences.com

[174] Ortho Edition.

- éventuellement un bilan orthoptique, assorti d'épreuves visuo-attentionnelles et visuospatiales ;

- *rechercher d'éventuels troubles associés* :
  - soit qu'il s'agisse d'un syndrome *en amont* dont la dyslexie n'est que l'une des composantes (dysphasie, dyspraxie visuospatiale, déficit en MT…),
  - soit qu'il s'agisse d'une authentique comorbidité (ex. : dyslexie phonologique *et* dyspraxie visuospatiale).

Conclure et faire les préconisations thérapeutiques

Le diagnostic suppose donc la collaboration de *différents professionnels*[175] (psychologue et/ou neuropsychologue, orthophoniste, orthoptiste). Une *synthèse* de l'ensemble des évaluations (qui débordent largement le seul bilan de langage) est proposée par un médecin compétent en neuropsychologie (*cf.* fig. 8.2).

L'ensemble des éléments d'interrogatoire, d'anamnèse et des divers bilans permettra d'apprécier la nature de la dyslexie, son contexte (psychosocial et cognitif), son retentissement scolaire et personnel, et de faire des préconisations thérapeutiques adaptées (*cf.* fig. 8.6).

Réflexions autour du terme de « dyslexie »

La définition et les conditions du diagnostic, comme pour les autres dys- désignant des *troubles des apprentissages,* débouche sur plusieurs conceptions du terme de dyslexie, recouvrant *à la fois les dyslexies-symptômes et les dyslexies-diagnostics*, ce qui crée des confusions et des quiproquos tant entre professionnels qu'auprès des familles et des pédagogues. Il est donc particulièrement important de spécifier les différentes significations de ce terme.

Dans la mesure où il y a un *continuum* entre excellents lecteurs, bons lecteurs, lecteurs médiocres, lecteurs en difficulté et non-lecteurs (*cf*, fig. 1.3), le seuil de – 1,6 ou – 2 DS par rapport à la norme est arbitraire. Il signale simplement une fraction de la population[176] qui se trouve en *situation de handicap* dans un environnement donné. Le handicap généré par une dyslexie est en effet exactement le même *quelle que soit la cause* du trouble.

Cette définition ne signale donc qu'un *symptôme* : on *constate* que l'enfant ne lit pas aussi bien (ou qu'il lit beaucoup plus mal) que la grande majorité de ses pairs comparables en âge, niveau intellectuel et niveau scolaire.

Pourtant les remèdes à envisager sont *très différents* selon les cas et l'analyse qui est faite du déficit en lecture : il est donc capital de chercher à comprendre quelle est la source du problème, c'est-à-dire de faire le *diagnostic* précis du *type* de dyslexie.

Lecteurs « faibles » : des situations bien différentes

Billard et al. (2007), étudient une population de 1 020 enfants de CE1, dont un tiers fréquentent une zone de scolarisation « standard », un tiers sont issus d'un réseau d'éducation prioritaire (REP) en raison d'une population « moyennement » défavorisée (REP1) et un tiers d'une REP dans laquelle la population est particulièrement défavorisée (REP2).

Cent quatre-vint onze enfants sont en difficulté de lecture (décodage < 10e centile, Batelem-R ; décalage > 12 mois au test de l'Alouette) dont :

- dix-huit enfants présentent un *déficit intellectuel* ; pour les autres, le niveau non verbal n'est pas différent de celui des enfants normo-lecteurs (il est à noter que 5 enfants normo-lecteurs, soit 8,7 %, présentent également un déficit intellectuel) ;
- 2,7 % sont issus du groupe « non-REP », 17,4 % de la REP1 et 23,2 % de la REP2, confirmant l'importance du *statut socio-économique des familles* dans l'apprentissage de la lecture ;
- un peu plus du tiers des enfants faibles lecteurs sont *suivis en orthophonie* (et un quart en psychologie). Les indications s'avèrent sans

[175] Le diagnostic et la prise en charge d'une dyslexie simple modérée et isolée sont du ressort de l'orthophoniste, sous réserve d'une évolution favorable.

[176] Très exactement 6,6 % au seuil de – 1,5 DS et 2,2 % au seuil de – 2 DS.

lien direct avec la sévérité ou le profil de leurs troubles ; « les enfants rééduqués n'ont pas plus progressé au cours de l'année que ceux non rééduqués ». On note aussi que certains enfants normo-lecteurs sont également suivis en orthophonie sans qu'aucun trouble, difficulté ou retard ne soit mis en évidence, ni en langage oral ni en langage écrit…

« Difficultés » en lecture

Plus que dans tous les autres troubles spécifiques des apprentissages, la question de distinguer *difficulté* et *trouble* est ardue car la symptomatologie peut être identique, qu'il s'agisse d'une difficulté (liée à l'environnement psychologique, socioculturel, éducatif) ou d'un trouble (lié aux particularités du développement cognitif de l'enfant). L'intensité du déficit (à – 1,6 ou – 2 DS de la norme) pas plus que la symptomatologie n'est un critère fiable pour distinguer les deux populations. Certaines personnes *illettrées* peuvent en effet l'être en raison de difficultés, d'insuffisances liées aux apprentissages et/ou au mode de vie familial.

C'est donc essentiellement le résultat (ou l'absence de résultat notable) aux *actions de renforcement pédagogique* qui sera ici *le* critère pertinent pour tenter de discriminer difficultés et troubles. Les travaux de Michel Zorman (2009, programme PARLER, *cf.* fig. 1.4) en sont un excellent exemple.

Les effets d'un renforcement pédagogique

Billard et al. (2007), au décours de l'étude citée plus haut, conduisent auprès d'un groupe de 82 enfants faibles lecteurs un entraînement d'une durée de 10 heures sur 5 semaines à l'aide de logiciels évolutifs associant la forme sonore du phonème ou de la syllabe à sa forme visuelle. Des progrès directement liés à l'entraînement spécifique (comparé aux groupes contrôles) sont notés chez plus de 50 % du groupe des enfants entraînés. Cependant les effets individuels sont très contrastés, allant de la normalisation des scores en lecture (en vitesse et précision) à l'absence totale d'effet…

On peut supposer que les enfants se normalisant après 10 heures d'entraînement étaient « en difficulté » alors que ceux pour lesquels aucun effet n'est perceptible (au vu de la brièveté de l'entraînement) présentent un *trouble* nécessitant une prise en charge plus ciblée et plus longue.

Ce type de renforcement pédagogique (portant sur le vocabulaire, la conscience phonologique, la MT, l'organisation du regard) reste malheureusement encore trop occasionnel, à l'initiative locale d'untel. Cela serait utile *partout* mais particulièrement crucial dans certains secteurs géographiques regroupant des populations en difficulté socioprofessionnelle, précaires ou récemment immigrées qui présentent des difficultés linguistiques, socioculturelles, psychologiques…

Statut socio-économique des parents et performances en lecture : une étude française

- Fluss et al. (2009) s'intéressent aux capacités en lecture de 1 062 enfants français issus de vingt écoles parisiennes. C'est le niveau éducatif de la *mère* qui permet le mieux de distinguer mauvais et normo-lecteurs. Comme dans les études anglo-saxonnes, ce sont les habiletés métaphonologiques et les capacités attentionnelles qui sont les meilleurs prédicteurs des performances ultérieures en lecture.
- Billard et al. (2010) s'intéressent à l'*évolution* de ces populations de mauvais lecteurs issus de milieux défavorisés : le décalage à la norme persiste avec le temps, les faibles lecteurs ne rattrapant pas leur déficit.

Les auteurs concluent : « Définir des programmes précoces et prioritaires de remédiation pour ces populations à risque d'exclusion sociale dès les classes primaires est donc un objectif majeur et largement consensuel. »

En attendant, en l'absence d'actions de ce type suffisamment répandues, il peut être judicieux en cas de doute, de proposer une aide, une prise en charge individualisée (tutorat, prise en charge ponctuelle par des enseignants spécialisés, orthophonie) sur quelques mois et d'en évaluer

les effets. Les secteurs où l'enfant progresse peu (voire pas du tout) signalent probablement un ou des déficits *structurels* (reflétant une anomalie du développement cognitif, un dys-). Au contraire, les domaines où il progresse rapidement sont très probablement liés à des insuffisances (ou maladresses) psycho-éducatives et/ou pédagogiques.

Interpréter les progrès de l'enfant

Juger des progrès de l'enfant, de son évolution, implique d'utiliser des *tests étalonnés fiables* et de comparer les résultats de l'enfant à la norme. Des progrès rapides *réduisent l'écart à la norme*. Des progrès modérés ou lents (ou nuls), signes de pathologies sous-jacentes (de dys-) maintiennent ou aggravent l'écart à la norme (*cf.* fig. 8.9).

En cas de *difficulté*, la poursuite d'une remédiation non spécifique peut s'avérer nécessaire jusqu'au moment où l'enfant aura atteint les performances de la grande majorité de ses pairs (moyenne ± 1 DS).

Cette distinction[177] entre difficulté et trouble ne vise en effet pas à priver d'aides adaptées les enfants « en difficulté ». Elle répond à un souci épidémiologique et d'*efficacité thérapeutique*.

Un repérage plus fiable des élèves *en difficulté* évite la confusion avec les jeunes porteurs d'une *pathologie*, d'une atypie neurodéveloppementale, les premiers relevant d'actions pédagogiques, sociales et politiques, les seconds relevant de soins médicaux et de pédagogies spécifiques.

Cependant, des difficultés contextuelles génératrices de difficultés en lecture n'excluent pas la possibilité, pour un enfant, de souffrir *aussi* d'un trouble spécifique (dyslexie). Cette situation, loin d'être rare, complique le diagnostic et alourdit le pronostic.

[177] Les amalgames entre difficultés et troubles alimentent d'un côté le fantasme que tous les enfants qui ne sont pas « très » performants seraient « médicalisés » (ce qui n'est certes pas souhaitable, et encore moins possible !) et de l'autre la négation du diagnostic pour des enfants présentant une authentique pathologie neurodéveloppementale.

Troubles neurodéveloppementaux : les dyslexies « vraies »

Il s'agit là d'enfants présentant des *anomalies neurodéveloppementales* qui perturbent spécifiquement et durablement l'apprentissage de l'écrit, induisant un *handicap* (scolaire et social) notable.

Prévalence

En France, on avance des chiffres différents selon les auteurs et les critères retenus mais un consensus s'établit entre 5 à 8 % (Sprenger-Charolles et Colé, 2003 ; Watier et al., 2006).

Des chiffres variables selon les langues : l'apprentissage d'une langue seconde au collège

La prévalence de la dyslexie est liée à la transparence de la langue écrite. C'est la raison pour laquelle c'est l'apprentissage de l'espagnol (langue beaucoup moins opaque que l'anglais) qui est souvent conseillé aux jeunes dyslexiques qui abordent le collège.

D'ailleurs, l'arrêté du 15 février 2012 prévoit que les candidats à l'examen du baccalauréat général ou technologique présentant (…) *une déficience du langage écrit, une déficience du langage oral, une déficience de la parole, une déficience de l'automatisation du langage écrit* peuvent être dispensés (…) soit de la partie orale, soit de la partie écrite de l'épreuve obligatoire de langue vivante 1 ; soit de la partie orale, soit de la partie écrite, soit de la totalité de l'épreuve obligatoire de langue vivante 2.

Étiologie

Les recherches actuelles s'orientent vers des causes génétiques.

À partir des années 2000, des études génétiques ont été menées dans les familles où se rencontraient de nombreux dyslexiques, complétées par des études sur les jumeaux monozygotes (qui ont le même patrimoine génétique). Ces dernières ont montré que, si l'un des jumeaux est atteint, il y a 70 % de risque que l'autre le soit aussi. Ce risque tombe à 45 % si les jumeaux sont hétérozygotes, n'ayant en commun que la moitié de leur patrimoine génétique.

Plusieurs gènes sont impliqués, mais ils ne *déterminent* pas une dyslexie : ils favorisent plutôt *une susceptibilité particulière*, *via* leur rôle dans le développement cérébral de certaines aires particulièrement impliquées dans l'apprentissage de l'écrit. Il ne faut donc pas comprendre ces données génétiques (Ramus, 2010) comme une fatalité. Les aspects personnels et environnementaux (familiaux, conditions et âge du diagnostic, thérapeutiques proposées) déterminent une part importante de l'intensité des troubles et de leurs répercussions scolaires et sociales.

Des anomalies cérébrales

Galaburda (1979, 1985) a mis en évidence des micro-anomalies dans l'architecture cérébrale de sujets dyslexiques. Ces anomalies, liées à des migrations neuronales anormales lors du développement fœtal, se retrouvent en particulier dans les aires pariéto-temporales gauches impliquées dans les traitements phonologiques.

On retrouve une grande prédominance des garçons (2 à 3 fois plus touchés que les filles, selon les études).

Un effet de genre aux dépens des garçons ?

Pour certains auteurs (Shaywitz et al., 1990), il s'agirait peut-être d'un « biais de recrutement » : la fréquence plus importante de *troubles associés* chez le garçon aggraverait les difficultés d'apprentissage et rendrait compte du fait que, *dans le cadre scolaire,* les garçons sont signalés 4 fois plus souvent que les filles. *A contrario*, le ratio fille/garçon serait à peu près équilibré si le recrutement est fait à partir de dépistages systématiques.

Sur le plan neurophysiologique

- L'hypothèse d'un *déficit phonologique* (Ramus et al., 2003) est celle qui est actuellement la plus solide et partagée par une majorité de cliniciens et de chercheurs. Cependant, elle ne peut rendre compte de *toutes* les dyslexies (*cf.* dyslexies visuo-attentionnelles).
- L'hypothèse d'un déficit d'automatisation du décodage rejoint les *hypothèses cérébelleuses* (Habib, 2004) et attentionnelles (Shaywitz et Shaywitz, 2008).

Différentes anomalies en IRM-f

Les données récentes mettent plutôt en évidence des anomalies (sous-activation) concernant l'ensemble du réseau impliqué dans la lecture dans l'hémisphère gauche, en particulier les régions occipito-temporales (ou temporales inférieures : forme visuelle des mots), frontales inférieures (zone de Broca, articulation des sons) et pariétales postérieures (discrimination des sons).
Mais la question ne serait peut-être pas tant celle de la sous-activation de certains réseaux que de la *chronologie* de leur mise en jeu (Habib, 2008). Les normo-lecteurs activent d'*abord* (et intensément) la forme visuelle des mots (région temporale inférieure) alors que les sujets dyslexiques activeraient d'*abord* (et excessivement) l'aire de Broca.
Cependant, comme toujours, il est difficile de décider s'il s'agit là de la cause ou de la conséquence du trouble…

- L'hypothèse d'un *dysfonctionnement des réseaux dédiés à la lecture dans l'hémisphère gauche* est confortée par les études en IRM-f (*cf.* la méta-analyse de Richlan, 2012).

Symptômes

L'enfant présente un trouble sévère d'acquisition de l'écrit à savoir une performance en lecture significativement faible *associée à une dysorthographie* souvent importante et rebelle. Cette dernière constitue généralement, à des degrés divers, une séquelle persistante.

Ces dyslexies peuvent se manifester sous trois formes cliniquement différentes :

- phonologiques (dites aussi « profondes ») ;
- visuo-attentionnelles (parfois dites « de surface ») ;
- et mixtes (associant des signes phonologiques et visuo-attentionnels).

Dyslexie phonologique (vidéo 15)

Elle est caractérisée par l'altération des processus phonologiques et la préservation (totale ou relative) des processus visuo-attentionnels.

Hypothèses neurophysiologiques

Déficit de processus perceptifs élémentaires

Paula Tallal (1980) a fait l'hypothèse de troubles des traitements auditifs élémentaires, en particulier pour les sons brefs à succession rapide (hypothèse du déficit du traitement temporel).

Hypothèse cérébelleuse

Cette hypothèse cherche à rendre compte de l'ensemble du « syndrome dyslexique ». D'après Habib (2003), le rôle des traitements temporels élémentaires dans le déficit phonologique et le défaut d'automatisation lors de l'assemblage (rôle du cervelet bien connu dans ces fonctions), *débordent la fonction de lecture* et touchent le langage oral (articulation, fluence, dénomination rapide, compréhension syntaxique), l'attention, la motricité et les coordinations, le repérage temporel et divers apprentissages scolaires (d'où la fréquence des « troubles associés »). Les arguments en faveur de cette théorie sont à la fois cliniques (présence de déficits de type cérébelleux, plus ou moins « softs », chez près de 80 % des jeunes dyslexiques, difficulté d'automatisation des apprentissages, difficultés à s'adapter au tempo d'un métronome…) et neurofonctionnels (Hillen et al., étude en IRM-f, 2012).

Mais beaucoup d'enfants dyslexiques n'ont aucun problème de langage oral, ni attentionnel ni moteur ; certains peuvent même être très doués dans les activités motrices.

Le déficit de traitement temporel (Tallal et Piercy, 1974)

Le paradigme de base, appelé jugement d'ordre temporel (JOT) consiste à comparer un groupe témoin et un groupe d'enfants présentant *divers troubles du langage*, sur une tâche de reproduction de sons (tons dont l'intervalle varie de 8 ms à 4 s). Les auteurs ont trouvé que les enfants avec troubles du langage ne se distinguaient pas des témoins pour des intervalles longs (>150 ms) alors qu'en deçà, les patients étaient significativement moins performants que les contrôles. De même avec des syllabes (ba/da) : les performances des jeunes dysphasiques ne rejoignent celles des témoins que si on double la durée des transitions consonantiques.

Ultérieurement, s'inspirant de ces épreuves de JOT, les auteurs ont proposé à de jeunes *dyslexiques* des tâches de jugement de similarité (pareil/pas pareil) et des tâches de jugement temporel (juger de l'ordre d'apparition de deux sons complexes dont les durées sont manipulées, ex. : /apsa/ *versus* /aspa/). Comme précédemment, lorsque les intervalles entre deux stimuli sont longs, on n'observe pas de différence avec le groupe témoin, alors que le groupe des jeunes dyslexiques est significativement moins performant lorsque les intervalles entre les deux stimuli sont courts.

Les auteurs concluent que ces jeunes (en difficulté avec le langage oral et/ou écrit) ne peuvent pas traiter les éléments acoustiques *brefs en succession rapide*. Or la durée de certaines occlusives dans le langage naturel est faible, ce qui expliquerait la difficulté de discrimination phonologique et de conscience phonologique (donc d'accès à la lecture) des jeunes dyslexiques.

Théorie motrice de la perception de la parole (TMPP)

Elle a bénéficié d'un regain d'intérêt lié à la découverte des neurones miroirs dans les années 1990 : la représentation motrice (articulatoire) des sons de parole, conçue comme indispensable au décodage phonologique de l'écrit et particulièrement sollicitée par la structure alphabétique de la langue écrite, serait déficitaire chez certains enfants.

Une anomalie des traitements phonologiques

Cette hypothèse (qui est sous-jacente aux précédentes) est très largement prédominante, confortée aussi bien par des données de la clinique que de l'imagerie.

Il s'agirait d'un trouble de la représentation mentale des sons de parole et de leur manipulation automatique, en temps réel, au cours de la lecture, ce qui entrave l'accès à la conscience phonologique, socle de l'apprentissage de l'écrit.

Quelle que soit l'hypothèse neurophysiologique, le déficit phonologique rend compte de la triade caractéristique des dyslexies phonologiques, à savoir :

- déficit des habiletés métaphonologiques et distorsion des conversions graphophonologiques (erreurs, lenteur, non-automatisation), d'où les médiocres performances en lecture (précision et vitesse) ;
- lenteur lors des épreuves de dénomination rapide (problème d'accès phonologique au lexique) ;
- déficit de la MT phonologique (ou, plus largement, de la MT auditivo-verbale).

L'omniprésence des troubles phonologiques ?

▪ Sprenger-Charolles et al. (2000), étudiant des enfants présentant des dyslexies, phonologiques et « de surface », retrouvent un déficit en habiletés phonologiques et en MT phonologique *dans les deux types* de dyslexies, ce qui suggère que le déficit phonologique est le trouble sous-jacent, quelles que soient les manifestations cliniques de la dyslexie.

▪ Ramus et al. (2003), examinant les divers déficits dont peuvent souffrir des sujets dyslexiques concluent que *seuls* les troubles phonologiques sont retrouvés chez *tous* les sujets dyslexiques de sa cohorte.

NB. Ceci en contradiction avec d'autres auteurs (Bosse et al., 2007 ; Valdois et al., 2003…).

Symptomatologie, diagnostic

Le déficit de *conscience phonologique* est constant avec échec aux tâches d'habiletés métaphonologiques.

On note un déficit marqué de la *voie d'assemblage* (particulièrement sévère pour les non-mots, les mots peu fréquents, les mots nouveaux), des erreurs de conversions graphophonologiques et de séquentialité des graphèmes et/ou des sons. La multiplicité des erreurs, associées à la lenteur du déchiffrage peut compromettre l'accès au sens.

La lecture

La lecture *des pseudo-mots* (ou non-mots) donne lieu à des erreurs de lexicalisation. L'enfant effectue une lecture peu précise et propose un mot proche mais existant dans le lexique (lintre → litre ; sudo → soda) ou bien il produit des approximations, ajouts, oublis ou substitution de sons (rescla → rescala, recla, regla, rescal) pouvant varier d'un essai à l'autre.

L'importance des pseudo-mots au stade diagnostique

La lecture de pseudo-mots met particulièrement l'enfant en échec, et cela constitue un élément déterminant du diagnostic. En effet, vis-à-vis de mots réguliers ou irréguliers, une importante proportion de jeunes dyslexiques a des performances, certes faibles par rapport à leurs pairs appariés en âge, mais proches de contrôles *appariés en niveau de lecture* (ils lisent ces mots réguliers comme des enfants plus jeunes). Au contraire, en ce qui concerne la lecture de pseudo-mots, ils présentent un déficit tout à fait caractéristique, même comparés à des enfants de même âge lexique (Colé et al., 2004 [fig. 6.7]).

Les conversions graphèmes/phonèmes sont laborieuses, non automatisées, souvent erronées, pires si elles impliquent des lettres contextuelles (c/g), les di- ou triconsonantiques (cla, gro, tri…), les di- ou trigraphes (on, oi, ain, ill…). La segmentation des mots est souvent erronée (animal → *an/im/al*). S'y ajoutent des confusions de sons proches (gage → *cage* ; cabane → *capane* ; dira → *tira*) et une grande *lenteur*, qui finissent par compromettre la compréhension.

Simultanément, l'enfant cherche à contourner son trouble pour accéder au sens. Il s'aide du contexte et s'appuie, souvent assez efficacement, sur les indices morphologiques. Selon son âge et son niveau, il utilise des stratégies logographiques ou identifie certains mots fréquents par voie lexicale, voire par de la devination (plus ou moins réussie !) à partir du début du mot.

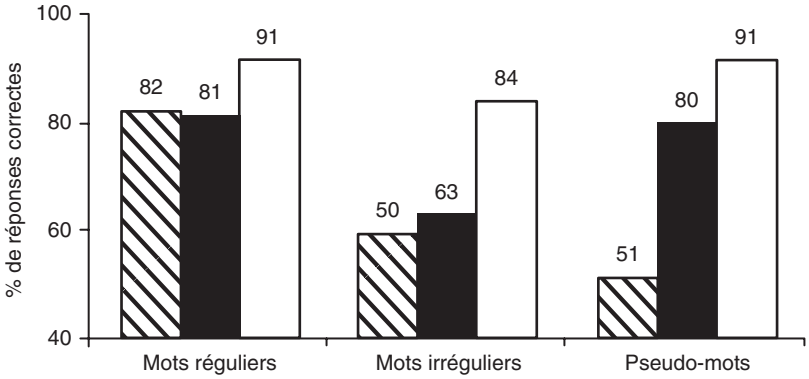


Fig. 6.7. Lecture à haute voix de mots réguliers, irréguliers et de pseudo-mots chez 33 enfants dyslexiques et deux groupes d'enfants contrôles (appariés en âge et en niveau de lecture).
Enfants dyslexiques d'âge moyen de 10;1 ans. En hachuré : enfants dyslexiques. En noir : contrôles appariés en âge de lecture. En blanc : contrôles appariés en âge chronologique (âge moyen 7;5 ans). Source : Colé P, Casalis S, Leuwers C. Le traitement morphologique et la lecture de l'enfant dyslexique. Les Cahiers Pédagogiques 2004 ; 422, dossier « apprendre à lire ».

Lecture « le géant égoïste » (E.L.FE)

Oriane, 11;3 ans, en 6e – Niveau non verbal normal-fort (Cubes, NS = 11 ; Identification de concepts, NS = 13 ; Matrices, NS = 14).
Erreurs de lecture : dans → *sur* ! ; ravissant → ravisseur ; ça et là → *ça y'est là* ? ; pêchers → *pêches* ; magnifiques → *(i ?)-magi-naire*.

Production d'écrits

Spontanée ou sous dictée, elle donne lieu aux mêmes erreurs phonologiques (voire des erreurs de segmentation des mots). Leur intensité ou leur accumulation peut quelquefois rendre les textes difficilement décodables.

La copie est souvent de bonne (ou bien meilleure) qualité, ce qui ne garantit nullement que l'enfant a déchiffré et compris ce qu'il copie (fig. 6.10).

Production d'écrits, erreurs phonologiques

Oriane, 11;3 ans – Écrit spontané, erreurs phonologiques caractéristiques (fig. 6.8) (vidéo 15)

Constantin, 12 ans, en 6e – Dictée (fig. 6.9)

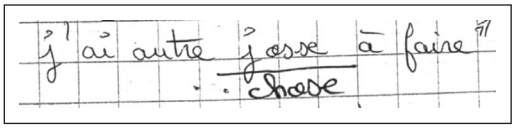


Fig. 6.8. Erreur phonologique.

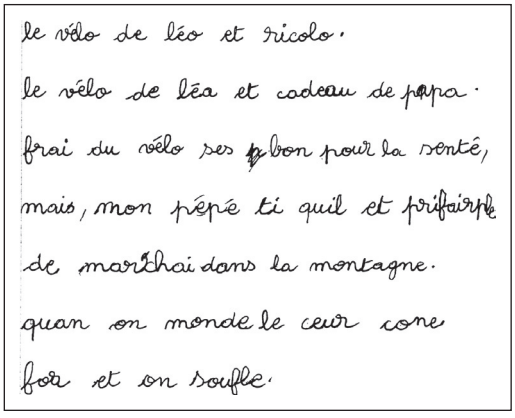

le vélo de léo et ricolo.
le vélo de léa et cadeau de papa.
frai du vélo ses bon pour la sonté,
mais, mon pépé ti quil et prifairpé
de marthai dans la montagne.
quan on monde le ceur cone
foa et on souffle.

Fig. 6.9. Constantin, 12 ans, 6e, dyslexie-dysorthographie : erreurs phonologiques.
Noter particulièrement : ricolo (rigolo), frai (faire), ti (dit), monde (monte), cone (cogne).
[Texte de la dictée : « Le vélo de Léo est rigolo. Le vélo de Léa est un cadeau de papa. Faire du vélo, c'est bon pour la santé, mais mon pépé dit qu'il préfère marcher dans la montagne. Quand on monte, le cœur cogne fort, et on souffle… ».]

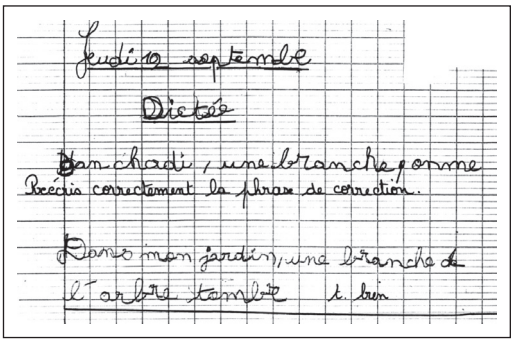


Fig. 6.10. Caroline, 7 ans, CE1 – Bon niveau intellectuel (Matrices, NS = 14).
On note ici, en dictée : les erreurs phonologiques, une lenteur et un probable trouble de mémoire de travail (oubli de mots) ; la copie est de bonne qualité orthographique (malgré une dysgraphie).

Substrats cérébraux

Plusieurs études mettent en évidence une sous-activation des systèmes dédiés à la phonologie dans l'hémisphère gauche avec excès d'activation à droite : ceci peut être compris soit comme une atypie fonctionnelle caractérisant les jeunes dyslexiques, soit comme une compensation du déficit gauche (Habib et al., 1996). Plus récemment, Boets et al. (2013) montrent des anomalies *de connexion* entre les aires auditives et les aires de Broca (fig. 6.11).

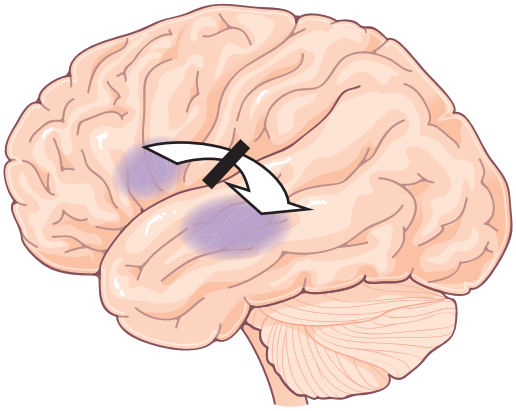


Fig. 6.11. La dyslexie phonologique; une dysconnexion ?
D'après Boets et al (2013), les représentations phonologiques des sujets dyslexiques seraient intactes. Ce serait *l'accès* à ces représentations qui serait pathologique en raison d'anomalies de connexion entre les aires de Broca et les aires auditives.
Par Carole Fumat

Axes thérapeutiques

Il n'existe pas, actuellement, de protocole de rééducation validé. Pragmatiquement, les orthophonistes proposent toute une gamme d'exercices perçus comme complémentaires, favorisant un ensemble d'activités concourant à la lecture.

Développer la conscience phonologique

L'essentiel consiste en l'entraînement des capacités phonologiques et métaphonologiques ainsi que l'automatisation des conversions graphèmes-phonèmes, *via* le travail de la segmentation des mots en syllabes (comptage ou frappé de syllabes), la reconnaissance et production de rimes, d'assonances, jeux de syllabes (ajouts, suppressions, verlan), le repérage et l'évocation de mots comportant tel ou tel phonème, etc. De nombreux logiciels informatisés et ludiques sont à disposition des rééducateurs.

Lorsque l'enfant présente un trouble de discrimination phonologique, les stratégies qui lui permettent de visualiser les oppositions phonologiques qui lui échappent auditivement sont très utiles : *méthodes visuogestuelles* d'apprentissage de la lecture (méthode Borel-Maisonny, 1956 ; méthode Ledan, 1993), *lecture en couleurs* (Gattegno, 1997) associant une couleur à chaque phonème, *méthode distinctive* (Roy, 2010) utilisant conjointement des couleurs, des symboles et des gestes.

Certains utilisent aussi la perception consciente des différents mouvements buccofaciaux nécessaires à la production des phonèmes mal perçus (accentuation du geste buccophonatoire, visualisation à l'aide d'un miroir ou de biofeedback, perception tactile…) ou encore des phonèmes de synthèse artificiellement allongés grâce à des logiciels spécialisés.

Des effets rééducatifs contrôlés

Certains auteurs (Shaywitz et al., 2004) ont montré une normalisation partielle des activations cérébrales (IRM-f) lors de la lecture après une rééducation *intensive durant 8* mois*, à raison de 50 min par jour,* portant sur les compétences métaphonologiques. Les enfants ayant suivi le programme expérimental (explicitation

du principe alphabétique, exercices de conversions graphophonologiques et phonographémiques) ont fait d'importants progrès en lecture et ont modifié leur organisation cérébrale dans le sens d'une « normalisation » : augmentation de l'activation dans les régions de l'hémisphère gauche.

Aide de la morphologie

Colé et al. (2005) montrent que les jeunes dyslexiques sont *plus sensibles* que les normo-lecteurs à l'information morphologique (fig. 6.12).

Il s'agit vraisemblablement d'un mécanisme compensatoire spontanément développé par les jeunes dyslexiques, leur permettant de minimiser les traitements phonologiques déficitaires pour accéder au sens. On peut ainsi valablement entraîner les enfants à repérer les éléments morphologiques, par exemple en leur proposant des taches d'extraction et de production des unités morphémiques (base, préfixes, suffixes), tant à l'oral qu'à l'écrit.

Augmenter le lexique

On cherche à favoriser un élargissement lexical, à la fois à l'oral et à l'écrit : écoute de récits, différents jeux autour du vocabulaire… L'utilisation de présentation *flash* de mots écrits fréquents (en particulier irréguliers), associée à leur oralisation peut être utile pour construire, élargir ou consolider le lexique orthographique.

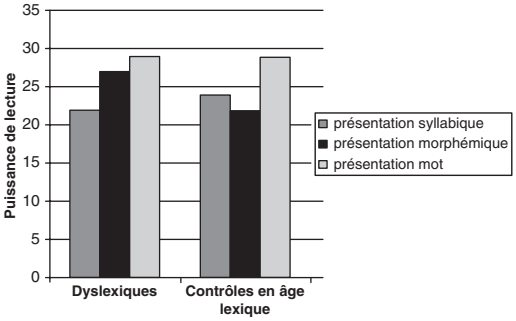


Fig. 6.12. Lecture : influence de la morphologie (barre médiane, en gris foncé).
La puissance de lecture (nombre de mots correctement lus par minute) en fonction de la présentation des phrases. *Source : Colé P, Casalis S, Leuwers C. Les stratégies compensatoires chez le lecteur dyslexique : l'hypothèse morphologique. Rééducation Orthophonique 2005 ; 222 : 165–86.*

Ce travail conjoint sur le lexique et la morphologie (qui sont liés) est d'autant plus important qu'il est très probable que c'est ce qui permet aux jeunes dyslexiques d'*accéder au sens* en dépit de leurs insuffisances de déchiffrage.

Soulager la MT : les méthodes syllabiques

Faire de l'assemblage en limitant la charge en MT est favorisé par les méthodes syllabiques (ex. : imprégnation syllabique[178]), méthodes de choix du fait de la structure de notre langue.

Au total

En France, il n'existe pas actuellement de méthode scientifiquement validée, même si s'est établi un certain consensus pour des rééducations orthophoniques centrées sur la phonologie, incluant aussi des exercices de rythme, de séquentialité, d'entraînement de la MT auditivo-verbale, d'organisation visuospatiale en général et du regard en particulier. Certains explorent de nouvelles pistes, utilisant la musique (Bigand et al., 2012).

Comparaison de différentes méthodes rééducatives

Billard et al. (2007) comparent entre elles trois méthodes de rééducation orthophonique proposées à 25 enfants dyslexiques : la sémiophonie (90 séances de 45 minutes à raison de 3 fois/semaine durant les temps scolaires, soit environ 67 heures), l'entraînement intensif de la perception de la parole modifiée (6 à 7 séances de 20–25 minutes, 5 jours par semaine pendant 1 mois, soit 44–48 heures) et une méthode orthophonique « classique », telle que suggérée ci-dessus : travail de la métaphonologie, des correspondances graphophonologiques avec supports gestuels et visuels, de la mémoire immédiate, de l'orientation spatiale et de la séquentialité avec du matériel non linguistique, développement de la voie lexicale pour les petits mots-fonction et les mots courants irréguliers, etc. (90 séances de 45 minutes, à raison de 2–3 séances /semaine durant l'année

[178] Garnier-Lasek. *Impregnation syllabique*. Ortho Edition.

scolaire, soit 67 heures). Les performances des enfants sont évaluées par la passation de la BELEC[179] et concernent la lecture de mots réguliers, irréguliers et de pseudo-mots, et des épreuves métaphonologiques.

« On observe des progrès par rapport aux performances de départ dans les trois méthodes et dans toutes les tâches. Aucune différence significative n'est observée entre les rééducations, quelles que soient les tâches ».

Ces résultats montrent que :
- les progrès des enfants ne peuvent pas être rapportés *exclusivement* aux entraînements concernant la phonologie (la méthode sémiophonique, qui ne propose aucun entraînement dans ce domaine, est aussi efficace que les autres…) ;
- la méthode la plus brève (moins de 50 heures) donne des résultats comparables aux deux autres méthodes réclamant plus de temps ;
- l'*intensité* de la rééducation semble être un facteur important, ce qui devrait conduire à interroger l'habitude très générale de proposer un rythme d'une seule séance par semaine pendant des années.

Si toutes les méthodes permettent des progrès notables, aucune ne permet un *rattrapage* du niveau normal de lecture (notamment en termes d'automatisation et de vitesse de la lecture).

Dyslexie visuo-attentionnelle

Certains enfants ne présentent pas de trouble phonologique, ou ce dernier n'est pas au premier plan, alors que leur lecture reste laborieuse et imprécise, source d'une très médiocre compréhension.

Ils ont un profil « en miroir » d'avec les précédents. Ils ne peuvent pas, ou seulement de façon très déficitaire, construire et/ou utiliser la voie lexicale, alors que la voie d'assemblage est totalement (ou mieux) préservée.

Les termes « visuel » et « attentionnel » dans le contexte des dyslexies : un sens restreint

- Les enfants porteurs de troubles de la réfraction ou de troubles visuels banals, d'apraxie oculomotrice, de strabisme banal ou de nystagmus ne rencontrent *pas* de problème particulier lors de l'apprentissage de la lecture. Ce ne sont donc pas les aspects ophtalmologiques, mais bien les aspects *neurovisuels et cognitifs* de l'oculomotricité qui sont en cause dans ces dyslexies.
- Sur le plan attentionnel de même, il ne s'agit pas *ici* d'enfant présentant des troubles « globaux » du contrôle attentionnel (TDA/H [chapitre 5]) – bien que les deux types de troubles puissent être associés – mais bien d'anomalies spécifiquement *circonscrites à un sous-système* attentionnel, l'attention visuospatiale dédiée à la lecture.

Deux grands types de modèles rendent compte des liens entre aspects neurovisuels et attentionnels rapportés aux performances en lecture (pour une récente revue de la question et une synthèse, *cf.* Bellochi et al., 2013) :
- des *modèles oculomoteurs* (ou *bottom-up*[180]) qui considèrent que des anomalies intrinsèques, primitives, des mouvements oculaires seraient la cause des troubles d'accès à l'écrit (lecture et orthographe) ;
- et des *modèles attentionnels* dits aussi cognitifs (ou *top-down*[181]), actuellement davantage explorés, qui stipulent que des anomalies attentionnelles sont, *en amont*, à l'origine des troubles neurovisuels observés.

Les anomalies neurovisuelles et visuo-attentionnelles sous-jacentes à ces dyslexies sont comprises et décrites de différentes façons selon les auteurs, sans qu'il s'agisse toujours de théories fondamentalement différentes, mais plutôt de variantes.

Modèles oculomoteurs

Dans ces modèles (Yang et McConkie, 2001), les mouvements des yeux dépendent en priorité des caractéristiques visuelles du texte (longueur des

[179] BELEC : Batterie d'évaluation du langage écrit pour enfant (7–12 ans). Laboratoire Cognition et Langage, Université libre de Bruxelles (http://lcld.ulb.ac.be/outils/belec).

[180] Bottum-up : processus « ascendant » (du bas vers le haut »), dirigé par les caractéristiques perceptives ou sensori-motrices.

[181] Top-down : processus « descendant » littéralement du haut vers le bas, consistant en un traitement d'un stimulus fondé sur les connaissances du sujet.

mots). Ce sont les indices utilisés pour programmer et calibrer convenablement les saccades qui permettent des fixations au lieu optimal du mot pour son identification (OVP).

Lorsque, malencontreusement, le point de fixation se trouve loin de l'OVP, il y a une nouvelle saccade, engendrant une seconde fixation sur le mot et donc un temps total d'indentification allongé, une lecture moins précise et/ou ralentie.

Des troubles visuels élémentaires ?

On a depuis longtemps évoqué des troubles de la vision des contrastes et des mouvements fins (sous la dépendance des voies magnocellulaires), un trouble perceptif visuel élémentaire (persistance visuelle anormale, difficulté de perception des contrastes), d'où un « brouillage » gênant la reconnaissance des lettres et des mots.

- Miellet (2004) a montré que les sujets dyslexiques effectuent, lors de la lecture, un nombre de fixations plus important que les sujets compétents. Il a également observé des lieux de fixation atypiques et un grand nombre de saccades correctrices en particulier lors des retours à la ligne.
- Ferretti et al. (2008), mesurent le temps de réaction (TR) au repérage d'une cible qui apparaît de façon aléatoire (selon 7 positions spatiales possibles) parmi 18 figures géométriques. Ils observent :

– chez des enfants d'âge préscolaire et scolaire : une diminution significative des TR avec l'âge et l'apparition progressive d'un gradient G → D corrélé à l'acquisition des habiletés en lecture ;

– chez un groupe d'enfants dyslexiques : une lenteur d'exploration des cibles visuelles et l'absence de la stratégie préférentielle G → D.

- Enfin, rappelons ici que les jeunes dyspraxiques présentent souvent des anomalies du regard qui nous ont amenées à décrire certaines dyslexies comme un symptôme faisant partie intégrant du syndrome dyspraxique (chapitre 3).

L'ensemble de ces travaux suggère un déficit de maturation de l'oculomotricité chez les lecteurs dyslexiques, déficit du développement des apprentissages oculomoteurs qui serait *spécifiquement lié aux exigences de la lecture.*

Mais s'il est patent qu'on trouve chez le sujet dyslexique des anomalies de la stratégie visuelle, ces anomalies ne sont pas retrouvées chez tous les dyslexiques (de 0 à 25 % selon les cohortes, d'après Ramus [2003]). Sont-elles cause ou conséquence de la dyslexie observée ? Ressortent-elles de troubles intrinsèques de l'oculomotricité ou sont-elles secondaires à des troubles attentionnels ?

Modèles attentionnels

Dans ces modèles, on considère que ce sont les traitements linguistiques des mots écrits qui règlent les mouvements oculaires.

Lors de la lecture, les modèles cognitifs (attentionnels) postulent que les aspects temporels de la gestion oculaire (le « *quand* ? ») sont sous la dépendance des traitements linguistiques en cours (tandis que la gestion du « *où* ? » dépend non seulement des traitements linguistiques mais aussi des traitements oculomoteurs dans leur ensemble).

Vidyasagar et Pammer (2010) soutiennent que les mécanismes attentionnels, sous la dépendance des réseaux postérieurs (pariétaux), seraient le cœur du déficit chez les sujets dyslexiques, ces systèmes visuo-attentionnels jouant un rôle spécifique *lors du développement* des habiletés en lecture. Ces hypothèses sont confortées par des travaux en IRM-f. Corbetta et Shulman (2002), montrent que la jonction temporo-pariétale, liée aux processus audiophonologiques (et sous-activée chez les sujets dyslexiques lors de tâches phonologiques) est également une composante centrale du réseau qui supervise l'*orientation automatique* de l'attention.

Selon les auteurs, ces anomalies visuo-attentionnelles générant des dyslexies peuvent être comprises (ou décrites) à des niveaux différents.

- Un *trouble du shifting attentionnel.* Le traitement des stimuli successifs rapides (auditifs ou visuels) est indispensable à la lecture et suppose la capacité de passer rapidement d'une cible à une autre. Lallier et al. (2010) évoquent une « viscosité » anormale du *shifting* attentionnel lors du traitement rapide de stimuli successifs (de toutes modalités : trouble amodal).
- Des *anomalies de l'orientation de l'attention.* Ces anomalies seraient à l'origine de l'absence d'asymétrie gauche-droite de la courbe d'OVP chez les jeunes dyslexiques, retrouvée à différentes reprises (Facoetti et al., 2001 ; Ducrot et al., 2003). Les auteurs suggèrent que ces ano-

malies sont en lien avec un déficit des mécanismes attentionnels postérieurs (pariétaux) et/ou une dysfonction interhémisphérique et/ou un trouble des fonctions cérébelleuses.

- Le *phénomène de «crowding»*. La distribution anormale de l'attention autour du point de fixation entraînerait un traitement parafovéale excessif, d'où une difficulté à l'analyse fine des suites spatiotemporelles de lettres. Les distracteurs en vision parafovéale brouilleraient le stimulus central, provoquant le phénomène de «*crowding*» (encombrement visuel) interlettres (Chung et al., 2007) et/ou intermots (Spinelli et al., 2002 ; Martelli et al., 2009). Le fait que l'augmentation des espaces interlettres ou intermots améliore la lecture, spécialement pour les jeunes dyslexiques (Perea et al., 2012 ; Zorzi et al., 2012) conforte cette hypothèse. Pourtant Shovman et Ahissar (2006) ne retrouvent ni effet spécifique de *crowding* dans leur groupe des sujets dyslexiques, ni lien significatif entre les mesures des performances visuelles et capacités en lecture…
- La *réduction de l'empan visuo-attentionnel* (EVA). Bosse et al. (2009), examinant 417 enfants au développement typique en CP, CE2 et CM2 concluent que *l'empan visuo-attentionnel* est le meilleur prédicteur des capacités ultérieures en lecture, indépendamment des habiletés métaphonologiques. Un span visuo-attentionnel normal permet une distribution homogène de l'attention visuelle sur l'*ensemble* du mot. Un EVA réduit limite le nombre de lettres identifiées à chaque fixation, générant un nombre de fixations augmenté vers la droite et une réduction de la longueur des saccades. Un EVA réduit ne permet pas la mémorisation de la forme orthographique du mot (*cf.* fig. 6.16), c'est-à-dire la construction d'un lexique orthographique (Chaves et al., 2012).

Ces travaux se situent dans le cadre d'un modèle de la lecture dit « multitraces », sous-tendu principalement par les lobules pariétaux inférieurs et supérieurs de façon bilatérale.

Des liens entre troubles visuo-attentionnels et troubles phonologiques

De nombreux auteurs font le lien entre ces troubles visuo-attentionnels et les troubles phonologiques qui caractérisent les dyslexiques ; un décodage phonologique efficient requiert d'*abord* la sélection pertinente des graphèmes, donc des capacités visuo-attentionnelles intactes (Facoetti et al., 2010). Les difficultés visuo-attentionnelles seraient *à l'origine* d'une détérioration des mécanismes sublexicaux et *donc* des troubles de la mise en place ou de l'automatisation des processus phonologiques.

Mais aussi des dyslexies strictement visuo-attentionnelles

Dès 2003, une étude de cas (Valdois et al., 2003) fait la preuve que troubles phonologiques et troubles visuo-attentionnels peuvent être dissociés, se manifester *isolément* chez certains sujets.

Une double dissociation (fig. 6.13)

Valdois et al. (2003) étudient deux cas cliniques contrastés : Laurent (14 ; 8 ans, âge lexique = 8;6 ans) échoue à toutes les tâches de métaphonologie, tâches réussies par Nicolas. Nicolas (13;3 ans, âge lexique 8;1 ans), lui, échoue les épreuves visuo-attentionnelles réussies par Laurent, mais aussi par des enfants plus jeunes appariés en niveau de lecture.

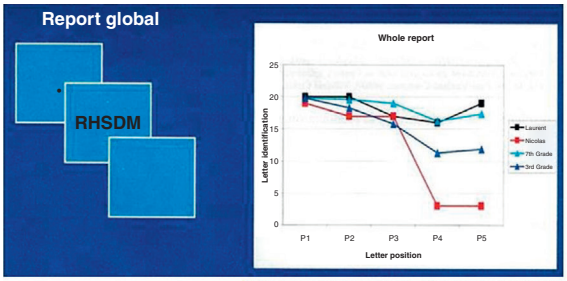
Peyrin et al. (2012) constatent chez ces enfants, en IRM-f, une sous-activation des lobules pariétaux supérieurs (fig. 6.14).

Sur le plan clinique, ces modèles ont permis de repérer tout un groupe d'enfants dont les dyslexies sont désormais clairement mises en rapport avec des troubles de l'EVA, alors que leur existence avait longtemps été niée.

Très récemment, Valdois et al. (2014) ont proposé un logiciel d'évaluation de l'empan visuo-attentionnel chez l'enfant dyslexique (Evadys).

Signes cliniques (vidéo 15)

Les enfants ne développent pas (ou très mal) la voie lexicale. Ils échouent à la lecture des *mots irréguliers* et lisent préférentiellement par la voie d'assemblage, très coûteuse en MT (frein à la compréhension de textes). Le recours quasi exclusif à la voie de conversion graphophonologique, la perturbation de l'analyse orthographique des mots perturbe la *construction* du lexique orthographique.



Seul Nicolas (courbe en rouge) présente un EVA réduit. Laurent et les sujets contrôles en âge et niveau de lecture n'ont pas de troubles de l'EVA.

Seul Nicolas (courbe en rouge) présente un EVA réduit, même par rapport à des enfants plus jeunes de même niveau de lecture que lui.

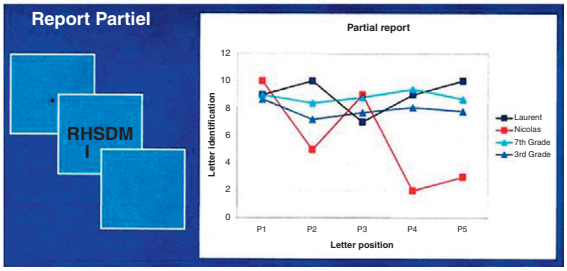


Fig. 6.13. Les épreuves d'évaluation visuo-attentionnelle (EVA) chez deux jeunes dyslexiques et des contrôles.
Dans la tâche de report global, le sujet doit rappeler oralement une série de 5 lettres présentées visuellement immédiatement auparavant durant 500 ms. Dans la tâche de report partiel, le sujet ne doit rappeler qu'une des lettres : après présentation de la séquence des 5 lettres, la lettre cible est signalée par une barre signal à rappeler. *Source : Valdois S, Bosse ML, Ans B, Zorman M, Carbonnel S, David D, Pellat J. Phonological and visual processing deficits are dissociated in developmental dyslexia : evidence from two case studies. Reading and Writing 2003 ; 16 : 543–72.*

On constate, selon les cas :

- des erreurs de régularisation des mots irréguliers, en lecture (album → *albume* ; aquarelle → *akarelle* ; toast → *to-ast*, etc.) et en dictée (album → *albome*) ;
- des erreurs fréquentes sur les *petits mots* (qui → *que* ; de → *le* ; on → *en*), des confusions visuelles et non phonologiques (bouche → *boucle* ; écrou → *écran* ; matin → *malin*).

En lecture de texte, on note des *sauts de lignes* (fig. 6.15) ou de mots, des erreurs lors des retours à la ligne.

- *La compréhension* du texte ou des consignes est très compromise à la fois du fait de lenteur, lecture erronée de mots pleins, confusions de petits mots-fonction (perturbant le sens de la phrase), non-accès au sens induit par l'orthographe (ex. : maire/mère ; c'est/ces).
- *En production d'écrits*, l'enfant présente une dysorthographie qui respecte la phonologie du mot (« plausibilité » phonologique, crayon → créillon) (fig. 6.16). La copie est également perturbée par les oublis de lettres ou de mots, ou des erreurs dans l'ordre des lettres.

Exemple : non-constitution du lexique orthographique

La dictée (fig. 6.17) témoigne du déficit du lexique orthographique : au bord → *au bore* ; passe → *pace* ; d'abord → *dabore* ; le public → *le publiques* ; puis → *puit* ; derrière → *dérière* ; annonce → *anonse* ; soudain → *soudin*… On remarque aussi la non-automatisation de certaines règles, en particulier le redoublement du /s/ entre deux voyelles : rassemble → *rasemble* ; publicitaire → *publisitère* ou le redoublement du l (ill~) pour produire le son /y/ → *bruilante*. Certaines fautes, sur des mots complexes, semblent « mixtes » : organisateurs → *encranisateurs*. Elles sont cependant minoritaires.

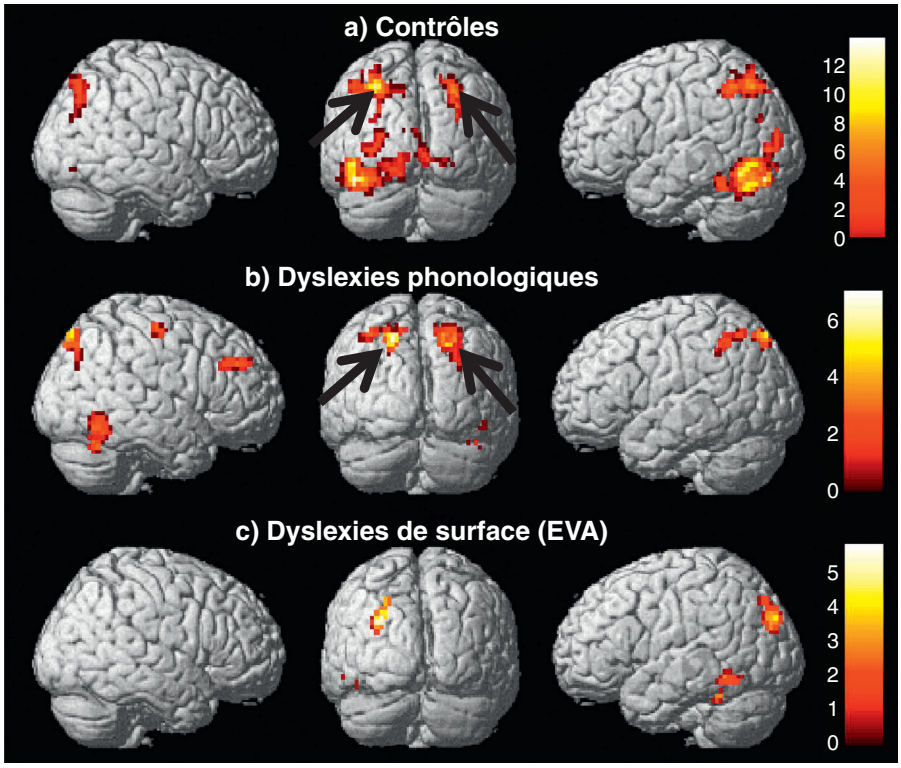


Fig. 6.14. IRM-f : activité cérébrale lors de tâches explorant spécifiquement l'EVA.
La vue symétrique (vue centrale) montre clairement que des tâches explorant spécifiquement l'EVA activent le *lobule pariétal supérieur* (flèches) chez des sujets contrôles et les dyslexiques *phonologiques*, mais *pas* chez des sujets dyslexiques avec atteinte de l'EVA. *Source : Peyrin C, Lallier M, Démonet JF, Valdois S. Neural dissociation of phonogical and visual attention span disorders in developmental dyslexia : fMRI evidence from two case reports. Brain Lang 2012 ; 120(3) : 381–94.*

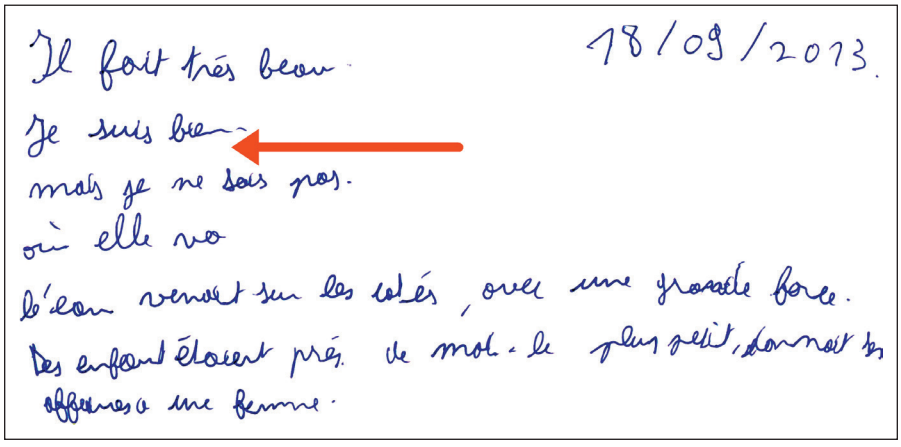


Fig. 6.15. Adrien, 14 ans, 3e – Copie (échelle d'évaluation BHK).
Saut de ligne oubli de la 3e ligne (flèche rouge = ligne sautée : « je vois de l'eau »). voir aussi fig. 3.24.

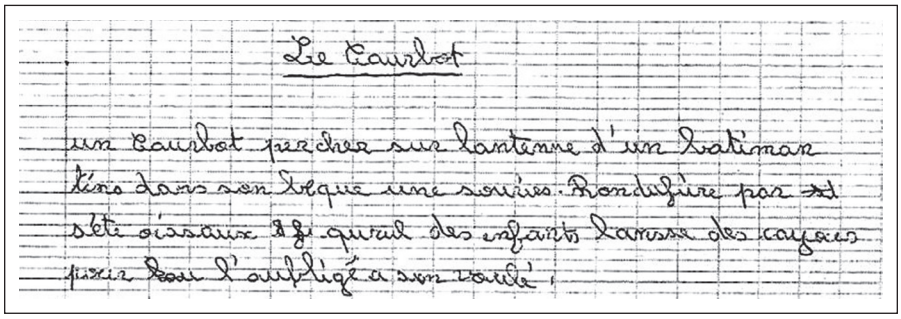


Fig. 6.16. Aristide, 12 ans ½, en 6e – Absence de lexique orthographique, y compris pour des mots très fréquents.
On note ici le respect de la phonologie.
(Texte dicté : « Un corbeau perché sur l'antenne d'un bâtiment tient dans son bec une souris. Rendu furieux par cet oiseau cruel, des enfants lancent des cailloux pour l'obliger à s'envoler. »)

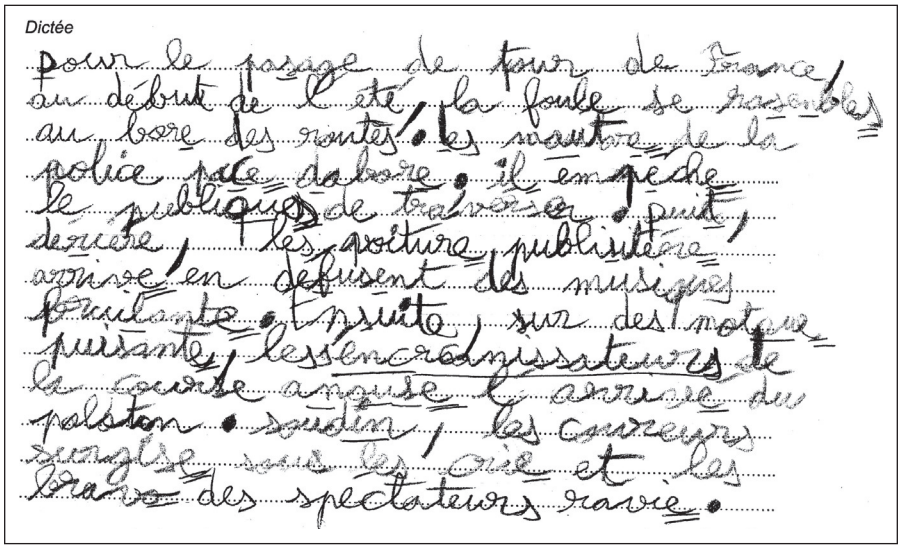


Fig. 6.17. Dictée de Grégoire, 11 ans, 6e – Bon niveau verbal et non verbal (WISC-IV).

Ces anomalies :

- s'accompagnent d'un échec sélectif aux tâches visuo-attentionnelles (détection de cibles, empan visuel, MT visuelle et visuospatiale…) et de fréquents troubles oculomoteurs (bilan orthoptique)[182] ;
- contrastent avec de bonnes, ou bien meilleures, compétences dans les tâches phonologiques et métaphonologiques, et la lecture de pseudo-mots.

[182] À noter : la batterie EVA (évaluation visuo-attentionnelle) explore certains de ces aspects chez les très jeunes enfants (4–6 ans) (www.vision-et-cognition.com).

Des cas cliniques bien documentés

Zorman (2002), Bouvier-Chaverot et al. (2012) publient le cas de jeunes dyslexiques présentant une dyslexie de surface, avec un trouble isolé de l'EVA, et aucun trouble du langage oral, de la phonologie, de la conscience phonémique. Leurs difficultés sont marquées par le contraste entre des scores préservés à la lecture de pseudo-mots et le déficit de traitement des mots irréguliers.

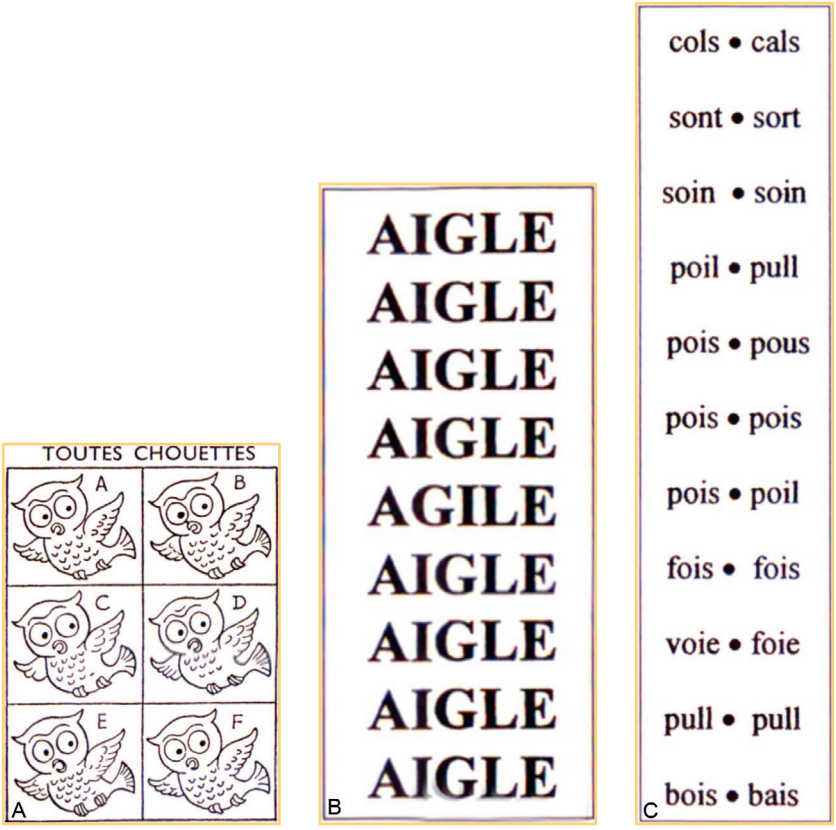


Fig. 6.18. Quelques exemples d'exercices.
A. Retrouver deux chouettes identiques.
B. Chercher l'intrus.
C. Présentation séquentielle rapide : dire si les suites de lettres (ou de mots) de part et d'autre du point de fixation sont identiques ou non.

Axes thérapeutiques

On propose toujours de travailler simultanément deux axes : des entraînements visuels et visuo-attentionnels et des aménagements fonctionnels en situation de lecture.

Améliorer l'attention visuelle

Les exercices (fig. 6.18) utilisent des tâches de repérage visuel – appariements de dessins, formes, signes diversement orientés ou ne différant que par un détail –, de repérages de séquences (de couleurs, de signes, de lettres) ou de configurations (de points, de cases…) parmi des distracteurs, etc. On cherche également à augmenter l'empan visuel, à automatiser le repérage de séquences fréquentes (/eau/, /tion/) et l'organisation des saccades.

On peut organiser une progression en amplifiant la similarité visuelle entre les cibles et les distracteurs, en augmentant la densité des stimuli, en organisant le matériel en lignes/colonnes ou en vrac.

Proposer des aides directes en situation de lecture

Simultanément, il faut favoriser l'organisation linéaire du regard en entraînant *automatiquement* le suivi sur une ligne par le déplacement d'une frontière lumineuse, d'un surlignage des lignes en couleurs alternées (fig. 6.19), une apparition progressive du texte (le mouvement entraîne le regard), toutes adaptations actuellement faciles à installer (ordinateurs, tablettes…) et à individualiser (vitesse et trajet de déplacement de la cible, du dévoilement du texte, etc.).

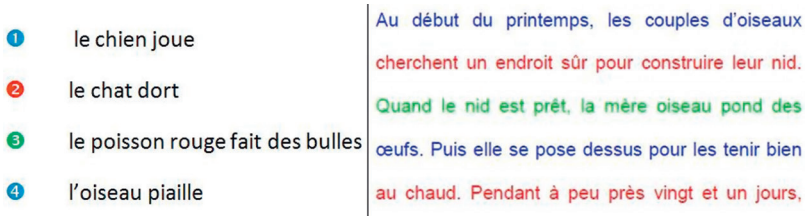


Fig. 6.19. À gauche, aide au repérage des débuts de ligne, par un numéro. À droite : aide au suivi de chaque ligne par couleurs.
Extrait du site le « cartable fantastique » (www.cartablefantastique.fr).

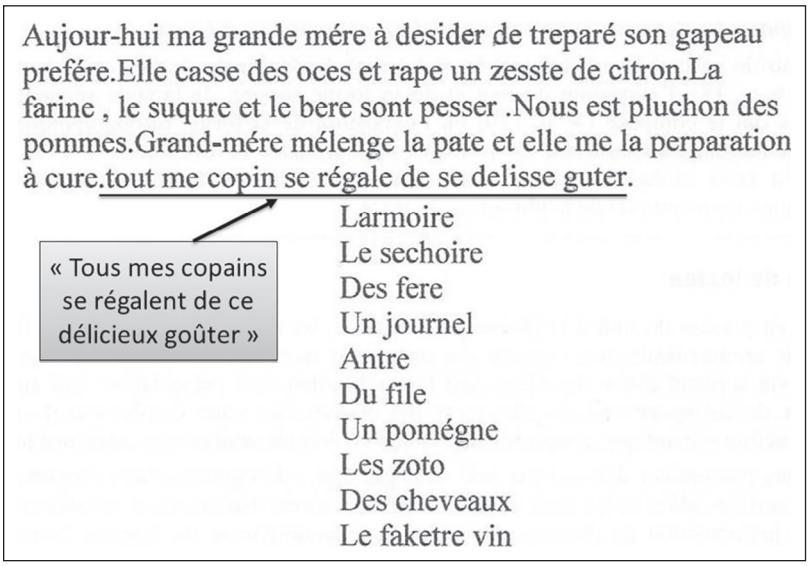


Fig. 6.20. Stéphane, 10 ans – Dyslexie mixte (+dysgraphie : écriture clavier).
Texte spontané suivi d'une dictée de mots : l'armoire, le séchoir, des fleurs, un journal, entre, du fil, un pommier, les autos, des chevaux, le facteur vient (extrait du bilan de Mme Borel-Maisonny).
Noter : les erreurs phonologiques : *tréparé* (pour préparer) ; gapeau (gâteau), *vin* (vient), les difficultés avec les groupes consonantiques : *suqure* (sucre) ; *perparation* (préparation) ; *fere* (fleur), *faketre* (facteur), et l'absence de lexique orthographique y compris pour des mots courants : les *zotos* (les autos), *copin* (copain), *antre* (entre)… pourtant mille fois appris et révisés en classe.

Ces rééducations peuvent être proposées par des orthoptistes, des orthophonistes ou des ergothérapeutes *si* ces professionnels ont été formés à ces techniques en lien avec les dyslexies…

Dyslexies mixtes

Symptômes

Ces jeunes présentent, à des degrés divers, des symptômes des deux lignées de troubles précédemment décrits avec atteinte des deux voies, la voie d'assemblage et la voie lexicale (fig. 6.20).

Il pourrait s'agir :

- soit de la diffusion progressive d'un type de dyslexie qui, initialement sélective, retentirait ensuite sur l'ensemble des procédures et des apprentissages concernés par l'apprentissage de la lecture : un déficit phonologique initial perturberait l'analyse graphophonologique et *donc* la constitution du lexique orthographique ; ou bien un déficit visuo-attentionnel aurait des répercussions sur la segmentation des mots et *donc* la réalisation du processus d'assemblage ;
- soit d'une pathologie associant, d'emblée, des déficits phonologiques *et* visuo-attentionnels.

Propositions thérapeutiques

Il faut chercher à utiliser et développer au mieux *la voie la moins atteinte*. Cependant, le pronostic est globalement plus compromis que dans les dyslexies qui perturbent sélectivement une seule des deux voies de la lecture, car il n'y a pas de voie de compensation réellement préservée.

Il faut donc faire rapidement des *propositions palliatives* (logiciels de lecture, de dictée à l'ordinateur, correcteurs orthographiques adaptés), quelquefois dès l'école primaire, afin d'éviter un échec scolaire, de permettre des apprentissages en rapport avec les capacités intellectuelles et les intérêts du jeune, de préserver son estime de soi et les possibilités ultérieures d'orientation professionnelle.

Des dysorthographies isolées (en l'absence de dyslexie)

La production d'écrits étant plus exigeante que le décodage (lecture), il n'est pas exceptionnel de trouver des dysorthographies indépendamment de tout antécédent de dyslexie (fig. 6.21).

Ces dysorthographies isolées, loin d'être rares, peuvent s'expliquer de différentes façons :

- soit que le niveau de lecture reste dans la limite inférieure de la norme alors que la dysorthographie, plus marquée, se situe franchement dans la zone de la pathologie ; cela se voit en particulier lors de troubles visuo-attentionnels modérés ou discrets autorisant la lecture (à la limite inférieure de la norme) mais perturbant la constitution du lexique orthographique, qui reste très déficitaire ;
- soit qu'il s'agisse des séquelles d'une dyslexie modérée et suffisamment bien compensée pour ne pas (ou ne plus) constituer un handicap ;
- soit que la dysorthographie résulte d'une incapacité à évoquer la forme orthographique du mot, à l'encoder correctement, alors que son identification, le décodage (la lecture) s'effectue sans problème particulier ;
- soit que cela traduise une incapacité de gestion multitâche de l'activité d'orthographier.

Il convient donc de *conduire un bilan complet*, en particulier sur le plan des capacités en lecture, des capacités visuo-attentionnelles et des capacités mnésiques de façon à identifier les obstacles à la production orthographique et proposer des *rééducations* et

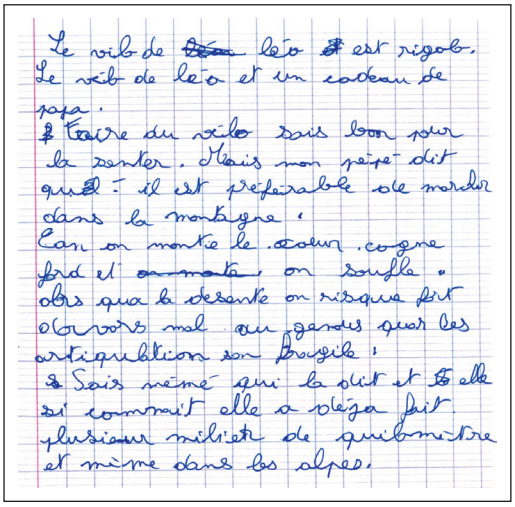


Fig. 6.21. Lucas, 13 ans, en 4e – Dysorthographie isolée (sans antécédent de dyslexie), avec respect de la phonologie.
Noter : c'est → *sait*; santé → *santer*; quand → *can*; fort → *fore*; qu'à → *qua*; descente → *desente*; d'avoir → *davors*; car → *quar*; articulations → *artiqulation*.

des aides au plus près des besoins de chaque enfant. Par ailleurs, en complément des rééducations, de la constitution de carnets, listes et répertoires, on proposera des *palliatifs* fonctionnels tels :

- la dictée vocale à l'ordinateur (qui réclame, chez l'enfant ou le jeune en cours de scolarité, un apprentissage personnalisé visant rapidité et efficacité) ;
- les *correcteurs orthographiques*[183], par exemple PetitProLexis® (correction sans intervention du scripteur, au fur et à mesure de la frappe) ou Antidote®.

Un cas très particulier : la dyslexie dysgnosique

Il existe une dysgnosie visuelle (chapitre 3) particulière, qui atteint spécifiquement l'identification, le décodage, la reconnaissance des *signes conventionnels* écrits (lettres, chiffres, abréviations ou symboles courants : +, >, @, €, %…). Elle est réputée rare, mais elle est en fait surtout rarement reconnue.

[183] Exemples parmi d'autres, les propositions existant sur le marché évoluant rapidement.

Ces enfants se présentent d'abord comme des dyslexiques VA (dyslexiques visuo-attentionnels) : leurs compétences dans toutes les tâches verbales, phonologiques et en MT sont normales. Mais on constate de nombreuses confusions *morphologiques* (de lettres ou signes qui se ressemblent visuellement). L'enfant ne connaît pas ses lettres, manifeste des confusions inhabituelles pour l'âge, y compris avec des chiffres ou d'autres signes conventionnels.

Par exemple, l'enfant confond durablement les séries suivantes, *selon la typographie* :

a - d	f - t - l	i - j	r - n - h	m - n - u
b - l	e - o - c	u - y	I - l - 7 - T - F	*l - b - h*
A - H - N	B - R - K	G - C - O - Q	5 - S - 3	M - W

Exemples

- Martial, jeune garçon de 12 ans, ancien prématuré. Devant la lettre « q », il déclare : « Ça fait le son /ol/ parce que ici [montrant du doigt la partie ronde], y a un /o/, et ici [désignant la barre verticale], y a un "le" [sonorisation de la lettre /l/] ». Devant le mot écrit *sucre*, il dit : « un /s/… un /u/ ou un /v/ ? …un /e/ ou un /c/ ? …un /r/ ou un /n/ ? ». Après les réponses de l'examinateur, il énonce facilement : « s, u, c, r, e… du sucre ! ».
- Steven, 15 ans, sans antécédent visuel ni neurologique particulier, de faible niveau intellectuel (Similitudes, NS = 7) mais soumis depuis des années à des rééducations orthophoniques et à l'apprentissage de la lecture (d'abord en intégration, puis en CLIS, puis en IME), doit dénommer les lettres et désigner les non-lettres (⊥, ø, ∞, €, @, ¡) parmi des signes écrits : il identifie correctement 8 items sur 33, confondant lettres, non-lettres et chiffres (ex. : ⊥ → « c'est un L », g → « y a deux ronds… c'est un 8 ? »).

L'accès au langage écrit est très compromis. Lorsque le diagnostic n'est pas fait, les échecs risquent d'être successivement rapportés à l'immaturité, au manque de motivation, à une opposition ou un blocage inconscient, à des troubles du comportement…

Comme pour toutes les dysgnosies visuelles, on ne négligera pas l'apport de l'oral ici représenté par l'*épellation*. Si l'entraînement est bien conduit, après une période de travail sur les constituants phonologiques de la langue, l'enfant peut avoir un bon accès oral à une représentation séquentielle ordonnée des éléments phonémiques et graphémiques du mot. Cela peut permettre la lecture de quelques mots isolés (lus « lettre à lettre »), ce qui peut avoir une certaine utilité sociale. Poser le diagnostic permet d'expliciter à l'enfant la nature de ses échecs scolaires. Il permet aussi d'éviter l'« acharnement » scolaire et/ou rééducatif mal adapté, puis de justifier la mise en œuvre de techniques palliatives.

Dyslexies accompagnées

Environ la moitié des dyslexies s'accompagnent d'un autre trouble cognitif, ce qui fait poser la question des relations entre ces différents troubles et celle des causes qui pourraient en rendre compte (pour un modèle déficitaire multimodal, *cf.* par exemple Ramus [2004]).

Nous proposons de nous placer d'un point de vue clinique et de considérer trois cas de figures (*cf.* fig. 1.14 et 1.19) :

- soit la dyslexie est un des *symptômes* d'un autre syndrome cognitif individualisé : il s'agit alors de dyslexie-symptôme ; Ex.: dyslexie au sein d'une dyspraxie, d'un syndrome dysexécutif... ;
- soit une dyslexie est *associée* à une autre pathologie cognitive indépendante : il s'agit alors de comorbidité de deux troubles « distincts ». Ex. : dyslexie phonologique et dyspraxie ;
- soit il est impossible de trancher *a priori*. C'est alors le contexte clinique qui permet d'interpréter cette association.

Dyslexies-symptômes

Il s'agit de performances significativement insuffisantes en langage écrit et répondant à la définition des dyslexies, mais qui sont la conséquence d'un *déficit dans un autre secteur de la cognition* (chapitre 1). Il s'agit de dyslexies *secondaires*, symptômes d'un autre trouble cognitif en amont.

Dyslexies secondaires à des troubles du langage oral

Certaines *dysphasies* (chapitre 2) peuvent constituer un obstacle à l'apprentissage de la lecture, du fait de l'implication des voies phonologiques et/ou du déficit en MT auditivo-verbale ; mais habituellement, le diagnostic de dysphasie est posé avant que ne débute l'apprentissage de l'écrit.

Quelquefois pourtant, un trouble de l'accès (phonologique et/ou sémantique) au lexique (manque du mot ou dysphasie mnésique) a pu passer inaperçu.

D'une façon générale, tout problème d'accès à l'écrit doit donc conduire à investiguer finement et *séparément* les différents constituants du langage oral (chapitre 2).

Lexique auditif et accès à la lecture

De même, un *vocabulaire très limité* (quelle qu'en soit la cause) peut, à partir du CE1, être un obstacle à l'accès au sens et à la constitution du lexique orthographique. Plusieurs études font en effet état d'une corrélation entre la taille du vocabulaire de l'enfant (son lexique auditif) et ses capacités en lecture. Or, il est difficile de savoir *a priori* s'il s'agit simplement d'un vocabulaire « pauvre » (environnement peu stimulant, maîtrise insuffisante du français : on est alors dans le cadre de « difficultés ») ou si c'est la conséquence d'un déficit en MT et/ou en mémoire à long terme sur la constitution des réseaux lexicaux.

Les actions rééducatives doivent alors toujours cibler *simultanément* le langage oral *et* le langage écrit, les progrès dans l'un ou l'autre des secteurs interagissant, en spirale, avec l'autre.

Dyslexies dans le cadre d'une dyspraxie visuospatiale

Une grande proportion d'enfants dyspraxiques présente *des troubles de l'organisation et de la précision des gestes du regard* et ne peut accéder à une lecture fluide. La symptomatologie est celle d'une dyslexie de surface.

L'incapacité à amener progressivement les fixations à l'endroit précisément efficace pour construire une représentation orthographique convenable du mot (OVP) gêne la constitution du lexique orthographique : l'enfant garde une stratégie de lecture préférentielle (voire exclusive) par médiation phonologique (lente) et produit à l'écrit de nombreuses fautes d'orthographe « d'usage ». Ces fautes *respectent la phonologie* ce qui différencie clairement ces jeunes de ceux manifestant une dyslexie-dysorthographie phonologique (ex. : Déborah, dyspraxique de 14 ans : « *peux-tu me ramplire ce dossillé* (dossier) *pour demin, merci* »).

Ces jeunes présentent en outre une dysgraphie dyspraxique et *tout le cortège de symptômes* habituellement liés aux troubles du développement du geste (chapitre 3).

La dyslexie doit être prise en compte pour elle-même lors du projet thérapeutique lié à la dyspraxie, avec les mêmes principes que pour toute dyslexie visuo-attentionnelle isolée. Les jeunes dyspraxiques bénéficiant souvent d'aides techniques informatisées, on aura tout intérêt à prévoir des rééducations et des aides scolaires qui utilisent ces mêmes outils.

Dyslexies secondaires à un syndrome dys-exécutif

Un syndrome dys-exécutif (chapitre 5) peut, au sein de problèmes scolaires plus diffus, rendre compte de difficultés d'apprentissage de la lecture.

Ainsi, Franceschini et al. (2012) montrent que l'attention visuospatiale en maternelle prédit spécifiquement (c'est-à-dire une fois contrôlés l'âge, le QI et les habiletés métaphonologiques) les capacités ultérieures d'acquisition de la lecture en CP et CE1.

Les troubles diffus de l'attention, le déficit en MT, les stratégies (visuelles et cognitives) inadaptées, la distractibilité perturbent l'apprentissage initial, le déchiffrage, l'accès au sens.

Dans cette configuration, *la dyslexie n'est pas isolée* : elle s'accompagne de *tout le cortège de symptômes des syndromes dys-exécutifs*, à la fois comportementaux et cognitifs : les troubles des apprentissages diffusent à toutes les disciplines (dyscalculie, déficit des connaissances académiques…) et l'ensemble de la scolarité est compromis.

C'est le syndrome dys-exécutif, en particulier les troubles attentionnels et en MT, qui doivent être pris en compte *prioritairement* sur le plan médicamenteux *et* rééducatif. L'amélioration en lecture interviendra secondairement.

Comorbidités

Dyslexie et trouble moteur et/ou trouble du geste (TAC, dyspraxies)

Dans le cadre de la théorie cérébelleuse de la dyslexie, ces troubles moteurs font partie intégrante du syndrome dyslexique : médiocre coordination motrice, troubles de l'équilibre, maladresse gestuelle, dysgraphie… Cependant, d'une part l'hypothèse cérébelleuse est encore en débat, d'autre part la moitié environ des enfants dyslexiques ne présente aucun trouble moteur, et beaucoup sont au contraire plutôt habiles et précoces dans ce domaine.

Ramus et al. (2003), étudiant une population de jeunes dyslexiques âgés de 8 à 12 ans, trouvent 50 % d'enfants présentant un déficit dans les habiletés motrices. Il est à souligner qu'ils ne retrouvent *pas de corrélation* entre le déficit des habiletés *motrices* d'une part et le déficit des habiletés *phonologiques* d'autre part.

Lorsque coexistent les deux déficits, il s'agit bien d'une comorbidité et chacun des deux troubles doit être pris en compte de façon spécifique. Le trouble moteur/gestuel est souvent l'objet de rééducations précoces (en psychomotricité) ; à partir de 8–10 ans, la prise en compte de la dyslexie doit passer au premier plan, en raison des impératifs scolaires.

Dyslexie et troubles du graphisme (dysgraphies)

Les troubles du graphisme manuel (graphomotricité), isolés ou dans le contexte plus global d'un TAC ou d'une dyspraxie, sont très fréquemment associés à la dyslexie.

Zesiger (2003) considère que l'on peut isoler trois domaines d'acquisition du graphisme manuel qui peuvent chacun, isolément ou en association, être responsables d'une dysgraphie : les acquisitions visuospatiales, celles liées aux mouvements, et celles liées à l'acquisition de l'orthographe.

En effet, prendre des notes, copier, rédiger suppose que l'écriture soit automatisée dans ses deux versants, graphomoteur *et* orthographique Aussi, dans le cadre d'une dyslexie, la dysgraphie peut être comprise comme la conséquence des méconnaissances orthographiques, une des manifestations de la situation de « double tâche » (chapitre 5).

Ainsi, Berninger et al. (2008) relient la planification graphomotrice non à la forme de chaque lettre mais plutôt à la forme orthographique du mot, laquelle ne se construit pas normalement chez le jeune dyslexique. D'ailleurs, lorsqu'il s'agit de lettres *isolées*, de leur prénom ou de mots simples (dont ils maîtrisent l'orthographe de façon quasi automatisée), il n'y a pas de différence graphique entre dyslexiques et normo-lecteurs (Paz-Villagran et al., 2011). La dysgraphie ne se manifeste que lors d'écriture de mots complexes (du point de vue de l'enfant dyslexique).

Ce lien entre trouble de la représentation orthographique du mot et dysgraphie rend compte aussi du fait que ces enfants dyslexiques phonologiques et dysgraphiques *sont également en difficulté au clavier de l'ordinateur* (contrairement aux jeunes dyspraxiques).

La dictée vocale représente une bonne indication pour pallier au trouble graphique. Cependant la relecture et les corrections indispensables – pour rendre un texte clair, compréhensible, bien présenté et socialement acceptable – ne sont pas toujours accessibles au jeune dyslexique qui a alors besoin d'un apprentissage bien adapté et d'un correcteur orthographique bien pensé, voire d'un secrétaire.

Dyslexie et dyscalculie

Une dyscalculie est fréquemment associée à la dyslexie (dans environ 20 à 25 % des cas, voire plus selon les études). Cependant les caractéristiques, la nature et l'intensité de la dyscalculie (chapitre 7) ne sont généralement pas précisées…

Les mécanismes évoqués pour rendre compte de cette association sont divers :

- l'*hypothèse cérébelleuse* postule des difficultés d'automatisation des procédures qui pourraient *aussi* se manifester dans les apprentissages numériques ;
- le *déficit en MT* est fortement corrélé aussi bien chez les enfants présentant une dyslexie phonologique isolée ou une dyscalculie isolée que l'association des deux troubles ;
- certains *troubles visuo-attentionnels* pourraient être tenus responsables de l'association « dyslexie visuo-attentionnelle et dyscalculie », *via* le *subitizing*. Cette capacité à évaluer précisément de très petites quantités, très liée aux régions pariétales droites, serait sous contrôle visuo-attentionnel, et on a montré un lien entre *subitizing* et développement des capacités en calcul ;
- enfin, il apparaît qu'un sous-groupe de cette population d'enfants « dyslexiques + dyscalculiques » présente *un niveau intellectuel inférieur* au groupe présentant un déficit isolé, soit en lecture, soit en calcul (Inserm, *Bilan des données scientifiques*, 2007).

Quelle qu'en soit l'origine, cette association compromet gravement le pronostic scolaire. Les exigences scolaires doivent être adaptées, notamment en termes de rythme des acquisitions. En fonction de l'intensité des troubles, un cursus adapté peut être indiqué (CLIS, ULIS), avec le projet d'acquis fonctionnels (en lecture, en numération et calcul) qui assureront une bonne autonomie sociale.

Des associations dont l'interprétation est contextuelle

Dyslexies et déficit en mémoire de travail

L'association dyslexie et déficit isolé en MT (en dehors d'un syndrome dys-exécutif) doit être comprise différemment selon le contexte dans lequel elle s'exprime. En effet, étant donné le rôle important de la MT aussi bien dans l'analyse phonologique, la procédure d'assemblage que dans la compréhension de phrases et de textes, ce type de déficit est un grand pourvoyeur de dyslexies.

On doit considérer trois cas de figure différents :

- l'enfant présente une dyslexie phonologique ou mixte (c'est-à-dire avec une composante phonologique notable). Le déficit de MT auditivo-verbale fait alors *partie intégrante* du syndrome « dyslexie » (au même titre que la dysorthographie par exemple) ;
- l'enfant présente une dyslexie visuo-attentionnelle. Le déficit en MT auditivo-verbale constitue alors une *autre pathologie,* associée à la dyslexie et sans rapport primitif avec cette dernière. C'est une *comorbidité* compromettant alors l'ensemble de la scolarité ;
- l'enfant présente l'association dyslexie + dyscalculie dans le contexte d'une MT déficitaire (chapitre 4). Se pose alors légitimement la question de savoir si le trouble primaire n'est pas le déficit en MT (diagnostic = « dysmnésie de travail »), dyslexie et dyscalculie ne constituant alors que des symptômes, parmi d'autres, conséquences du déficit en MT.

Dyslexies et troubles de l'attention

Il est difficile de chiffrer, même approximativement, la proportion d'enfants qui présentent une association de ces deux pathologies, car les liens entre attention et lecture sont encore flous, sans parler des critères diagnostiques des troubles attentionnels également très variables selon les auteurs. Ainsi, selon les études, les proportions d'enfants dyslexiques qui souffriraient aussi d'un TDA/H varient de 25 à 50 % ! Il reste cependant évident qu'il ne peut pas s'agir d'une association fortuite.

L'inattention, un trouble constant chez les sujets dyslexiques ?

Pour Billard et al. (2010), l'inattention est un trouble constant chez les sujets dyslexiques. En conclusion de leur étude, les auteurs constatent que, chez les faibles lecteurs, « seul le déficit d'attention est corrélé avec toutes les composantes du langage écrit et associé à un déficit persistant marqué de ses composantes ». C'est l'inattention (et non l'hyperactivité) qui retentit négativement sur les apprentissages.

Inattention et dyslexie : des facteurs génétiques communs ?

Pennington (2006), tirant les conséquences de travaux effectués chez des jumeaux homozygotes ou hétérozygotes, conclut qu'il existe un recouvrement des facteurs génétiques sous-tendant l'héritabilité de la dyslexie d'une part, du TDA/H d'autre part. Il s'agirait donc de facteurs de risques dont une partie serait commune aux deux pathologies.

Sur le plan clinique, l'association des deux troubles assombrit le pronostic scolaire. En effet, les troubles de type TDA/H influencent négativement la stratégie de lecture, avec un taux d'erreurs plus important que dans les dyslexies « pures » et de moins bons résultats des stratégies rééducatives ou palliatives.

Synthèse

La dyslexie est souvent le *premier* symptôme perceptible à l'école, les autres insuffisances académiques se révélant plus tardivement dans le cursus scolaire, laissant croire un temps que la dyslexie est isolée et donnant alors malheureusement l'impression de diagnostics successifs et/ou d'une pseudo-aggravation de la situation scolaire.

Or, ces enfants en délicatesse avec l'écrit sont presque toujours adressés en première intention en orthophonie : pourtant, *un bilan orthophonique isolé ne peut pas permettre de poser précocement ces diagnostics intriqués de façon fiable.*

Cette stratégie courante pose problème puisque le trouble de l'écrit ne constitue dans tous ces cas que la partie émergée de l'iceberg :

- soit la dyslexie n'est qu'*un* symptôme d'un déficit cognitif *autre* : il est alors très important de faire le diagnostic du trouble initial ;
- soit la dyslexie est accompagnée d'un autre dys- (comorbidité), et les deux séries de symptômes s'interpénètrent, voire se potentialisent.

Il faudra veiller à ne pas juxtaposer les rééducations et les aides de toutes sortes, mais à hiérarchiser les problèmes selon l'intensité des troubles, l'âge et le niveau scolaire de l'enfant, le pronostic scolaire probable, ses projets… afin de construire un projet réellement cohérent.

Bilan orthophonique et diagnostic de dyslexie accompagnée

Conscients de ces difficultés diagnostiques, les orthophonistes utilisent souvent des tests « à large spectre » proposant toutes sortes d'épreuves dans toutes sortes de domaines cognitifs.

Par exemple, l'EVALO 2-6[184] ou le L2MA comprennent des épreuves de langage oral, attentionnelles, mnésiques, raisonnementales, visuelles, etc. Cependant, en l'absence d'échelles de Wechsler préalables (chapitre 1), ces épreuves sont difficilement interprétables. Par ailleurs, dans beaucoup de domaines cognitifs, les épreuves proposées comportent un faible nombre d'items et sont plutôt à utiliser comme des indices visant un *dépistage,* incitant à proposer un bilan neuropsychologique plus solide ou *à réorienter l'enfant* vers un centre référent, un service spécialisé ou un médecin expérimenté dans le domaine des troubles des apprentissages.

[184] EVALO 2–6, Ortho Edition.

Préconisations générales et évolution

Dans tous les cas, il faut :
- expliciter le diagnostic à l'enfant et à son entourage, parents et enseignants, et laver l'enfant du soupçon de mauvaise volonté, voire de provocation ou de déficience mentale ;
- montrer à l'enfant les liens entre les exercices proposés en rééducation et les situations scolaires, de lecture, afin de soutenir sa motivation ;
- faciliter l'acceptation des adaptations en famille, à l'école ;
- solliciter une bienveillance et encourager des aides discrètes ;
- éviter l'utilisation de textes trop puérils destinés à des enfants plus jeunes.

Prise en charge de la dyslexie

Stratégies de rééducation

Il n'y a pas de stratégie thérapeutique scientifiquement validée ayant fait ses preuves. Pourtant, pragmatiquement, un consensus s'établit :
- face à une dyslexie phonologique ou mixte, l'entraînement phonologique est central, et d'autant plus efficace qu'il s'associe aux connaissances sur les lettres, la lecture de mots, qu'on entraîne explicitement les liens entre phonologie et orthographe, qu'on s'appuie sur la morphologie et l'extension du vocabulaire ;
- pour une dyslexie visuo-attentionnelle, l'avis de l'orthoptiste est important. Des exercices visuo-attentionnels ainsi que des adaptations visuelles (portant sur la typographie, la présentation spatiale du texte…) sont indispensables.

Mais au-delà des rééducations proprement dites (au rythme de 2 séances par semaine, voire 3 dans les cas sévères), les *adaptations en milieu scolaire* sont indispensables pour éviter la diffusion des échecs à l'ensemble de la scolarité et le découragement du jeune.

Aides à la scolarité (compensations, palliatifs)

Il s'agit de permettre à l'enfant d'apprendre, d'exercer son intelligence, de nourrir sa curiosité, de préparer son avenir, de se sentir réussir-progresser *en dépit de* la dyslexie.

Concrètement, on conseille de :
- s'assurer de la compréhension de l'enfant avant qu'il ne commence son travail : faire reformuler la consigne ou le texte du problème, le lui lire et relire autant que besoin (ou *via* une synthèse vocale)…
- veiller à ne pas pénaliser l'enfant dans *toutes* les matières (ne pas ôter des points pour les fautes d'orthographe du devoir d'histoire) ;
- prendre réellement en compte sa fatigabilité et sa lenteur (octroi d'un tiers-temps supplémentaire, limitation de la quantité d'écrits à lire ou à produire) ;
- favoriser l'oral (pour les apprentissages, les contrôles) chaque fois que possible, en tenant compte cependant des limites imposées par les capacités en MT.

Espacer les lettres ?

Récemment, certains ont montré (Zorzi, 2012 ; Perea, 2012) qu'augmenter l'espacement des lettres au sein des mots et du texte améliore la lecture des enfants et des adultes normo-lecteurs, mais *plus encore celle des jeunes dyslexiques*, et ce, d'emblée, sans entraînement particulier, quel que soit le type de dyslexie, semble-t-il.

Il faut associer, dans des proportions variables selon l'âge, le niveau scolaire et l'intensité du trouble :
- la *rééducation* (phonologie et métaphonologie, MT, lexique, attention, visuelle) ;
- l'entraînement à des *compensations* efficaces et « rentables » (reconnaissance probabiliste de mots en fonction des suites de lettres fréquentes, des mots fréquents, des attentes liées au contexte, des indices morphologiques) ;

- les *palliatifs* fonctionnels en situation scolaire (où la priorité est de permettre les apprentissages *en dépit de* la dyslexie).

Aides techniques

Selon l'âge, le niveau, le projet scolaire, la matière enseignée, la situation (apprentissage, contrôle, examen), divers éléments pourront être prévus, au cas par cas (*cf.* figure 8.6 et 8.8) : limitation des écrits à lire ou à produire, aides humaines ou techniques (lecture par un tiers, par une synthèse vocale, un secrétaire qui écrit sous dictée de l'enfant, utilisation d'un dictaphone pour enregistrer certains cours ou conférences, dictée vocale, etc.).

Pour les textes à lire et étudier (français, lectures suivies, leçons dans toutes les disciplines, etc.), on préconise une lecture alternée (avec l'adulte), le choix d'ouvrages existant en version audio et/ou la lecture *via* une synthèse vocale. Des scanners peu encombrants (taille d'une réglette ou d'une souris) et très performants peuvent être utilisés en toutes circonstances, permettant au jeune de disposer, *via* son ordinateur et un casque audio, des mêmes documents que ses camarades, en même temps qu'eux.

Au contraire, la dictée vocale ne peut guère être utilisée en situation de classe, mais elle rend de grands services pour les devoirs faits à la maison et lors des examens, donnant au jeune une bonne autonomie, limitant la fatigue et la situation délétère de double tâche lors de la rédaction d'écrits (du moins s'il y a été suffisamment entraîné).

L'utilisation de ces aides techniques doit être :
- prescrite en temps voulu, c'est-à-dire en *anticipant* les besoins de l'enfant en fonction des exigences scolaires, et sans attendre que l'échec soit consommé ;
- *enseignée* (par exemple, il faut être capable de repérer et corriger les principales erreurs de la dictée vocale, au moins celles qui risquent de rendre le texte incompréhensible) ;
- *acceptée* du jeune lui-même et de ses parents, mais aussi des enseignants qui seuls peuvent en légitimer l'utilisation aux yeux de l'enfant.

D'une façon générale, il faut :
- ne pas assimiler le niveau scolaire de l'enfant à son niveau de lecture : valoriser ses savoirs et compétences dans d'autres secteurs de la cognition (connaissances générales, logique, mathématiques…) ; éviter le maintien dans une classe d'enfants plus jeunes ;
- accepter fréquemment de *suppléer* aux difficultés de lecture de l'enfant pour lui permettre d'alimenter son intelligence, son raisonnement, sa curiosité ;
- proposer des livres en version audio, des documentaires vidéo, des films, favoriser les loisirs tels la musique, le théâtre, les visites, etc., pour construire ses savoirs, ses connaissances sur le monde et sa culture générale.

Dysorthographie associée

Ce n'est certainement pas – comme on l'entend encore dire quelquefois – en « lisant plus » que ces enfants amélioreront leur orthographe lexicale, puisque *justement* c'est parce que leur stratégie de lecture ne leur donne pas, ou mal, ou rarement, accès à la forme orthographique du mot qu'ils sont dysorthographiques !

L'apprentissage de listes de mots courants est souvent efficace (mais seulement pour les mots appris…). Cela permet aussi à l'enfant d'améliorer son vocabulaire et ses notes (en dictée, mais aussi en histoire, sciences ou géographie), ce qui est souvent apprécié ! On y associera l'épellation, la transcription simultanée, la définition, l'évocation d'autres mots partageant la même particularité orthographique, son emploi dans une phrase…

L'utilisation *précoce* de palliatifs bien adaptés (correcteurs orthographiques, logiciels prédicteurs de mots…), après apprentissage, autorise une scolarité de qualité.

En même temps que rééducations et adaptations seront mises en place, il faudra veiller à préserver chez ces jeunes l'estime de soi, la curiosité intellectuelle, le plaisir d'apprendre, la confiance en soi et en l'avenir. En effet, malgré les progrès, il persistera le plus souvent une réticence, voire une difficulté importante face à l'écrit.

Pronostic des dyslexies-dysorthographies

Les rééducations et les actions destinées à favoriser les apprentissages et la scolarité doivent en permanence être coordonnés. Plus l'enfant est jeune, plus les actions à visée rééducative sont licites (d'autant qu'elles peuvent, peut-être, modifier soit les structures neuronales sous-jacentes, soit les procédures mises en œuvre), *mais* au fil des ans et de l'avancée dans la scolarité, les actions palliatives doivent prendre de plus en plus d'importance. (*cf.* fig. 8.8)

Effets neurobiologiques des rééducations

Hoeft et al. (2011) montrent que certains systèmes cérébraux, en préfrontal *droit*, sont centraux dans les progrès en lecture chez le sujet dyslexique et seraient même prédictifs d'une évolution favorable; ces travaux étayent l'idée que l'évolution des jeunes dyslexiques, même favorable, n'emprunte pas les mêmes voies que chez les normo-lecteurs.

Quoi qu'il en soit, la dyslexie n'est pas un simple « retard » dans l'acquisition de l'écrit. En dépit des progrès constants des jeunes dyslexiques, progrès qui, pour la grande majorité les amènent à une lecture fonctionnelle avec une compréhension satisfaisante, ils restent cependant caractérisés par une lenteur, une fatigabilité, une faible mémorisation des informations lues.

Mais le pronostic à moyen et long termes tient autant aux progrès intrinsèques en lecture (précision et vitesse d'identification des mots) qu'à la capacité du sujet à développer des stratégies générales de *compréhension de textes*. Cette dernière repose en effet sur *les capacités de compensation* des séquelles de la dyslexie, et sur des compétences plus globales (raisonnement, mémoire à long terme, connaissances générales…).

La compréhension de textes

Bessis et Sallantin (2012) rappellent que trois processus fondamentaux sont à l'œuvre :

- la réduction de l'information sémantique (construction d'un « résumé synthèse »), qui permet d'extraire la macrostructure du texte et d'en saisir la cohérence;
- la production d'inférences sous-tendues par les connaissances personnelles du lecteur;
- la construction d'une représentation mentale de *ce dont parle le texte*, ce qui permet l'intégration de données nouvelles et la mise en mémoire à long terme; cela nécessite la construction des liens de causalité, la compréhension des liens temporels et de la chronologie, l'accès aux informations spatiales; enfin, la prise en compte des états émotionnels des personnages et du point de vue de l'auteur.

Ainsi, paradoxalement, beaucoup de mauvais ou faibles lecteurs deviennent de bons « compreneurs ». Malheureusement, ils restent généralement de médiocres orthographieurs…

À l'âge adulte (vidéo 16)

Les séquelles sont d'autant plus marquées sur le plan psychologique et social que le diagnostic a été tardif et/ou que peu (ou pas) d'adaptations ont été mises en place.

Devenues adultes, ces personnes évoquent un sentiment durable de honte, d'humiliation, un vécu global d'incapacité. Beaucoup redoutent toujours de lire à haute voix en public, d'avoir à rédiger un rapport ou un courrier : « je suis dyslexique, on la repéré quand j'avais 13 ans, aujourd'hui j'en ai 22. C'est toujours un problème pour moi au quotidien, j'ai toujours peur quand je dois lire devant des gens, je met toujours beaucoup de temps pour lire même une page car je suis obligée de mis prendre à 2 fois, 1 pour déchiffrer, la 2e pour le comprendre[185] ».

[185] Témoignage extrait de : http://forums.france5.fr/les-maternelles/Pathologies/Dyslexie/dyslexie-sujet_35_1.htm

Pourtant, *in fine*, leur cursus socioprofessionnel rejoint, dans sa diversité, celui de l'ensemble de la population.

Devenir professionnel de personnes dyslexiques

De Fouchier (2007), étudiant le devenir de 17 adultes dyslexiques, rapporte que :

- parmi les six femmes, deux n'ont jamais redoublé, trois ont redoublé une fois, une a redoublé deux fois; leur niveau d'étude s'étend de Bac + 3 à Bac + 5. Au moment de l'entretien elles ont entre 34 et 47 ans; cinq d'entre elles sont cadres (dans le domaine des ressources humaines, de la mode, directrice d'une agence de communisation, directrice de crèche), la dernière est en comptabilité mais en reconversion vers le secteur sanitaire et social;
- parmi les onze hommes, âgés de 22 à 62 ans lors de l'étude, leur niveau d'études est le suivant : deux ont un CAP, un a un BEP, trois ont un niveau Bac, un se situe à Bac + 3, trois à Bac + 5 et un à Bac + 15 (études de médecine + chirurgie). Sur le plan professionnel : quatre sont techniciens, agents de maîtrise ou ouvriers qualifiés (mécanicien poids lourd, électricien, couvreur-zingueur, chef de département en hypermarché); l'un est conseiller en assurance, un autre conseiller en orientation; deux sont entrepreneurs (dans le bâtiment, dans les ressources humaines); enfin trois sont cadres (directeur de site industriel, ingénieur en informatique, chirurgien).

La qualité de la scolarité, déterminante pour l'orientation professionnelle, dépend donc de nombreux facteurs dont le « niveau de lecture » n'est qu'un des éléments.

L'histoire personnelle (et familiale), les conditions du diagnostic, l'intensité et la qualité des aides (rééducatives et palliatives) proposées tout au long de la scolarité, leur pertinence, leur acceptation tant par le jeune lui-même que par sa famille et l'école, constituent autant de paramètres déterminant l'avenir personnel et social du jeune dyslexique.

Conclusion

Les dyslexies-dysorthographies sont désormais reconnues comme des pathologies qui ouvrent droit à des rééducations et des aménagements pédagogiques adaptés au sein de l'école et reconduits lors des examens[186] : encore faut-il que les troubles soient repérés, diagnostiqués, explicités. Faute de quoi, on serait réduit à une tautologie désespérante pour l'enfant : il lit mal, il orthographie mal, proposons-lui de lire plus, d'écrire plus et encore plus, et encore plus… et ce, sans résultat.

Or, l'enfant dyslexique n'est pas un enfant insuffisamment entraîné, il n'est pas non plus comparable à un enfant plus jeune, et la répétition sans fin de stratégies dont il ne peut bénéficier du fait d'une atypie de son développement cérébral ne peut mener qu'à l'échec, dans un contexte de découragement de plus en plus intense.

Illettrisme et dyslexie

L'analyse des difficultés en lecture lors de la journée « défense et citoyenneté » de 2012 chez les jeunes de 17 ans et plus (De La Haye et al., 2013) :

- dénombre globalement 9,9 % de jeunes en difficulté de lecture, dont 2,3 % présentent clairement des mécanismes de lecture déficitaires[187] ; pour les autres, divers facteurs associés peuvent être invoqués ;
- confirme la prédominance des garçons (11,5 % de garçons contre 8,3 % de filles) ;
- retrouve 4,4 % de jeunes qui peuvent être qualifiés d'illettrés.

Les problèmes psychosociaux ont souvent été mis en avant pour rendre compte de ces situations (les *difficultés* en lecture), mais des études ont montré (Delahaie et al., 2000) que la moitié d'entre eux sont des dyslexiques authentiques, non diagnostiqués *justement* en raison des difficultés psychosociales de la famille, lesquelles interviendraient non comme facteur causal exclusif de la dyslexie, mais comme « écran » au diagnostic et facteur aggravant sur le plan pronostique.

Enfin, il faut bien reconnaître que, malgré sa fréquence et l'importante somme de travaux consacrés aux dyslexies ces dernières décennies, de nombreuses interrogations subsistent, tant sur les causes, les fondements physiologiques, les processus en cause que les méthodes de rééducation efficaces.

[186] Éducation Nationale (dans le cadre des orientations pour la politique de santé en faveur des élèves). Mise en œuvre du plan d'action pour les enfants atteints d'un trouble spécifique du langage oral ou écrit. *BO* n° 6 du 7 février 2002 – Circulaire 2002–024.

[187] C'est-à-dire, seraient dyslexiques…

Vademecum

Il y a un peu plus de 5 000 ans, l'espèce humaine a trouvé le moyen de conserver les paroles en inventant le langage écrit. L'encéphale s'est alors adapté, en bricolant avec l'existant, pour permettre aux humains devenus lecteurs-scripteurs de relier efficacement et rapidement, dans les systèmes alphabétiques, les sons et le sens du langage parlé avec les symboles qui désormais les codent à l'écrit.

Déchiffrer le langage écrit reste une entreprise délicate consistant à retrouver derrière des signes écrits, sollicitant le système visuel, le langage oral qu'ils véhiculent. Cette performance est néanmoins réussie par un grand nombre d'écoliers. Elle est rendue en outre plus ou moins difficile selon le degré d'opacité des différentes langues.

Pour certains, en raison d'atypies développementales, l'apprentissage du langage écrit est compromis. On parle de dyslexies. Leurs symptomatologies rejoignent les modèles théoriques de l'acquisition de la lecture en délimitant, plus ou moins nettement, deux grandes catégories de dyslexiques. Ceux qui peinent à manipuler les sons de la langue « cachés » dans les mots. Ceux qui ne parviennent pas à saisir visuellement les suites de lettres qui composent les mots de façon rapide et efficiente pour leur attribuer du sens. La dyslexie est donc bien un trouble spécifique de l'identification des mots impliquant deux mécanismes, les « deux voies » de la lecture pouvant coexister en réalisant alors une dyslexie mixte.

Mais l'acte de lire dépasse largement ces deux champs. Le travail en temps réel que constituent le décodage d'un texte au début de l'apprentissage, la lecture fluide à partir du cours moyen, et au-delà la compréhension en lecture tout au long de la vie, mobilisent obligatoirement d'autres fonctions cognitives : les habiletés linguistiques de haut niveau, la mémoire de travail, l'attention et les fonctions exécutives, la mémoire à long terme (fig. 6.22).

Après une période d'entraînements, de rééducations, de remédiations, ciblés précisément sur la ou les causes de la dyslexie, l'évolution est variable et deux situations très différentes se font jour.

Soit le langage écrit n'est plus un handicap notable, le jeune peut réussir en classe selon son potentiel, même s'il reste souvent gêné par une certaine lenteur en lecture et une dysorthographie variable.

Soit il reste cantonné dans des performances pathologiques dans un (ou tous les) secteur(s) du langage écrit (lecture, transcription écrite, orthographe), sources d'un handicap scolaire pouvant, même pour des élèves à fort potentiel, obérer gravement la réussite scolaire. Ainsi nombre de patients, rattrapés au collège par les exigences en vitesse et/ou précision de lecture, en quantité et complexité d'écrits, se retrouvent après des années de rééducation dans une impasse.

Cette dernière situation exige de recourir *en temps utile* à des adaptations pédagogiques drastiques et des contournements du langage écrit permettant à l'enfant d'apprendre et de réussir malgré la dyslexie. Ces contournements consistent en aide humaine (secrétariat, auxiliaire de vie scolaire), outils numériques et informatiques. Malgré l'importance des travaux concernant la dyslexie-dysorthographie, qui ont certainement contribués à ce que ce soit la « dys- » la mieux connue des enseignants, cette option salutaire est encore trop rarement ou trop tardivement évoquée.

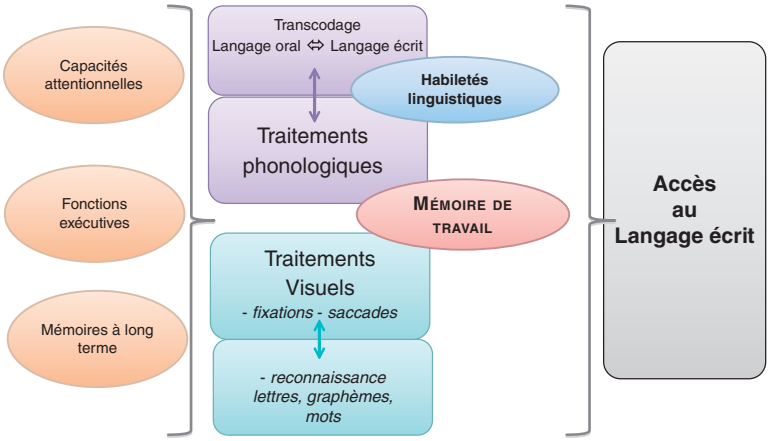


Fig. 6.22. Les compétences cognitives sollicitées par l'acte de lire.

Pour aller plus loin

L'apprentissage du langage écrit et ses troubles. ANAE 2012 ; 116 (24) Tome I.
Deahene S. Les neurones de la lecture. Paris : Odile Jacob ; 2007.
Expertise collective de l'INSERM. Dyslexie, dysorthographie, dyscalculie : Bilan des données scientifiques. Paris : Inserm ; 2007. http://ist.inserm.fr/basisrapports/dyslexie.html.
Fayol M, Jaffré JP. Orthographier. Paris : PUF ; 2008.
Fayol M. L'acquisition de l'écrit. Que sais-je ? Paris : PUF ; 2013.
Ferrand L. Psychologie cognitive de la lecture. Bruxelles : De Boeck ; 2007.
Habib M. Le cerveau singulier. Marseille : Résodys ; 2004.
Sprenger-Charolles L, Cole P. Lecture et dyslexie : approche cognitive. 2e édition. Paris : Dunod ; 2013.
St Pierre MC, Lefebvre P, Dalpé V, Giroux C. Difficultés de lecture et d'écriture. Prévention et évaluation orthophonique auprès des jeunes. Québec : Presses de l'Université du Québec ; 2010.
Reid G, Green S. 100 idées pour aider les élèves qui souffrent de dyslexie. Paris : Tom Pousse ; 2012.

Quelques sites

Site de la formation en ligne sur la dyslexie, proposé par Dyslexia International : www.dyslexia-international.org/eCampus/ONL/FR/Course/Intro.htm.
Roy B. 2010 : www.com-medic.com/methodedistinctive.html
Zorman M et l'équipe du groupe cogniscience dont on peut télécharger les travaux, les bilans, les évaluations, les résultats des recherches sur le terrain sur le site : cogni-sciences@grenoble.iufm.fr

Références

Bellochi S, Muneaux M, Bastien-Toniazzo M, Ducrot S. I can read in your eyes : what eyes movements tell us about visuo-attentional processes in developmental dyslexia. Res Dev Disabil 2013 ; 34 : 452–60.
Berninger V, Nielsen K, Abbot R, Wisjman E, Raskind W. Writing problems in developmental dyslexia : under-recognized and under-treated. J Sch Psychol 2008 ; 46(1) : 1–21.
Bessis C, Sallantin R. La compréhension en lecture au cycle 3. Sallantin R 2012 ; 25–35.
Bigand E, Habib M, Brun V. Musique et cerveau. Montpellier : Sauramps Médical ; 2012.
Billard C. Le dépistage des troubles du langage chez l'enfant ; une contribution à la prévention de l'illettrisme. Arch Pediatr 2001 ; 8 : 86–91.
Billard C, Fluss J, Richard G, et al. Résultats préliminaires d'une étude épidémiologique transversale des apprentissages en lecture, orthographe et calcul en CE1. Dyslexie, dysorthographie, dyscalculie, bilan des données scientifiques. Paris : Inserm ; 2007.
Billard C, Bricout L, Ducot B, Richard G, Ziegler J, Fluss J. Évolution des compétences en lecture, compréhension et orthographe en environnement socio-économique défavorisé ; impact des facteurs cognitifs et comportementaux sur le devenir à 2 ans. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique 2010 ; 58(2) : 101–10.
Boets B. Op de Beeck HP, Vandermosten M, Scott SK, Gillebert CR. Mantini D et al Intact but less accessible phonetic representations in adults with dyslexia Science 2013 ; 342 : 1251–4.
Borel-Maisonny S. Méthode de lecture. Bulletin de la Société Alfred Binet 1956 ; 427 : 41–76.
Bosse ML, Tainturier MJ, Valdois S. Developmental dyslexia : the visual attention span hypothesis. Cognition 2007 ; 104 : 198–230.
Bosse ML, Valdois S. Influence of the visual span on child reading performance : a cross-sectional study. Journal of Research in Reading 2009 ; 32(2) : 230–53.
Bouvier-Chaverot M, Peiffer E, N'guyen-Morel MA, Valdois S. Un cas de dyslexie développementale avec trouble isolé de l'empan visuo-attentionnel. Revue de Neuropsychologie 2012 ; 4(1) : 24–35.
Carreiras M, Seghier ML, Baquero S, Estévez A, Lozano A, Devlin JT. et al. An anatomical signature for literacy. Nature 2009 ; 461 : 983–6.
Casalis S, Louis-Alexandre MF. Morphological analysis, phonological analysis and learning to read in french : a longitudinal study. Reading and Writing 2000 ; 12(3–4) : 303–35.
Casalis S. Langage et communication. In : Coello Y, Moroni C, Casalis S, editors. Vision, espace et cognition, fonctionnement normal et pathologique. Lille : Presses universitaires du Septentrion ; 2005.
Chaves N, Combes C, Largy P, Bosse ML. La mémorisation de l'orthographe des mots en CM2 : effet du traitement visuel simultané. L'Année Psychologique 2012 ; 112 : 175–96.
Chung STL, Tjan BS. Shift in spatial scale in identifying crowded letters. Vision Res 2007 ; 47 : 437–51.
Cohen L. Voir les mots : imagerie et pathologie de la lecture. In : Guéguen, editors. Neurophysiologie du langage. Paris : Elsevier Masson ; 2006. p. 75–82.
Cohen L, Dehaene S, Naccache L, Lehericy S, Dehaene-Lambertz G, Henaff MA, et al. The visual word form area. Brain 2000 ; 132 : 291–307.
Colé P, Casalis S, Leuwers C. Le traitement morphologique et la lecture de l'enfant dyslexique. Les Cahiers Pédagogiques 2004 ; 422, dossier « apprendre à lire ».
http://www.apedys-.org/dyslexie/print.php ?sid=516.
Colé P, Casalis S, Leuwers C. Les stratégies compensatoires chez le lecteur dyslexique : l'hypothèse morphologique. Rééducation Orthophonique 2005 ; 222 : 165–86.
Coltheart M. Lexical access in simple reading tasks. In : Underwood G, editor. Strategies in Information Processing. London : Academic Press ; 1978. p. 151–216.
Coltheart M. Dual routes from print to speech and dual routes from print to meaning : Some theoretical issues. In : Kennedy A, Radach R, Heller D, Pynte J,

editors. Reading as a Perceptual Process. Amsterdam : Elsevier ; 2000. p. 475–90.
Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. Nature Reviews Neuroscience 2002 ; 3 : 201–15.
De Fouchier F. Réflexions sur le devenir professionnel des personnes dyslexiques. Mémoire (licence professionnelle Intervention Sociale). Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand) ; 2007.
Dehaene S, Nakamura K, Jobert A, Kuroki C, Ogawa S, Cohen L. Why children make mirror errors in reading? Neural correlates of mirror invariance in the visual word form area. NeuroImage 2010 ; 49 : 1837–48.
De La Haye F, Gombert JE, Rivière JP, Rocher T, Vourc'h R. Les évaluations en lecture dans le cadre de la Journée Défense et Citoyenneté, année 2012. In : Ministère de l'Éducation Nationale, note d'information 13–09 ; Juin 2013.
www.education.gouv.fr/cid58761/journée-defense-et-citoyennete-2012
Delahaie M, Billard C, Calvet C, Tichet J, Gillet P. Dyslexie développementale et illettrisme. Quels marqueurs ? ANAE 2000 ; 57 : 43–9.
Ducrot S, Lété B, Sprenger-Charolles L, Pynte J, Billard C. The optimal viewing position effect in beginning and dyslexic readers. Currents Psychology Letters : Behaviour Brain and Cognition 2003 ; 10(1).
Facoetti A, Turatto M, Lorusso ML, Mascetti GG. Orienting of visual attention in dyslexia : evidence for asymetric hemispheric control of attention. Exp Brain Res 2001 ; 138 : 46–53.
Facoetti A, Corradi N, Ruffino M, Gori S, Zorzi M. Visual attention and speech segmentation are both impaired in prescoolers at familial risk for developmental dyslexia. Dyslexia 2010a ; 16 : 226–39.
Facoetti A, Trussardi A, Ruffino M, Lorusso ML, Cattaneo C, Galli R, et al. Multisensory spatial attention deficits are predictive of phonological decoding skills in development dyslexia. J Cogn Neurosci 2010b ; 22 : 1011–25.
Ferrand L. Psychologie cognitive de la lecture, reconnaissance des mots écrits chez l'adulte. Bruxelles : De Boeck Université ; 2007.
Ferretti G, Mazzotti S, Brizzolara D. Visual scanning and reading ability in normal and dyslexic chidren. Behav Neurol 2008 ; 19(1–2) : 87–92.
Fluss J, Ziegler J, Warszawski J, Ducot B, Richard G, Billard C. Poor reading in french elementary school : the interplay of cognitive, behavioral and socioeconomics factors. J Dev Behav Pediatr 2009 ; 30(3) : 206–16.
Galaburda A, Sherman GF, Rosen GD, Aboitiz F, Geschwind N. Developmental dyslexia : four consecutive patients with cortical anomalies. Ann Neurol 1985 ; 18(2) : 222–33.
Caleb Gattegno. La lecture en couleurs. 1997. www.uneeducationpourdemain.org.
Gombert JE, Peereman R. Training children with artificial alphabet. Psychology 2001 ; 8(3) : 338–57.
Habib M, Robichon F, Démonet JF. Le singulier cerveau des dyslexiques. La Recherche 1996 ; 289 : 80.
Habib M. La dyslexie à livre ouvert. Marseille : Résodys ; 2003.
Habib M, Joly-Pottuz B. Dyslexie, du diagnostic à la thérapeutique, un état des lieux. Revue de Neuropsychologie 2008 ; 18(4) : 247–325.
Hillen R, Kohlen C, Seharke W, et al. Neurophysiological activation in the brain and eye movements in different reading condition. Sprache Stimme-Gehör 2012 ; 36(S01) : e24 e25.
Hoeft F, McCandliss BD, Black JM, Gantman A, Zakerani N, Hulme C, et al. Neural systems predicting long-term outcome in dyslexia. Proc Natl Acad Sci USA 2011 ; 108 : 361–6.
Iannuzzi S. Les effets lexicaux dans l'identification de lettres : étude en potentiels évoqués chez des enfants dyslexiques et contrôles. Thèse de doctorat en neuropsychologie. Université Toulouse III, Paul Sabatier ; 2010.
Ishai A, Ungerleider LG, Martin A, Haxby JV. The representation of objects in the human occipital and temporal cortex. J Cogn Neurosci 2000 ; 12(suppl.2) : 35–51.
Lallier M, Donnadieu S, Berger C, Valdois S. A case study of developmental phonological dyslexia : is the attentional deficit in the perception of rapid stimuli sequences amodal ? Cortex 2010 ; 46(2) : 231–41.
La méthode Lecocq-Dantinne (dite méthode Ledan). Questions de Logopédie 1993 ; 26 : 85–9.
Lesch MF, Pollatsek A. Evidence for the use of assembled phonology in accessing the meaning of printed words. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition 1998 ; 24(3) : 573–92.
Marec-Breton N, Besse AS, Royer C. La conscience morphologique est-elle une variable importante dans l'apprentissage de la lecture. Curitiba (Brasil) : Educar em Revista 2010 ; 38 : 73–91 (texte en français).
Martelli M, Di Filippo G, Spinelli D, Zoccolotti P. Crowding, reading and developmental dyslexia. J Vis 2009 ; 9(4) : 1–18 1.
Miellet S. Médiation phonologique, accès lexical et contrôle oculomoteur en lecture. Thèse de doctorat en psychologie. Université Lille 3 ; 2004.
Nunes T, Bryant P, Olson J. Learning morphological and phonological spelling rules : an intervention study. Scientific Studies of Reading 2003 ; 7(3) : 289–307.
O'Regan K, Lévy-Schoen A. Les mouvements de yeux au cours de la lecture. L'Année Psychologique 1978 ; 78(2) : 459–91.
Paz-Villagran V, Gihodes JC, Velay JL. Are dysgraphic children really slower than proficient hand-writers ? In : Contreras-Vidal PP, editor. Proceeding of the 15th conference of the International Graphonomics Society ; 2011. p. 42–5. http://www.i-g-s.org/igs2011/IGS2011ScientificProgramandAbstractsFinal.pdf.
Pennington BF. From single to multiple deficit models of developmental disorders. Cognition 2006 ; 101 : 385–413.
Perea M, Panadero V, Moret-Tatay C, Gomez P. The effects of inter-letter spacing in visual-word reco-

gnition : evidence with young normal readers and developmental dyslexics. Learning and Instruction 2012 ; 22 : 420–30.
Peyrin C, Lallier M, Démonet JF, Valdois S. Neural dissociation of phonogical and visual attention span disorders in developmental dyslexia : fMRI evidence from two case reports. Brain Lang 2012 ; 120(3) : 381–94.
Posner MI, Abdullaev YG, McCandliss BD, Sereno SC. Anatomy circuitry and plasticity of word reading. Neuroreport 1999 ; 10(3) : R12–23, Erratum in Neu roreport 1999 : 10(9), inside back cover..
Quercia P. Mouvements oculaires et lecture, une revue bibliographique. Journal Français d'Ophtalmologie 2010 ; 33 : 416–23.
Ramus F, Rosen S, Dakin SC, Day BL, Castellote JM, White S, et al. Theory of developmental dyslexia : insights from a multiple case study of dyslexic adults. Brain 2003a ; 126 : 841–65.
Ramus F, Pidgeon E, Frith U. The relationship between motor control and phonology in children. J Child Psychol Psychiatry 2003b ; 44 : 712–22.
Ramus F. Developmental dyslexia : specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction ? Curr Opin Neurobiol 2003 ; 13 : 212–8.
Ramus F. Génétique de la dyslexie développementale. In : Démonet JF, editor. Chokron S. Solal : Approche neuropsychologique des troubles des apprentissages. Marseille ; 2010. p. 67–90.
Richlan F. Developmental dyslexia : dysfunction of a left hemisphere reading network. Front Hum Neurosci 2012 ; 6 : 120.
Shaywitz SE, Shaywitz BA, Fletcher JM, Escobar MD. Prevalence of reading disability in boys and girls : results of the Connecticut longitudinal study. JAMA 1990 ; 264 : 998–1002.
Shaywitz BA, Shaywitz SE, Blachman BA, Pugh KR, Fulbright RK, Skudlarski P, et al. Development of left occipitotempporal systems for skilled reading in children after a phonologically-based intervention. Biol Psychiatry 2004 ; 55 : 926–33.
Shaywitz SE, Shaywitz BA. Paying attention to reading : the neurobiology of reading and dyslexia. Development and Psychopathology 2008 ; 20 : 1329–49.
Shovman MM, Ahissar M. Isolating the impact of visual perception on dyslexics' reading alility. Vision Res 2006 ; 46 : 3514–25.
Silvestre de Sacy C. Bien lire et aimer lire. 33e édition. Thiron : ESF ; 2008.
Spinelli M, De Luca A, Judica P, Zoccoletti P. Crowding effects on word identification in developmental dyslexia. Cortex 2002 ; 38 : 179–200.
Sprenger-Charolles. Déficit dans la perception d'événements acoustiques complexes et type de dyslexie développementale (dyslexie phonologique ou de surface) : études longitudinales. 2000. www.archives-ouvertes.fr/docs/00/02/82/23/PDF/Sprenger-Charolles_COG_12.pdf.
Sprenger-Charolles L, Siegel LS, Bechennec D, Serniclaes W. Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading and in spelling : a four-year longitudinal study. J Exp Child Psychol 2003 ; 84 : 194–217.
Tallal P, Piercy M. Developmental aphasia : rate of auditory processing and selective impairment of consonant perception. Neuropsychologia 1974 ; 12 : 83–93.
Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. Brain Lang 1980 ; 9 : 182–98.
Tan LH, Laird AR, Li K, Fox PT. Neuroanatomical correlates of phonological processing of chinese characters and alphabetics words : a meta analysis. Hum Brain Mapp 2005 ; 25 : 83–91.
Valdois S, Bosse ML, Ans B, Zorman M, Carbonnel S, David D. et al. Phonological and visual processing deficits are dissociated in developmental dyslexia : evidence from two case studies. Reading and Writing 2003 ; 16 : 543–72.
Valdois S, Bosse M, Tainturier MJ. The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia : review of evidence for a selective visual attention disorder. Dyslexia 2004 ; 10 : 339–63.
Valdois S, Guinet E, Embs JL. EVADYS : logiciel d'évaluation de l'ampan visuo-attentionnel chez l'enfant dyslexique. Isbergues : Ortho Edition ; 2014.
Vidyasagar TR, Pammer K. Dyslexia : a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. Trends Cogn Sci 2010 ; 14(2) : 57–63.
Watier L, Dellatolas G, Chevrie-Muller C. Difficultés de langage et de comportement à 3 ans et demi et retard en lecture au CE1 : une étude longitudinale sur 693 enfants. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique 2006 ; 54 : 327–39.
Yang SN, McConkie GW. Eye movements during reading : a theory of saccade initiation times. Vision Res 2001 ; 41 : 3567–85.
Zesiger P. Acquisition et troubles de l'écriture. Enfance 2003 ; 55(1) : 56–64.
Zorman M. La dyslexie de surface développementale, étude d'un cas. In : Brun V, Cheminal R, editors. Les dyslexies. Rencontres en rééducation. Paris : Masson ; 2002. p. 56–65.
Zorzi M, Barbiero C, Facoetti A, Lonciari I, Carrozzi M, Montico M, et al. Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. Proc Natl Acad Sci USA 2012 ; 109(28) : 11455–9.

Le nombre : aspects normaux et troubles développementaux

CHAPITRE 7

PLAN DU CHAPITRE

Le nombre : définitions et usages

Quantifier sans le nombre

Utiliser le nombre pour quantifier

Calculer

Aspects développementaux

Compétences numériques des bébés
- *Subitizing*
- Perception de petits ajouts et retraits
- Estimation et comparaison de quantités

Représentations analogiques
- Ligne numérique mentale
- Le « sens du nombre » : synthèse

Développement des représentations symboliques verbales
- Mots-nombres
- Comptage et dénombrement
- Calcul mental

Apprentissage des symboles indo-arabes
- Principales caractéristiques de la numération indo-arabes
- Routines de pose et de résolution des calculs

Liens entre les différentes représentations du nombre
- Transcodages
- Modèles intégratifs

Supports cérébraux

Calculs, les problèmes arithmétiques
- Présentation chronologique des faits et transformations
- Aspects langagiers de l'énoncé
- Notions à manipuler

En résumé

Dyscalculies

Difficulté *versus* trouble
- Trouble spécifique *versus* trouble isolé

Tests

Trouble du sens du nombre
- Des marqueurs spécifiques ?
- Symptômes
- Diagnostic
- Grands axes thérapeutiques

Syndrome de Gertsmann
- Symptômes, diagnostic
- Grands axes thérapeutiques

Dyscalculies secondaires
- Dyspraxie et dyscalculie spatiale
- Mémoire de travail et dyscalculie
- Dysphasies et dyscalculies
- Fonctions exécutives et calcul
- Dyscalculies et syndromes génétiques

Au total

Conclusion

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

« Il y a en effet, dans n'importe quel résultat erroné, du sens, celui que l'enfant y a mis. »

S. Baruk. *Comptes pour petits et grands*. 2003

L'accès aux nombres, aux opérations mentales qu'ils traduisent et permettent, ne relève pas d'une compétence unique, homogène. Le développement des capacités numériques chez l'enfant (construction progressive du concept de nombre et premières opérations sur le nombre), suppose maturation et développement de nombreuses compétences intellectuelles.

Certaines sont innées, génétiquement programmées, inscrites dans la longue évolution phylogénétique des espèces. D'autres résultent d'un enseignement intentionnel dont l'essentiel est dévolu à l'école. De leur coordination progressive dépend la construction des différentes facettes du nombre qui doivent s'interconnecter pour permettre l'émergence d'un concept cohérent qui pourra alors être utilisé dans la vie quotidienne ou scolaire.

Nous décrirons succinctement les principales activités numériques et leur développement chez l'enfant. Nous préciserons quelles sont les fonctions cognitives particulièrement impliquées dans chacune de ces activités. Nous brosserons les tableaux cliniques des principaux troubles d'origine neurodéveloppementale rencontrés dans ce domaine chez l'enfant d'âge scolaire (dyscalculies), les distinguant des *difficultés*, fréquentes, *qui ne relèvent pas* du domaine médical de la neuropsychologie. Enfin, au sein des dyscalculies, nous distinguerons les dyscalculies « *primitives* » liées à des troubles structurels affectant spécifiquement la cognition numérique et les dyscalculies « *secondaires* », symptômes qui résultent d'anomalies développementales touchant d'*autres secteurs de la cognition* mais se manifestant aussi (ou essentiellement) dans le domaine du calcul. Pour chacune, nous préciserons les grands axes thérapeutiques.

Le nombre : définitions et usages

Quantifier sans le nombre

Se repérer dans une série, se représenter la taille d'une collection (ou d'une grandeur), en comparer plusieurs, sont des besoins spontanément ressentis très tôt chez l'enfant et dans toutes les cultures. Ces activités liées à la quantification, à la numérosité, ne nécessitent pas obligatoirement l'usage du nombre dit oralement ou écrit.

On peut parfaitement se situer au sein d'une série ordonnée conçue comme « *le très grand, le grand, le moyen, le petit, le tout-petit* ». On peut aussi mettre le couvert pour toute la famille sans savoir compter le nombre de convives : « *une assiette pour papa, une assiette pour maman* » jusqu'à épuisement des personnes de la famille : l'enfant apparie *terme à terme* un convive *et* une assiette. Les deux collections (de personnes et d'assiettes) sont alors égales, « *autant* ».

De même, le petit enfant peut évaluer, approximativement, si la collection de bonbons de son frère est « *un peu, beaucoup, énormément* » plus importante que la sienne. S'il veut savoir précisément « *combien-grand* » de bonbons son frère a de plus que lui, il peut mettre les deux collections de bonbons en terme à terme et les comparer efficacement, voyant qui en a plus et s'il en a « *un peu* » ou « *beaucoup* » plus. Il peut même transformer les collections : en ajouter, en retirer, les distribuer, les égaliser ou au contraire modifier leurs relations de telle façon que ce ne soit pas le même qui en ait plus.

Ces situations de quantification *peuvent se passer du nombre* symbolique (dit ou écrit) avec une bonne efficacité, du moins pour de petites quantités et/ou si la précision (à une ou quelques unités près) n'est pas requise.

Ainsi, G. Iffrah[188] rappelle que « il n'y a pas si longtemps, en Abyssinie (Éthiopie), des guerriers partant en expédition déposaient chacun une pierre sur un tas ; au retour, chaque survivant en ôtait une, et ce qui restait sur le tas représentait les pertes ».

Cependant ces stratégies, pragmatiques mais approximatives, ne permettent pas :
- de quantifier *exactement* une collection ou une grandeur importante ;
- de *mémoriser* la quantité ou la grandeur exacte ;
- d'effectuer des *calculs rigoureux*.

Ces fonctions-là nécessitent le nombre.

Utiliser le nombre pour quantifier

Le nombre permet de passer d'une *évaluation* à la *quantification précise* de toutes les grandeurs discontinues (telles des collections d'objets), ou continues (telles des mesures) et d'opérer sur ces nombres (les comparer, les transformer : ce qui constitue le calcul).

Il n'y a pas de hiérarchie stricte entre ces différentes façons de quantifier. Toutes répondent à des situations et des fonctions différentes. Leur efficacité vient de leur *coordination*, indispensable pour que le nombre prenne sens et soit utilisé avec pertinence. Car le nombre n'a de sens que s'il s'enracine dans les capacités « *premières* » d'estimation.

C'est un symbole arbitraire, mais conventionnel, qui remplit de multiples fonctions :
- nombre *numéro* qui permet *d'étiqueter* (repérer, nommer), comme sur les maillots de football (le numéro 8 a marqué), au fronton des autobus (le 95), les numéros de téléphone, le code de la carte bleue… ;
- nombre *ordinal* permettant de *classer*, d'ordonner, de sérier : résultat des courses (il est arrivé quatrième), date (le 25 du mois → *vingt-cinquième* jour) ;
- nombre *cardinal* qui permet de *quantifier exactement* une collection d'objets (répondant à la question « *combien de* » ?) ou une grandeur continue (longueur, poids, température, temps, « *combien long* ? *combien lourd ?* »). Ce nombre permet des opérations mentales (mémoriser, comparer, transformer…) qui donnent lieu à des calculs permettant d'obtenir le résultat exact de la comparaison, de la transformation…

Au sein même de sa fonction cardinale, le nombre revêt donc différents statuts, que P. Gréco (1962) désigne sous les termes de *quotité* et *quantité*.

« Les grandeurs sont homogènes et continues, les collections sont hétérogènes et discontinues. Dans un cas, le nombre répond à la question : *combien ?* et représente une quotité ; dans l'autre, il répond à la question : *combien-grand ?* et représente une quantité. »

(P. Gréco, 1962)

Ces différents rôles du nombre cardinal entretiennent des rapports de filiation et d'analogie, sans jamais se recouvrir exactement. En particulier, l'appréhension d'une grandeur continue comporte nécessairement un aspect figural, représentatif, perceptif, ce qui est possible *mais non obligé* en ce qui concerne les collections. Ceci peut avoir une importance en pathologie et rendre compte du fait que certains enfants auront accès plus facilement à telle ou telle facette du nombre et/ou ne pourront parvenir à en intégrer d'autres.

Par exemple, les quotités sont plus accessibles aux enfants dyspraxiques souffrant de troubles visuospatiaux que les quantités. Ceci rend compte de leur fréquente incapacité à sérier des bûchettes de diverses grandeurs. Ils appréhendent difficilement les grandeurs continues ou les tailles relatives, au contraire des enfants dysphasiques souvent plus à l'aise dans le secteur visuospatial.

[188] Iffrah G. *Histoire universelle des chiffres : lorsque les nombres racontent les hommes*. Paris : Seghers ; 1981. p. 99.

Nous nous limiterons ici au nombre cardinal appliqué aux collections discontinues (quotités). Ce nombre, qui désigne un « nombre de », est en effet le plus utilisé au cours de la scolarité pour asseoir le « concept de nombre » et les opérations qu'il permet.

Enfin, un même nombre peut se présenter sous différentes *formes de surface*, par exemple) :



18
ou *dix-huit*
ou XVIII
ou $10+(2\times4)$,
etc.

qui toutes représentent la même quantité, mais ne possèdent pas les mêmes propriétés et ne remplissent pas exactement les mêmes fonctions. Un groupement de 18 points sur des dés (ou de 18 traits, cailloux ou doigts) constitue une représentation *analogique* de la quantité « 18 ». Les autres façons (orales ou écrites) d'évoquer précisément cette quantité-là en sont des représentations *symboliques*.

L'usage d'une base

Au lieu de compter uniquement par unités, on compte « par paquets ». La base la plus fréquente est la base décimale (10), mais historiquement on trouve également des bases 60 *sexagésimale* encore en vigueur dans notre mesure du temps ; 20 *vicésimale*, dont on trouve des traces dans les séries « quatre-vingt, quatre-vingt-dix » ; 12 *duodécimale* (une douzaine d'œufs) ; 5 *quinaire* ; 2 *binaire* très utilisée en informatique.

Calculer

Le *calcul*, lui, permet de déterminer le résultat de transformations ou comparaisons de collections. Ces *opérations* recouvrent en fait deux notions bien différentes[189] :

- l'opération *mentale* qui permet de *décider* de la manière appropriée de combiner les éléments numériques en fonction de la situation, c'est-à-dire *faire le choix* de l'opération ou des opérations à effectuer ;
- l'application d'une *procédure*, technique de résolution de l'opération, permettant d'obtenir le *résultat*, le « *combien ça fait* » selon l'expression de S. Baruk (2003), qui propose, pour clarifier, de distinguer les termes « opérer » (raisonner) et « calculer » (trouver le résultat de l'opération).

Aspects développementaux

On distingue donc deux grandes procédures de quantification :

- la première, *estimation globale* ou *approximative*, s'enracine dans des capacités présentes d'emblée chez le bébé (et chez un grand nombre d'animaux, des oiseaux aux mammifères). Elle évolue et s'affine, sous l'influence de l'âge et des apprentissages scolaires. Utilisant des représentations *analogiques*, elle permet de se « faire une idée » de la taille d'une collection, de son ordre de grandeur, d'en comprendre sa signification. C'est la base de la sémantique du nombre ;
- la seconde fait appel à une représentation *symbolique* du nombre (nombre oral ou écrit, en lettres ou en code indo-arabe) qui, seule,

189 On peut faire ici le parallèle avec le terme « écriture », qui, tout comme le terme « opération » recouvre deux versants bien différents, qui peuvent évoluer chacun pour leur propre compte : l'un *conceptuel* et l'autre qui consiste en « l'application d'une procédure » (technique du graphisme pour l'un, technique de pose et résolution des opérations pour l'autre). La mise en œuvre correcte de l'aspect procédural ne garantit en rien l'accès à l'aspect conceptuel de la tâche.

autorise une *quantification précise, exacte*, dépendante des aspects culturels d'une société donnée à une époque donnée. Nous décrirons comment *s'apprennent* ces différentes représentations symboliques du nombre.

Cependant, pour avoir du sens et être utilisé à bon escient, ces symboles numériques *doivent* être reliés aux capacités d'estimation (se représenter la *taille* de la collection désignée par le symbole numérique). C'est ce lien (fig. 7.1) qui donne sa signification (sémantique) au signe car il en indique la *magnitude* (son importance, sa valeur, sa grandeur).

Après avoir décrit les particularités et l'évolution développementale de chacune de ces deux représentations des quantités (analogique et symbolique), nous présenterons les modèles qui rendent comptent de leurs interrelations, puisque la seconde s'ancre dans la première.

Compétences numériques des bébés

Les bébés sont équipés d'une sorte de « boîte à outils » sélectionnée par l'Évolution qui leur permet de percevoir et apprécier la numérosité (fig. 7.2). Ils disposent d'*emblée* de capacités, innées et universelles : d'une part *le subitizing* (ou subitisation, en français), qui permet de dénombrer exactement de très petites collections (de 1 à 3) ; d'autre part l'*estimation*, pour de plus grandes quantités. Ils font preuve aussi de capacités à effectuer de *petites opérations*.

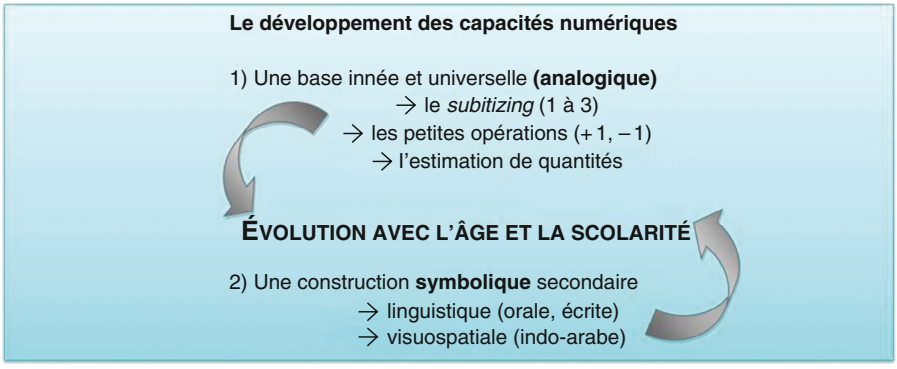


Fig. 7.1. Coordonner le sens du nombre (inné) et le nombre symbolique (appris).

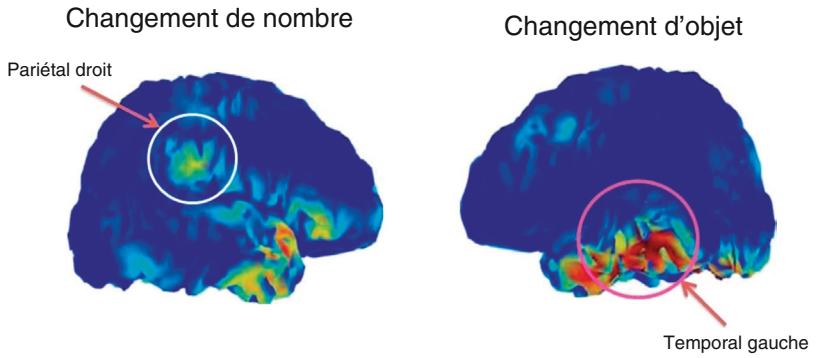


Fig. 7.2. Des compétences innées dans le domaine numérique.
Source : Izard V., Dehaene-Lambertz G., Dehaene S. Distinct Cerebral Pathways for Object Identity and Number in Human Infants. PLoS Biology, 6(2) : e11, February 2008. (http://www.unicog.org/publications/IzardDehaeneDehaene_NbObject_PlosBiology2008.pdf)

Perception précoce du nombre (fig. 7.2)

On montre à des bébés de 3 mois des images successives (habituation) comportant un groupe d'objets (par ex. : 4 canards). Puis, nouveauté, on introduit : soit une image où l'*identité* de l'objet change (4 chiens) ; soit une image où la *numérosité* change (8 canards) ; soit une image où les 2 changent (8 chiens). On constate (comme chez l'adulte) que les aires temporales [cercle rose] codent l'identité des objets tandis que les *aires pariétales* s'activent lors d'un changement de nombre [cercle blanc].

Subitizing

Ce terme désigne la capacité à savoir, d'un seul coup d'œil, en une seule fixation oculaire, sans recourir au comptage, « *exactement combien il y a de…* », ceci pour de très petites quantités, des collections de 1 à 3 éléments. La subitisation ne dépend *pas* de l'organisation spatiale des éléments et elle est limitée à 3 éléments. Elle repose sur des réseaux neuronaux dédiés, indépendants de ceux du comptage (Piazza et al., 2003).

Le *subitizing* n'évolue pas, ni avec l'âge ni avec l'instruction formelle. On ne connaît pas le rôle exact de cette procédure dans la construction des capacités numériques ultérieures chez l'enfant, mais elle serait altérée dans certaines dyscalculies (Schleifer et Landerf, 2011).

NB. Il faut bien distinguer le *subitizing* de la reconnaissance immédiate de *configurations spatiales particulières* (dés, dominos), qui consiste en l'appariement d'une configuration spatiale et d'une quantité, constellations visuelles qui n'imposent pas de dénombrement.

Subitizing et comptage reposent sur des réseaux neuronaux distincts

▪ À la réponse « combien d'objets ? », le temps de réponse et le nombre d'erreurs s'accroissent brutalement au-delà de 3. Dire « combien de… » réclame 600–800 millisecondes, qu'il s'agisse de 1, 2 ou 3 éléments. À partir de 4, le temps de réponse augmente régulièrement et de façon linéaire avec la taille de la collection (temps de réponse clairement lié au *comptage*). Les erreurs sont quasi nulles pour des ensembles de 1 à 3 ; à partir de 4 elles augmentent proportionnellement avec la taille de la collection.

▪ Ferrand et al., (2010) montrent qu'il pourrait s'agir d'un mécanisme perceptif général et universel, indépendant même de la vision. Les auteurs demandent à des sujets aveugles (*versus* des sujets malvoyants ou voyants) combien de doigts sont touchés par l'examinateur. Jusqu'à 3, les participants aveugles ont les mêmes performances que les autres sujets : tous produisent des réponses très rapides et sans erreur. De 4 à 9, les temps de réponse et les erreurs augmentent régulièrement pour tous.

Perception de petits ajouts et retraits

Toujours dans le domaine des très petites quantités, les bébés sont capables de percevoir et anticiper le résultat de petites opérations de type + 1, – 1, voire ± 2.

Les expériences de Wynn (1992) sont particulièrement célèbres et ingénieuses (fig. 7.3). Elles s'appuient sur le paradigme de transgression des attentes du bébé (de 4 ou 5 mois) à qui on propose des petites opérations (1 + 1, ou 2 – 1) et leur résultat (1, 2 ou 3), soit correct (1 + 1 = 2 ; 2 – 1 = 1), soit impossible (1 + 1 = 1, 1 + 1 = 3, 2 – 1 = 2). Si l'enfant détecte l'étrangeté, la proposition erronée, alors les temps de fixation oculaire (regard préférentiel) sont *significativement* plus longs pour les événements impossibles que pour les résultats exacts.

Après de nombreuses critiques (en particulier portant sur l'interprétation de ces performances, qui auraient pu être perceptives ou spatiotemporelles plutôt que numériques), ces résultats ont ensuite été *confirmés* par d'autres auteurs répliquant l'expérience et la complétant.

Différentes répliques des expériences de Wynn

Pour s'affranchir des aspects positionnels, spatiaux, Koechlin et al., 1997 ont utilisé un plateau tournant. McCrink et Wynn (2004) ont contrôlé de façon précise la densité, la surface,

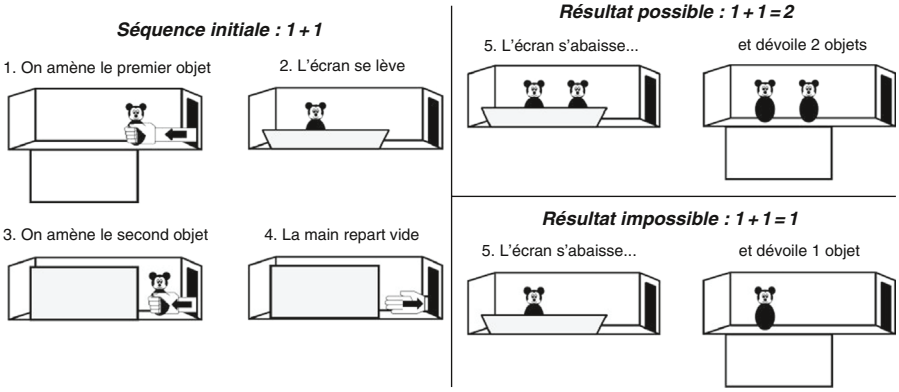


Fig. 7.3. Expérience de K. Wynn.
Exemple avec la condition *« addition »*. On place, au vu de l'enfant, une poupée sur un petit théâtre. Puis on cache la poupée derrière un écran mobile. Ensuite, *au vu de l'enfant*, l'expérimentateur introduit *ostensiblement* une seconde poupée derrière l'écran. Enfin l'écran s'abaisse, révélant soit : *2 poupées* (1 + 1 + 2 : événement *possible*) ; soit *1 seule poupée* (1 + 1 = 1 : événement *impossible*). *Source : Wynn K. Addition and subtraction by human infants. Nature 1992 ; 358 : 749–50.*

les contours des objets, tous éléments perceptifs sur lesquels les bébés auraient pu asseoir leurs réponses. Simon et al. (1995), eux, ont utilisé deux personnages différents (1 Ernie + 1 Elmo)…

Estimation et comparaison de quantités

Des capacités innées

L'expérience princeps de Gelman et Gallister (1978) a ouvert la voie : le bébé (4 mois) est placé devant un écran sur lequel on projette à droite 3 points, à gauche 2 points. Simultanément, il écoute une séquence de 2 ou 3 sons. L'enfant regarde *significativement* plus (regard préférentiel) la quantité 2 quand on lui fait écouter 2 sons, et la quantité 3 quand il écoute 3 sons. Ces expériences ont ensuite été maintes fois confirmées par d'autres auteurs (Starkey et al., 1990 ; Jordan et Brannon, 2006).

Des représentations numériques abstraites d'emblée

▪ Antel et Keating (1983) montrent que les nouveau-nés (âgés de 48 heures) peuvent discriminer entre 2 et 3 objets *mais pas entre 3 et 4*. Les bébés repèrent aussi des correspondances numériques *intermodales* (Starkey et al., 1983).

▪ Plus récemment, Izard et al. (2009) montrent que les *nouveau-nés* associent des images contenant un nombre donné de stimuli visuels (4 ou 12 éléments, contrôlés en ce qui concerne la taille de chaque élément et leur densité) à des séquences auditives comportant le même nombre de syllabes (habituation avec des séquences auditives de 4 ou 12 syllabes, équilibrées sur leur durée totale).
Les auteurs concluent que ces performances sont indépendantes du langage et de la culture, et « que des représentations numériques abstraites sont présentes dès le début de l'expérience post-natale » (fig. 7.4).

Effet de distance

Une caractéristique essentielle de l'estimation tient au fait que :
- la précision de l'approximation dépend de la *taille* de la collection : l'évaluation est d'autant plus précise que la collection est petite ;
- la réussite de la comparaison de deux collections dépend du rapport entre les deux collections : plus elles sont proches (en taille, en numérosité), plus il est difficile et risqué d'estimer laquelle est la plus grande (la plus petite).

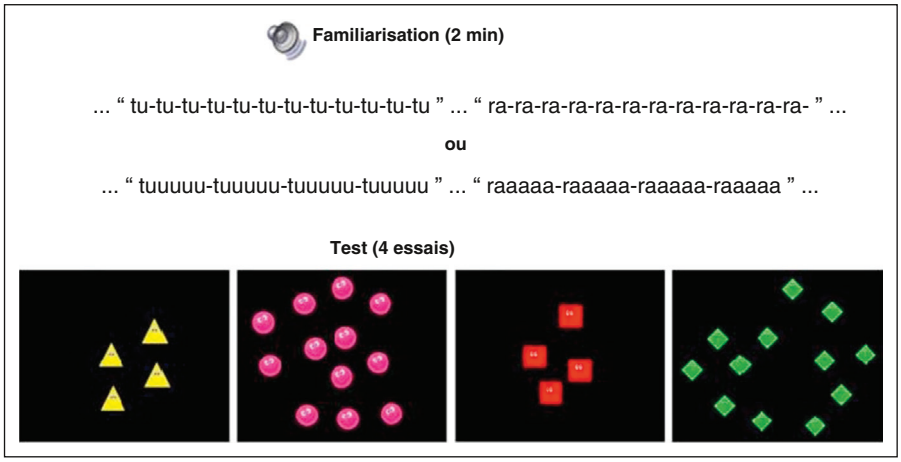


Fig. 7.4. Correspondance entre les représentations numériques évoquées par des sons ou visuellement.
Source : Izard V, Scann C, Spelke ES, Streri A. Newborn infants perceive abstract numbers. Proc Natl Acad Sci USA 2009; 106(25) : 10382–5.

Ceci est appelé l'*effet de distance* : l'estimation relative de deux quantités est d'autant plus juste et d'autant plus rapide qu'elles diffèrent fortement. Les performances dépendent du rapport entre les deux quantités considérées.

Ainsi, les nouveau-nés peuvent discriminer des collections de 1, 2 ou 3 objets (Kobayashi et al., 2004, 2005; Jordan et Brannon, 2006), et faire des correspondances intermodales basées sur la numérosité. Mais cette compétence s'étend à de plus grands nombres. Xu et Spelke (2000), montrent que des bébés de 6 mois peuvent distinguer des collections de 8 éléments *versus* 16 ou de 16 *versus* 32 mais pas de 16 *versus* 24, ni de 8 *versus* 12.

Izard et al. (2009), dans les travaux déjà cités précédemment où les bébés associent des *patterns* de 4 ou 12 items visuels à des stimuli auditifs de 4 ou 12 syllabes, soulignent également l'effet de distance : les nouveau-nés ne réussissent (regard préférentiel [fig. 7.5]) que si les quantités à discriminer sont dans un rapport de 3 pour 1 (ex. : 4 *versus* 12, ou 6 *versus* 18) ; ils échouent pour un ratio plus faible (4 *versus* 8).

Avec l'âge, la capacité d'évaluation s'affine progressivement : ainsi, à 6 mois, les bébés discriminent des collections dans un rapport de 1/2 : ils distinguent 8 de 16 mais non 8 de 12. À 9 mois, ils discriminent 8 de 12 (rapport de 2/3) mais non

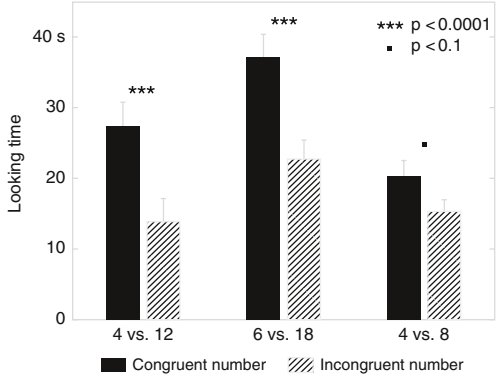


Fig. 7.5.
« Les bébés regardent significativement plus longtemps les quantités congruentes en nombre avec les séquences auditives présentées durant la phase de familiarisation, et ce, quand les nombres à discriminer sont dans un rapport 3 : 1 (4 *versus* 12, 6 *versus* 18), mais non si le ratio est plus faible (4 *versus* 8 ; ratio 2 : 1) ». *Source : Izard V, Scann C, Spelke ES, Streri A. Newborn infants perceive abstract numbers. Proc Natl Acad Sci USA 2009; 106(25) : 10382–5.*

8 de 10 ; à 3–4 ans, le rapport entre les deux collections doit être de 3/4. Les adultes, eux, peuvent comparer avec succès des collections qui sont dans un rapport de 10/11.

Une compétence universelle

Un autre argument en faveur de la nature innée (génétiquement programmée) de ces capacités

numériques, outre leur précocité, est leur indépendance par rapport aux aspects culturels et éducatifs. Ainsi Pica et al. (2004) étudient les capacités numériques d'une population d'Amazonie, les Mundurucus, qui ne disposent que d'un codage oral de la numérosité, leur lexique étant limité aux termes « *1, 2, 3, 4, 5, une main, deux mains, quelques, un peu, beaucoup* ». Cependant, ces Indiens sont capables de réussir une addition *approximative* (dire qui « *a le plus* » de [N1 + N2] ou N3, les quantités N1, N2 et N3 étant présentées sous forme de nuages de points), et ce avec un taux de réussite égal à celui d'Occidentaux éduqués. Pour les deux populations, *la distance* entre les nombres [N1 + N2] et N3 est un important facteur de réussite ou d'échec. À noter par ailleurs : les Mundurucus échouent dans le cas d'une soustraction qui, elle, exige un système symbolique permettant le calcul exact.

Par ailleurs, des travaux conduits avec des bébés de 9 mois (McCrink et Wynn, 2009) ont également montré qu'ils peuvent juger d'additions ou de soustractions approximatives avec les mêmes biais estimatifs que les adultes. Lorsqu'on leur propose soit le résultat correct, soit un résultat très inférieur ou très supérieur à celui attendu, ils regardent significativement plus longtemps les résultats trop importants lors d'événements impliquant une soustraction et ceux trop faibles au décours d'une addition.

Représentations analogiques

Ces capacités d'estimation, innées et universelles, reposent sur une *représentation mentale analogique* des quantités. Dans nos sociétés, ces représentations évoluent progressivement avec l'âge, en lien étroit avec les apprentissages scolaires (l'accès aux représentations symboliques).

Ligne numérique mentale

Des données issues de différents types de travaux convergent pour confirmer que cette représentation analogique des nombres prend, chez la plupart des humains, la forme d'*une ligne virtuelle horizontale, continue et orientée* sur laquelle les numérosités seraient mentalement disposées, rangées en fonction de leur magnitude (de leur grandeur).

L'effet SNARC[190]

Dehaene et al. (1993), montrent qu'il existe un lien robuste entre localisation spatiale et grandeur numérique. Dans une tâche de jugement de parité, ils demandent aux sujets (adultes) d'indiquer le caractère pair ou impair des nombres par une réponse à main droite ou à main gauche. Malgré le fait que la grandeur du nombre (sa magnitude) n'avait aucune pertinence dans les réponses à fournir, les temps de réponse étaient plus rapides pour les *petits nombres avec la main gauche* et pour les *grands nombres avec la main droite*. Or, d'autres séries ordonnées (lettres par exemple) ne suscitent pas cette association *automatique* avec l'espace, droit ou gauche.

C'est la représentation mentale de l'espace (et non la main droite ou gauche) qui est le support de l'organisation mentale des nombres, comme le montrent les arguments suivants :

- le fait de croiser les mains lors de la réponse aux petits ou grands chiffres confirme que c'est bien l'hémi-espace gauche qui est associé aux petits nombres et l'hémi-espace droit qui est associé aux grands nombres (et non la main droite ou la main gauche) ;
- il est intéressant de noter que les nombres négatifs sont associés à l'espace gauche (Fischer, 2003) ;
- une tâche concurrente de mémoire visuospatiale abolit l'effet SNARC (mais non une tâche de mémoire phonologique), ce qui confirme le lien entre le domaine visuospatial et les nombres ;
- chez les lecteurs qui lisent de droite à gauche (Zebian, 2005), l'effet SNARC s'inverse (petits nombres à droite, grands nombres à gauche) : « cependant le sens de la lecture n'est probablement qu'un des aspects d'un biais culturel plus vaste, qui impose une direction préférentielle au sens du temps, du nombre et de l'espace » (S. Dehaene[191]).

L'effet SNARC apparaît chez l'enfant au décours du CE2 (Berch et al., 1999), secondaire à l'automatisation du lien entre chiffres et quantités.

190 SNARC : *Spatial Numerical Association of Response Codes*.

191 Dehaene S. *Fondements cognitifs de l'arithmétique élémentaire, 6e cours*. Conférences au Collège de France; 2008.

Par ailleurs, les données d'IRM-f mettent en évidence le recouvrement partiel des aires pariétales impliquées dans le calcul et l'attention *spatiale* (saccades oculaires).

Traitements spatiaux et nombre

D'une part, les nombres et les longueurs sont codés dans le lobe pariétal par des neurones distincts mais très proches (Tudusciuc et Nieder, 2007). D'autre part : « lorsqu'une personne qui a appris à lire de gauche à droite, calcule 18 + 5, son attention se déplace "vers la droite" de 18 à 23 dans l'espace des nombres, comme si les nombres étaient représentés sur une ligne virtuelle » (Knops et al. [2009]; rapporté par Dehaene, conférence au Collège de France).
Le recouvrement des zones activées par des tâches de calcul et celles activées par les saccades oculaires illustre ce fait (*cf.* fig. 3.9 et Knops et al, 2009).

Une organisation d'abord « logarithmique »

Ces lignes numériques mentales s'élaborent d'abord *spontanément* (indépendamment de toute instruction) et concernent alors les petits nombres.

Sur cette ligne analogique, les petits nombres sont représentés (sur la gauche, figure 7.6) en respectant les intervalles numériques, tandis que les plus grands seraient de plus en plus « compactés » sur la droite, ce qui revient à dire que plus les nombres sont grands, plus leur magnitude est sous-estimée.

Ainsi, comparer des grands nombres est plus long (à distance égale entre les nombres) que comparer des petits nombres, argument en faveur d'une représentation logarithmique des grands nombres : la distance « psychologique » entre grands nombres est « plus petite » (à distance numérique égale) que pour les petits nombres pour lesquels distance psychologique et distance mathématique coïncident (relation linéaire).

Une autre représentation mentale de la ligne analogique ?

Cependant, certains auteurs (Ebersbach et al., 2008) défendent plutôt l'hypothèse d'une représentation constituée chez l'enfant de *deux segments linéaires*, le point de discontinuité entre les deux segments étant significativement corrélé avec le domaine numérique qui est familier à l'enfant.

Une représentation de plus en plus « linéaire »

Puis ces lignes numériques mentales s'enrichissent et leur structure se modifie, se complète, se complexifie et surtout se « linéarise » : distance mentale analogique et distance mathématique coïncident pour des nombres de plus en plus grands (*cf.* fig. 7.7).

L'âge n'est pas l'élément déterminant ce développement, qui se fait jour sous l'influence des apprentissages scolaires, des symboles numériques. En l'absence d'instruction formelle, cette évolution ne se produit pas.

Influence de l'accès aux représentations symboliques (Dehaene et al., 2008)

La population des Mundurucus (qui ne dispose, au-delà de 3–4, que d'une représentation analogique du nombre) est comparée à une population d'Américains (qui dispose *aussi* d'une représentation symbolique des nombres) dans une tâche de localisation de points sur une ligne analogique horizontale; le stimulus est présenté sous diverses formes : points, sons, mots-nombres.
Chez les Mundurucus, on note la persistance d'une représentation *logarithmique* des nombres, quelle que soit la forme du

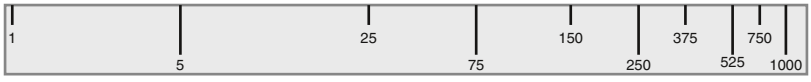


Fig. 7.6. Exemple de représentation logarithmique de la position des nombres vers 7–8 ans sur une ligne mentale analogique.
Source : Siegler RS, Opfer JE. The development of numerical estimation. Psychol Sci 2003; 14(3) : 237–43.

stimulus présenté (y compris pour des petits nombres, dès 4–5).
Chez les Américains, on observe une représentation linéaire pour les petits nombres et *presque* linéaire pour les grands nombres (0–100) présentés en points ou sons. Seules les présentations *symboliques* (mots-nombres) activent des représentations strictement linéaires pour les grands nombres (0–100).

Cette évolution vers une représentation linéaire des nombres sur la *ligne analogique mentale* dépend donc de l'accès aux représentations symboliques du nombre et se poursuit jusqu'à la fin de l'adolescence. Il existe une relation significative entre l'âge, le niveau scolaire et la proportion d'enfants qui ont une représentation linéaire des nombres (fig. 7.7), pour l'intervalle 0–100. Si l'on considère cette fois l'intervalle de 0 à 1 000, ce sont 9 % des CE1, 38 % des CM1, 72 % des jeunes de 6e et 97 % des adultes qui font preuve d'une représentation linéaire.

La mémorisation de nombres est également d'autant plus performante que l'on dispose d'une ligne numérique mentale linéaire (Thomson et Siegler, 2010).

L'accès à une représentation linéaire s'accompagne de changements dans l'estimation de la numérosité et est *nettement corrélé avec les performances en mathématiques* en CP-CE (6 à 8 ans), la performance aux faits numériques et à la résolution des opérations.

Le « sens du nombre » : synthèse

Le système d'estimation approximative des quantités (*Approximative Number System* [ANS]), inné, universel, est donc caractérisé par un effet de taille (plus la collection est petite, plus l'estimation est approchée) et un effet de distance (il est d'autant plus facile de comparer deux quantités que la distance entre la numérosité des deux quantités est importante, dans un rapport optimal en fonction de l'âge).

Ce système estimatif repose sur des représentations analogiques des quantités, d'abord logarithmiques puis de plus en plus linéaires (dans les groupes éduqués).

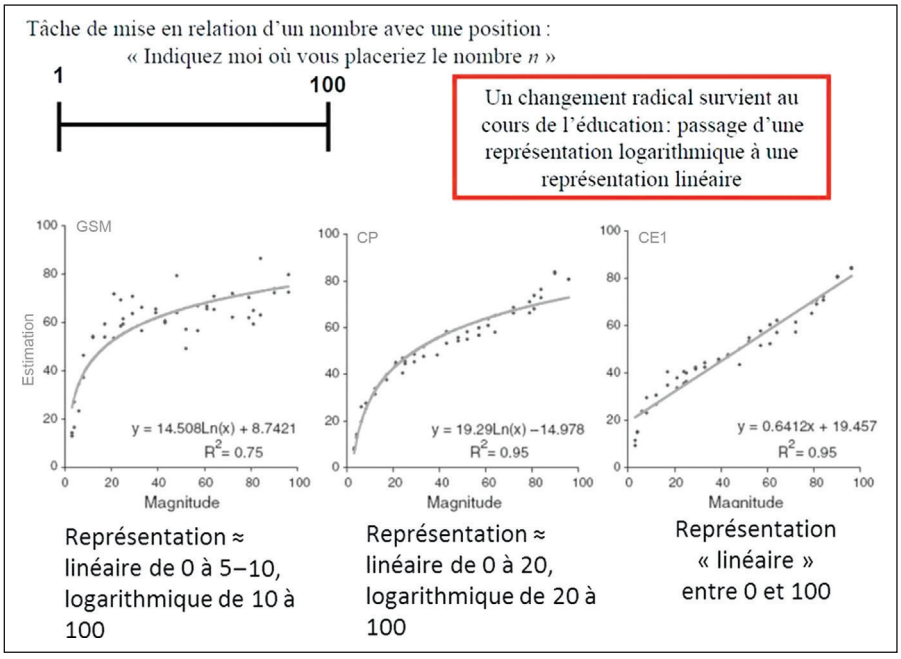


Fig. 7.7. Évolution des représentations en fonction de l'âge et du niveau scolaire (intervalle 0–100).
Source : Siegler RS, Opfer JE. The development of numerical estimation. Psychol Sci 2003 ; 14(3) : 237–43.

Le système analogique donne accès à une représentation « figurative » de la grandeur, la magnitude, la taille, et donc à la *signification, au sens du nombre* (dit aussi accès *sémantique*).

Cette aptitude à relier les représentations symboliques du nombre et leur aspect sémantique se construit et évolue tout au long de la scolarité ; elle est le gage de performances satisfaisantes dans le domaine mathématique, prédisant la réussite scolaire en mathématiques à l'école chez les jeunes enfants (Mazzoco et al., 2011) et les adolescents (Siegler et al., 2011, 2013).

Développement des représentations symboliques verbales

Les symboles verbaux désignant les quantités prennent deux formes : orale (les mots qui désignent les nombres, dits *mots-nombres*) et une forme écrite en lettres (dite *graphémique*).

Mots-nombres

Associer un mot à une quantité donnée permet, non seulement de caractériser précisément la quantité mais permet également :

- le comptage et le dénombrement exacts ;
- la mémorisation de quantités et de faits numériques ;
- la réalisation de calculs.

L'acquisition des mots-nombres et de leur ordre sériel (*chaîne numérique verbale*) est le socle sur lequel ces différentes compétences se construisent.

Chaîne numérique verbale

C'est très précocement – dès 2 ans, peut-être plus tôt – que l'enfant repère que certains *mots* (« *un* », « *deux* », « *dix* ») ne désignent ni l'objet ni sa fonction et ne réfèrent à aucune de ses qualités perceptives (forme, couleur, taille), mais bien à une *quantité*, un « *nombre de* ».

L'attribution d'une quantité *précise* à un mot-nombre déterminé se développe plus tardivement, lentement et de façon non linéaire, chez les enfants entre 2 et 6 ans avec d'importantes différences individuelles.

De façon schématique, on constate que le mot *deux* est connu aux alentours de 2 ans (souvent en référence à des objets allant par paire : les gants, les chaussures, les yeux ou en référence à des objets qui sont tenus ou désignés chacun avec une main), alors que le mot *trois* n'est compris qu'aux alentours de 3 ans (auparavant, l'enfant l'interprète comme « *plus que 2* »). Ensuite, la compréhension et l'énonciation de la file numérique vont évoluer par paliers (avec le plus souvent un arrêt à 4, puis à 7, puis à 10, puis…), montrant ainsi qu'il n'y a pas de généralisation au cours de cette lente construction des mots-nombres, dont les noms et l'ordre doivent être appris et stockés en mémoire à long terme.

En français, l'importance des irrégularités dans la construction du lexique désignant les nombres est très importante, obligeant les enfants à mémoriser de nombreux termes et faisant longtemps obstacle à la perception de la logique interne de cette construction.

Les mots-nombres constituent un domaine langagier spécialisé, *un sous-secteur de la linguistique,* caractérisé par un lexique et une syntaxe propres.

- Le *lexique* est composé d'un nombre fini de mots arbitraires comportant : les noms des nombres de 0 à 16, puis les noms des dizaines (vingt, trente, etc.) et ceux des rangs supérieurs (cent, mille, million, milliard…).
- Une *syntaxe* régit les règles d'organisation du lexique. Ces règles sont peu nombreuses mais ne souffrent aucune approximation (ce qui caractérise le sous-secteur linguistique consacré aux nombres par rapport à la linguistique générale, c'est son aspect rigoureux, son organisation et sa sémantique ne laissant place à aucune ambiguïté). Cette syntaxe utilise peu de mots-fonction (« *et* » dans /vingt *et* un/) mais fait une place importante à l'ordre des mots.

Des règles syntaxiques implicites

▪ « *Mille deux* » désigne un nombre fort différent de « *deux mille* ». La règle *implicite* en français, peut s'énoncer ainsi : lorsque

deux noms de nombres se suivent, si le plus petit est situé devant, il est multiplicateur par rapport au second (*deux mille* signifie 2 × 1000, comme *quatre-vingts* = 4 × 20) ; lorsque le plus petit est placé en seconde position, il est additif par rapport au premier (*mille deux* signifie 1000 + 2, comme *vingt-quatre* = 20 + 4).

▪ Des règles (toujours apprises implicitement) précisent également les arrangements illégaux : on ne peut pas dire *vingt-douze* (combinaison illégale car 20 + 12 réfère à la dizaine supérieure, soit 30 + 2 exprimé « trente-deux »), mais on peut dire *quatre-vingt-douze*, mot composé dans lequel on entend la même séquence mais qui signifie [(4 × 20) + 12]…

Les irrégularités dans la suite des mots-nombres compliquent énormément la tâche des jeunes français (fig. 7.8) et peuvent leur masquer plus ou moins longtemps la logique interne de la formation des nombres (claire et transparente en écriture en chiffres arabes).

Ainsi, en français, il faut *retenir* que *quinze* est avant *seize* et après *quatorze*, contrairement aux langues régulières, comme le chinois où ces nombres se disent l'équivalent de 14 → */dix-quatre/*, 20 → */deux-dix/*, 37 → */trois-dix-sept/*. Dans les activités de comptage, les jeunes américains (cela est vrai en France et dans les pays européens à des degrés divers selon les langues) marquent ces difficultés par un net retard dans l'acquisition de la numération par rapport aux enfants *dont les langues sont régulières* en ce qui concerne la dénomination et la construction linguistique des nombres.

Particularismes propres au français

▪ Un même mot (*un*) désigne soit le singulier (*un* jour *versus* des jours), soit le nombre (1 jour *versus* 3 jours), avec une incidence significativement négative sur les capacités de comptage à l'âge de 2 ans, par rapport à des enfants anglophones dont la langue distingue clairement one *day versus* a *day* (Houdé et al., 2003).

▪ L'irrégularité verbale après 69 (séries 60/70, 80/90) constitue une difficulté supplémentaire (y compris par rapport à d'autre pays francophones qui utilisent par exemple les vocables *septante, octante, nonante*), complexité dont on peut encore percevoir les effets négatifs jusqu'en CE1–CE2 (Séron et Fayol, 1994).

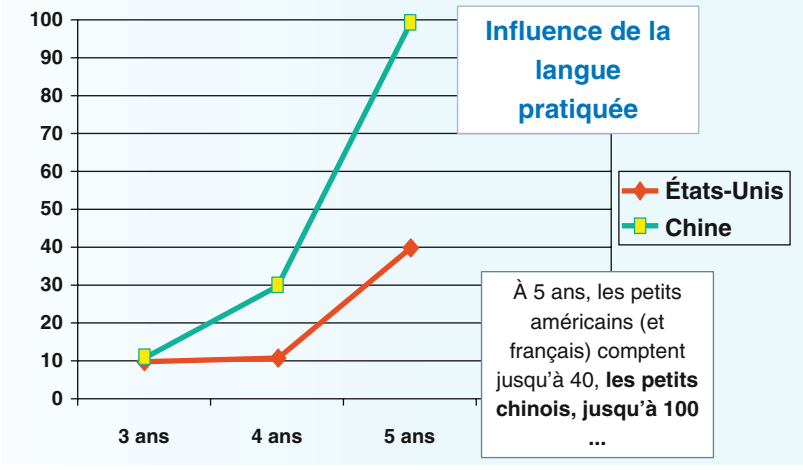


Fig. 7.8. Influence de langue sur l'acquisition de la numération.
Au-delà de 10, l'avance des jeunes chinois est nette : à 5 ans, ils comptent jusqu'à 100 (jusqu'à 40 pour les enfants américains ; idem pour les jeunes français). *Source : Miller KF, CM, Zhu J Zhang H. Preschool Origins of Cross-National Differences in Mathematical Competence : The Role of Number-Naming Systems. Psychol Sci 1995 ; 6(1) : 56–60.*

Les enfants construisent ainsi peu à peu la chaîne des mots-nombres, selon un schéma développemental constant qui comporte longtemps trois parties identifiables : une suite initiale « correcte » (dite stable et conventionnelle), suivie d'une partie incorrecte mais stable (dite stable mais non conventionnelle) et terminée par une suite variable et fantaisiste (suite instable et non conventionnelle) ; ex. : 1 - 2 - 3 - 4 - 5… 8-10-6-8… Peu à peu, la comptine conventionnelle se met en place et se stabilise, de plus en plus longue.

Dans un premier temps, cette comptine n'est qu'une litanie, suite *insécable* que l'enfant ne peut dérouler qu'à partir de 1 (*cf.* les mécanismes de récupération en mémoire dits « séquentiels », et essentiellement fondés sur la forme de surface du stimulus, chapitre 4). C'est seulement en grande section de maternelle que les enfants pourront compter à partir de n'importe quel nombre (chaîne sécable). Ce n'est encore que plus tardivement (CP/CE1) que les enfants pourront compter les nombres eux-mêmes (par exemple, compter 6 *à partir de* 9 : → *dix, onze, douze, treize, quatorze, quinze*), aptitude indispensable au surcomptage.

La connaissance de la suite numérique des mots-nombres permet, au prix d'opérations mentales et de stratégies que nous allons détailler maintenant, de connaître *exactement* le nombre d'éléments qui composent une collection. Nous distinguerons le fait de compter les éléments et le fait d'énoncer le cardinal de la collection : « *cardinaliser* », c'est dire précisément ce nombre.

Comptage et dénombrement

Compter les éléments d'une collection suppose :

- de pointer (du doigt, du regard) chaque élément de la collection, une fois et une seule (éviter les doubles ou multiples comptages), mais sans en oublier aucun : il faut établir une correspondance bi-univoque entre chaque élément et chaque désignation. Cette tâche peut être plus ou moins complexe en fonction du nombre des éléments *et de leur disposition spatiale* (en ligne, en colonne, selon des configurations conventionnelles ou en vrac, aléatoires). Ces différentes conditions peuvent donc interférer avec le résultat ;
- de connaître la suite conventionnelle des mots-nombres à affecter à chaque élément de la collection et de dérouler la comptine verbale exactement au rythme des désignations (un mot-nombre ↔ une désignation), ni trop vite, ni trop lentement.

Rôle des doigts

Le lien entre les doigts de la main et la représentation analogique pour de petites quantités peut être considéré à deux titres :

- en tant que lien *fonctionnel* : l'usage des doigts permet disposer d'une collection-témoin (Brissiaud, 1989) pour maintenir la trace du comptage en cours et soulager la mémoire de travail (chapitre 4). Cela facilite donc aussi bien l'acquisition du code numérique que son utilisation ;
- en tant que lien *structurel* : il existe en effet un lien de *proximité des aires cérébrales* (pariétales) liées au calcul et celles dédiées aux afférences perceptivo-tactiles des doigts de la main (gnosies digitales). Ainsi, on a montré un lien entre maturation des lobes pariétaux, gnosies digitales et manipulation des quantités. Les performances perceptivo-gnosiques concernant les doigts à 5 ans sont prédictives des performances mathématiques à 6 ans et même à 8 ans (Marinthe et al., 1999 ; Noël, 2005). Par ailleurs, l'entraînement spécifique à la connaissance des doigts améliore les performances des enfants dans des tâches numériques (Cracia-Bafalluy et Noël, 2008).

Connaissance des doigts et des nombres (Marinthe et al., 1999)

Des enfants de 5 ans ont été évalués selon trois axes :

- niveau de développement : copie de dessins et PM47 (test d'intelligence à partir d'items visuospatiaux) ;
- leurs performances perceptivo-tactiles : gnosies digitales et discrimination digitale ;
- et leurs performances arithmétiques.

Ce sont les scores perceptivo-tactiles à 5 ans qui prédisent le mieux les performances arithmétiques à 6 et 8 ans (mieux que le niveau graphique ou la note au PM47).

Cardinalisation

À la fin du comptage, si l'on pose à l'enfant la question « il y en a combien ? », on observe (en fonction de l'âge et des compétences de l'enfant), deux types de réponses :

- soit l'enfant reprend son comptage (« 1, 2, 3, etc. ») car il comprend la question : « *combien ?* » comme une invitation au comptage, qu'il recommence sans fin ;
- soit l'enfant répète le dernier mot-nombre énoncé : « 1, 2, 3… → 16, *il y en a 16* ». Cette réponse suggère que l'enfant comprend que le dernier mot-nombre ne désigne pas le dernier élément pointé de la collection, mais désigne le *cardinal* de la collection (fig. 7.9).

Dénombrement et numérotation

R. Brissiaud (2012), à partir de l'analyse de l'évolution des performances en calcul des enfants au CM2 en 1987, 1999 et 2007 (publiée en 2008 par la direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance [DEPP]), parle d'enfants « mal débutés » en calcul. En encourageant très précocement, dès l'école maternelle, les activités de comptage, on ne favoriserait que des activités de *numérotage*. Le jeune enfant associe 1 élément et le mot correspondant, chaque mot-nombre fonctionnant comme le numérotage de chaque élément de la collection (et non comme la quantification du groupe d'éléments déjà comptés jusque-là), selon le principe de l'accumulateur (English et Halford, 1995). Ce « *comptage-numérotage* », purement mécanique, *sans signification mathématique*, ferait durablement obstacle pour certains à l'acquisition ultérieure de procédures plus adaptées, surtout chez les enfants les plus fragiles. Ainsi, la principale difficulté en calcul (pour des enfants tout-venant) serait liée à une erreur pédagogique responsable, selon cet auteur, de l'augmentation importante des *difficultés* en calcul notée depuis 1987.

Cette notion (le cardinal de la collection désigne l'ensemble de la collection et non le dernier élément désigné) est absolument capitale. Le dénombrement suppose donc :

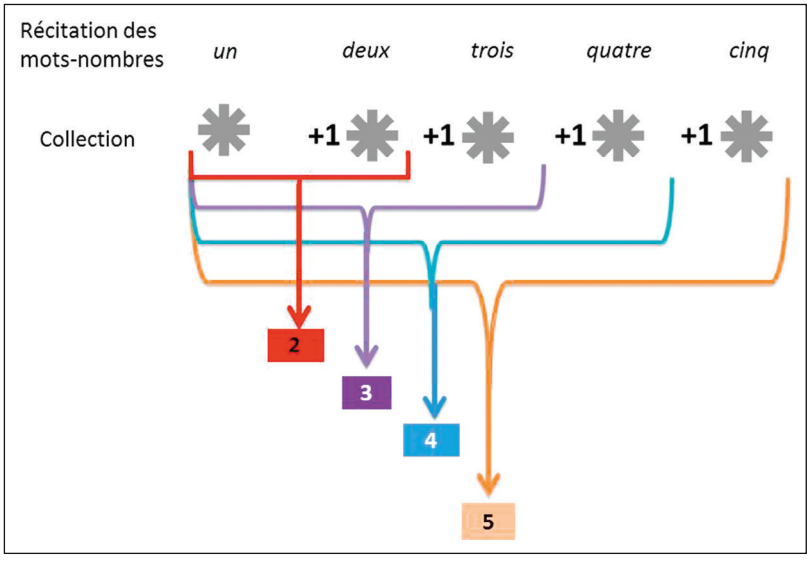


Fig. 7.9. Le modèle de l'accumulateur.
Chaque mot nombre associé à un élément de la collection ne désigne cependant pas *cet* élément, mais l'*ensemble* des éléments désignés précédemment.

- la coordination parfaite de la comptine des mots-nombres et des *fonctions visuospatiales efficientes* (perception de chaque élément, organisation et stratégie du regard à la fois efficace et stable d'un comptage à l'autre [chapitre 3]). C'est l'aspect procédural ;
- et la compréhension de l'opération mentale correspondante, attestée par la cardinalisation et l'accès au fait que le dernier mot-nombre prononcé représente « *le tout* ». C'est l'aspect logique et raisonnemental (facteur g).

Compter-dénombrer suppose *aussi* de coordonner de nombreuses aptitudes, telles l'attention, la mémoire de travail, la logique, la stratégie, l'inhibition.

Gelman et Gallistel (1978) isolent cinq principes, caractérisant un dénombrement *mature :*

- principe d'ordre stable. Les mots-nombres doivent être produits en ordre stable ;
- principe de correspondance terme à terme. Stricte coordination entre la dénomination des mots-nombres et la désignation des éléments de la collection ;
- principe de cardinalité. Le mot-nombre qui désigne le dernier élément de la collection représente le nombre total d'éléments ;
- principe d'abstraction. Le nombre d'éléments est indépendant des propriétés des objets de la collection ;
- principe de non-pertinence de l'ordre. Le cardinal de la collection est le même quel que soit l'ordre dans lequel le comptage est effectué.

Ces principes ne sont pas acquis simultanément mais font l'objet d'un rythme d'acquisition hétérogène. C'est la coordination de l'ensemble de ces aptitudes qui signe la synthèse de la notion de nombre. En particulier, l'accès de l'enfant aux deux derniers principes témoigne de sa capacité à se décentrer de l'aspect perceptif (ou sensorimoteur) de la collection et atteste de l'accès au concept de nombre. En ce sens, il y a là un parallèle à faire avec le stade de la « conservation du nombre » au sens piagétien.

Pour Piaget en effet, le concept de nombre est acquis lorsque l'enfant peut coordonner :

- la catégorisation (à rapprocher du principe d'abstraction de Gelman) ;
- la sériation, le constituant ordinal du nombre (l'ordre est un des constituants du nombre, un nombre s'inscrit entre son prédécesseur et son successeur) ;
- et la cardinalité, d'une façon fiable, stable et indépendante des aspects figuratifs (visuospatiaux) de la collection (à rapprocher du dernier principe de Gelman).

C'est aux alentours de 7 ans que l'enfant typique est dit « conservant » (conservation du nombre) : il peut comparer deux collections sur des aspects strictement logiques et/ou numériques (le nombre est invariant, il caractérise de façon fiable la collection), sans se laisser influencer par les « leurres perceptifs » (la disposition des éléments, la longueur ou la surface qu'ils occupent).

Mais dès 1967 Mehler et Bever montrent que des enfants de 2–3 ans peuvent choisir, parmi deux collections de *bonbons*, celle qui est la plus importante bien que celle-ci occupe une place moins importante que l'autre collection (fig. 7.10) :

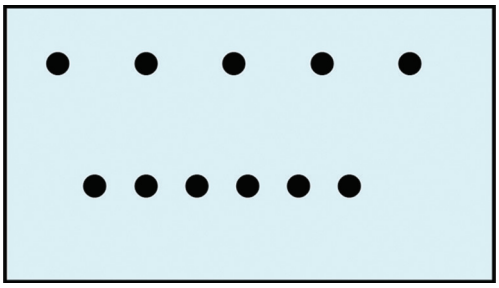


Fig. 7.10. Taille de la collection et espace occupé ne sont pas congruents.

Les enfants sont sollicités de manière non verbale, avec un matériel familier et motivant. Le leurre « longueur = nombre » est alors inopérant.

D'autres auteurs (McGarrigle et Donaldson, 1974) ont rendu crédible (du point de vue de l'enfant) la modification de l'apparence des collections (un complice bouscule le matériel, justifiant la répétition de la question « et maintenant, où est-ce qu'il y en a plus ? ») ; ils induisent ainsi des réponses correctes beaucoup plus précocement (4–6 ans) qu'avec le protocole piagétien classique.

Houdé (2000) lui, constate que les enfants de 8–9 ans conservants à la tâche piagétienne classique, mettent plus longtemps à décider que « *longueur = numérosité* » (dans une tâche où longueur et nombre co-varient de façon concomitante) *après* avoir répondu correctement à la tâche piagétienne classique (qui suppose, elle, d'inhiber la stratégie « longueur = numérosité »). Son interprétation est que la tâche fait alors appel *non à des capacités*

logiques comme le pensait J. Piaget, mais surtout à des capacités d'inhibition quant aux interférences longueur/nombre (fonctions exécutives [chapitre 5]). Il a été montré (Leroux, 2005) que cet effet longueur-temps persiste chez l'adulte.

Calcul mental

Le calcul mental repose sur la capacité de manipuler mentalement les mots-nombres. Le calcul mental *simple* peut s'effectuer de différentes façons :

- d'une façon dite « *réfléchie* » : 12 + 34 = (10 + 30) + (4 + 2) → 46, ou encore : 27 + 9 = (27 + 10) – 1 → 36, ou avec des calculs intermédiaires simples qui permettent de retrouver directement des sous-résultats inscrits en mémoire à long terme : 18 + 7 ; la décomposition de 7 en 2 + 5 facilite le calcul : 18 + 2 = 20 auquel je rajoute 5 → 25 ;
- ou encore en récupérant directement le résultat, connu, en mémoire (je dis « huit et quatre font douze »).

Faits numériques

En effet, certains résultats de petites opérations vont, peu à peu, s'inscrire en mémoire à long terme (mémoire déclarative). Il s'agit en général des doubles, des compléments à 10, des tables d'addition et de multiplication. On peut alors récupérer en mémoire et verbaliser directement, sans calcul, le résultat : « *huit et huit, seize* » ; « *six fois trois, dix-huit* ».

Les doubles sont précocement mémorisés (classe de CP) et sont très robustes, peu sensibles aux effets d'interférences fréquents dans les autres résultats mémorisés, en particulier dans les tables de multiplication.

Mémoriser les tables de multiplication, le problème des interférences

« À l'âge où l'enfant commence à peiner sur l'arithmétique, il apprend quotidiennement une dizaine de mots nouveaux sans effort apparent. Qu'y a-t-il donc de si différent dans la table de multiplication pour qu'il soit si difficile, même après dix ans d'apprentissage, de retenir à la perfection la quarantaine d'informations qu'elle contient. La réponse tient à la structure des tables d'addition et de multiplication. Les informations qu'elles contiennent ne sont pas arbitraires et indépendantes les unes des autres. Au contraire, leurs contenus s'emmêlent étroitement, elles fourmillent de fausses régularités, de rimes troublantes, de jeux de mots trompeurs. Imaginez un instant de mémoriser le carnet d'adresses suivant :
– Charles David habite rue Guillaume
– Charles Guillaume habite rue Albert-Zoé…
Et un second pour les adresses professionnelles :
– Charles David travaille rue Albert-Bertrand
– Charles Guillaume travaille rue Bertrand-Albert… »

S. Dehaene. *La bosse des maths*. 2010. p. 143

La connaissance de ces faits numériques (dits aussi *faits arithmétiques*) est fondamentale, en particulier pour libérer la mémoire de travail pour des calculs ou des opérations mentales de plus haut niveau. Ces apprentissages « *par cœur* », lorsqu'ils sont possibles, ne doivent donc être ni négligés, ni méprisés.

Calcul mental et mémoire de travail

Les calculs mentaux nécessitent de grandes capacités en *mémoire de travail* (chapitre 4) et en *fonctions exécutives* (chapitre 5), pour stocker provisoirement les différents nombres, le temps de les manipuler, d'effectuer les calculs intermédiaires et d'en gérer les différentes étapes.

C'est la mémoire de travail auditivo-verbale qui est essentiellement sollicitée. Plusieurs auteurs ont montré une corrélation entre difficulté à manipuler les chiffres et une mémoire de travail déficitaire, qu'il s'agisse de la boucle phonologique ou, surtout, de l'administrateur central (Geary et al., 1999). Certains travaux montrent également la sollicitation de la mémoire de travail *visuospatiale* lors du calcul mental complexe (Petit et Zago, 2002).

Apprentissage des symboles indo-arabes

Cet apprentissage progressif du code verbal et de ses usages est habituellement conduit en lien étroit

avec l'enseignement du code indo-arabe. En effet, outre les formes verbales (orale et graphémique), les symboles numériques peuvent prendre une autre forme écrite : l'*écriture indo-arabe*.

Simple et économique (n'utilisant que 10 symboles appelés chiffres), particulièrement efficace pour réaliser les calculs, le code arabe présente cependant des difficultés particulières pour les apprenants :

- la notation positionnelle ;
- la non-congruence entre les unités-mots (code verbal) et la notation arabe.

Principales caractéristiques de la numération indo-arabe

La numération arabe est une numération strictement *positionnelle*, ce qui signifie que la valeur d'un chiffre dans un nombre est strictement déterminée par sa position relative au sein de la séquence des chiffres. Ainsi, *2* n'a pas du tout la même signification, la même valeur dans 31*2* (où il signifie *2* unités, il «*dit la vérité*» selon la formulation de S. Baruk, 2003), dans 1*2*3 (où il signifie *2*0 unités ou *2* dizaines) ou dans *2*13 (où il signifie *2*00 unités).

Chiffres et nombres

Les chiffres sont aux nombres ce que les lettres sont aux mots : de même que /y/ peut être soit une lettre du mot « cra**y**on », soit un mot à part entière (il *y* va), les signes de 0 à 9 peuvent être soit des chiffres (*3* est le chiffre des dizaines dans 1*3*7), *soit des nombres* s'ils désignent le *cardinal* d'une collection (j'ai *3* billes : il s'agit du *nombre de* billes dont je dispose).

Le zéro y occupe une place particulière. Il présente deux facettes : soit il signifie «*rien*» (6 – 6 = 0, il ne reste rien, résultat nul) et il est alors un nombre à part entière ; soit il signale une «*place vide*» dans la séquence unités-dizaines-centaines au sein du nombre.

L'étymologie du mot *chiffre*

«Le XII^e^ siècle fut également marqué par l'introduction et la diffusion du zéro en occident. (…). Diverses appellations lui furent attribuées, constituant toutes des transcriptions plus ou moins latinisées du mot arabe «ألصِّفْر» [SIFR] signifiant "zéro" ou littéralement "*vide*", lequel à son tour n'est autre que la traduction arabe du mot sanscrit śūnya possédant le même sens. »

G. Ifrah. *Histoire universelle des chiffres*. 1996. p. 509

Le zéro qui n'est pas « rien »…

Dans 5*0*4, le chiffre des dizaines est zéro (comme le chiffre des unités est 4, et celui des centaines est 5) mais cela ne signifie pas, comme on l'entend dire quelquefois, «*qu'il y a zéro dizaine*» ! Il y a 50 dizaines, mais la *place* des dizaines est vacante car il y a *juste* 50 dizaines. Ce zéro sert donc à mettre le 5 *en position* de signifier 50 dizaines ou encore 5 centaines (on pourrait aussi écrire, comme c'était le cas avant « l'invention » du zéro : 5*4).

La production infinie des nombres à partir de la combinaison positionnelle des 10 chiffres est *strictement* régulière, ce qui contraste grandement avec le lexique numérique verbal. Cette régularité permet de déduire logiquement la construction et l'écriture arabe de n'importe quel nombre. Elle permet aussi de repérer aisément les régularités liées à l'utilisation de la base 10 (tableau cartésien).

Routines de pose et de résolution des calculs

La numération arabe, par le biais de diverses procédures, permet de réaliser facilement les calculs (de trouver le «*combien ça fait*»).

L'importance de la numération arabe pour effectuer les calculs

«Depuis le XII^e^ siècle, on n'avait cessé de traduire les œuvres d'al-Khāririmī (…). La numération écrite romaine était totalement inapte au calcul, la moindre opération ne pouvait s'effectuer qu'à l'aide d'abaques, l'équivalent des bouliers chinois, qui se présentaient comme des tables à colonnes sur lesquelles on plaçait des jetons. L'introduction du nouveau calcul fut une véritable révolution, avec ses adver-

saires et ses supporters, opposés en camps irréconciliables. Les premiers appartenaient à la corporation des calculateurs professionnels et défendaient leurs privilèges. "Poser une opération", cet acte si évident, revenant à écrire des nombres, et, par des manipulations d'écritures à produire le résultat, était, pour la plupart des hommes de ces temps – pour l'infime minorité qui savait calculer – proprement inimaginable. (…). Le grand bouleversement consista à opérer non plus avec des objets matériels : des cailloux, d'où vient le mot calculus, des boules ou des jetons, mais avec des MOTS. On se mit à calculer *avec les noms des nombres* eux-mêmes ! Le calcul changea radicalement de nature, il devint un calcul par l'écrit et par l'écrit seul. *Les mots devenaient opérationnels.* »

A. Guedj. *Le théorème du perroquet.* 1998

Cette citation met en évidence les principales caractéristiques liées aux procédures de pose et de résolution des calculs en chiffres arabes. Il s'agit de procédures :

- nécessitant une bonne maîtrise de la numération orale et de ses correspondances avec la numération arabe (*transcodage*), qu'il s'agisse des calculs intermédiaires (ex. : je *dis « 8 + 4, 12, je pose 2 et je retiens 1 »*) ou de la lecture du résultat. Les calculs intermédiaires peuvent se faire soit en utilisant une collection de référence (jetons, doigts), soit en récupérant les faits numériques en mémoire déclarative ;
- strictement et *entièrement spatiales* : écrire les nombres, et, par des manipulations d'écriture, produire le résultat suppose d'écrire et de manipuler les nombres en fonction de strictes contraintes spatiales.

Cet aspect est important dans les cas où les enfants présentent des troubles visuospatiaux qui retentissent sur leur capacité à réaliser ces algorithmes spatiaux (chapitre 3). Mais cette difficulté n'altère pas leur capacité à comprendre la *signification* des opérations.

D'ailleurs, selon les pays et les coutumes (fig. 7.11), l'organisation spatiale de la pose et des algorithmes de résolution des différentes opérations peut se présenter de façon très différente. Il n'y a pas de relation *obligée* entre les algorithmes spatiaux que *nous* utilisons habituellement et la logique mathématique sous-jacente.

Il convient d'éviter de confondre ces routines de pose et résolution des opérations, procédures apprises puis plus ou moins automatisées, qu'il suffira de récupérer en mémoire avec :

- d'une part la compréhension de la logique sous-jacente à ces routines (« pourquoi on fait comme ça » et « pourquoi ça marche » !) ;
- d'autre part, la signification même de l'opération (ajout, retrait, distribution) et le raisonnement qui conduit à choisir l'opération (addition, soustraction, division).

Ces trois approches – apprentissage des algorithmes spatiaux pour trouver le « *combien ça fait* » (résultat du calcul), motivation mathématique des procédures de calcul utilisées et signification de l'opération (raisonnement) – sont indépendantes les unes des autres et n'entretiennent pas de rapports hiérarchiques obligés.

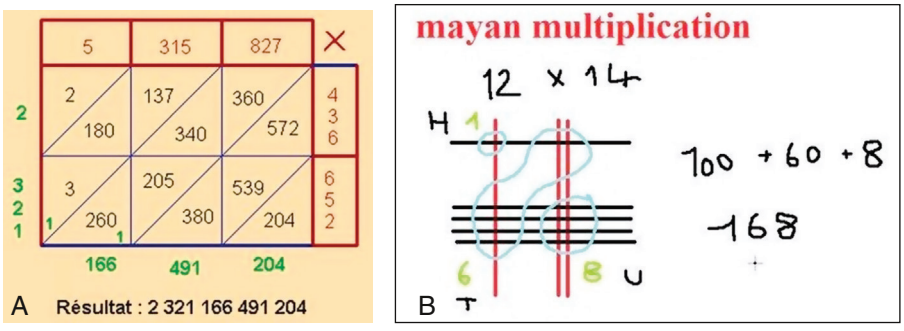


Fig. 7.11. D'autres façons d'obtenir le « combien ça fait » (mais toutes sont spatiales).
A. 5 315 827 × 436 652 B. 12 × 14 *Source : http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/ Source : http://www.youtube.com/watch ? v=OAREm_4Z8fs*

Liens entre les différentes représentations du nombre

Les nombres peuvent donc s'exprimer sous diverses formes de surface (orale, écrite en chiffres arabes, en chiffres romains, en écriture alphabétique ou sous forme analogique), qui toutes renvoient à une même signification, une même numérosité, un même référent sémantique, et *doivent donc se coordonner.*

Transcodages

Le passage d'un code à l'autre (*transcodage*) suppose la maîtrise du code source et celle du code de sortie.

Un codage phonologique obligé ?

En ce qui concerne les transpositions qui ne mettent pas en jeu le code oral (par exemple : 8 ou VIII), on peut penser qu'un recodage phonologique (oralisé ou évoqué) du nombre de départ est indispensable, nécessitant alors un recodage (lexical et syntaxique) respectant les règles du code d'arrivée. Ainsi, en chiffres romains, il faut connaître la règle qui consiste, à partir d'une sous-base 5 (dont la traduction « lexicale » est V) à ajouter les unités (dont la traduction « lexicale » est I) à la droite du « mot » V → VIII.

Le transcodage « oral ↔ chiffres arabes », de loin le plus utilisé, est particulièrement opaque en raison de la dissymétrie entre les deux codes.

La structure phonologique des mots-nombres est irrégulière, ambiguë, entachée de nombreuses considérations historiques et étymologiques. Au contraire, l'écriture en chiffres arabes est strictement logique, sans aucune irrégularité, pur reflet du système décimal et du principe de position propre à la numération indo-arabe.

Par exemple, le nombre d'unités, d'un système à l'autre, est très variable : 293 ↔ [deux cent quatre-vingt-treize] ↔ 5 *mots* ↔ 3 *chiffres*.

Exemples

- *293* dit oralement peut être transcrit comme *20042013*, traduction phonologique stricte de chaque unité orale (*deux cents - quatre - vingt - treize*), ou 2008013 (*deux cents - quatre-vingt - treize*), par méconnaissance de la syntaxe numérique, qui impose, pour segmenter correctement la suite orale *293*, d'appréhender qu'il s'agit de 200 + 93, 93 signifiant *[4 x 20] + 13*.
- On parle d'erreur *lexicale* lorsque la syntaxe du nombre est respectée, mais que l'enfant se trompe de mot-nombre (oral ou écrit) : au sein des mots-nombres « irréguliers » (11, 12, 13, 14, 15, 16) : 12 transcrit → *11* ou *14*; ou erreur de « pile », par ex. : 14 transcrit → *40* (Il s'agit bien, dans les deux cas, de la quatrième position mais, pour quatorze c'est la quatrième position au sein d'une dizaine alors que pour quarante, c'est la quatrième position dans la suite des dizaines); ou encore au sein d'un nombre régulier mais complexe : 478 → *468*.
- On évoque une erreur *syntaxique* lorsque la structure syntaxique de la construction du nombre est illégale, alors que la classe lexicale est respectée : 91 lu *quarante et onze* (structure « illégale »).

Ces difficultés ont un impact très négatif sur l'apprentissage de la numération écrite et des différents transcodages (fig. 7.12). Ainsi, de nombreuses erreurs sont encore notées en CE1 (Jarlegan et al., 1996). Les résultats de cette étude mettent aussi en évidence des différences entre les divers types de transcodages[192] qui « suggèrent que le transcodage entre code verbal et code arabe ne transite pas nécessairement par une représentation analogique intermédiaire, sémantique » (*cf.* fig. 7.14, la représentation *asémantique* possible sur le schéma du modèle de triple code).

Modèles intégratifs

Articuler les différentes modalités de représentation des nombres est un enjeu fondamental

[192] Transcodage : passage d'un code à un autre.

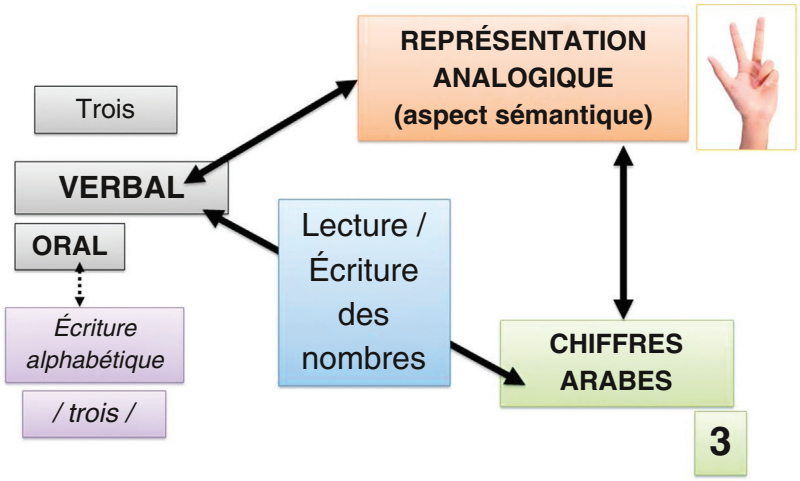


Fig. 7.12. **Articuler les trois modes de représentation du nombre : les différents transcodages.**

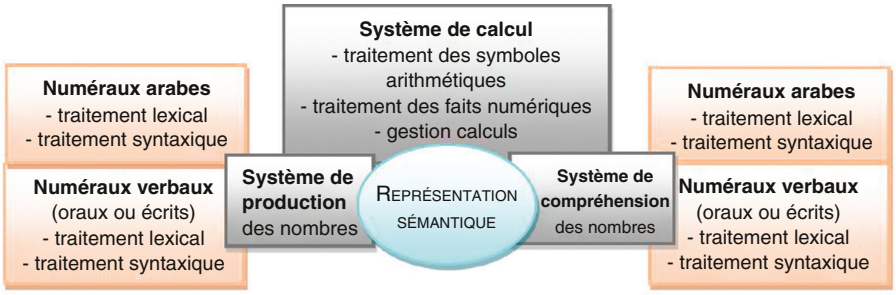


Fig. 7.13. **Représentation simplifiée des différents systèmes du modèle de McCloskey.**

pour accéder aux mathématiques, qu'il s'agisse de leur usage au quotidien (indispensable pour une bonne autonomie sociale) ou scolaire.

Différents modèles cherchent à identifier les composantes impliquées, leur rôle, leurs interrelations. Idéalement, ils doivent rendre compte du fonctionnement typique (sur le plan comportemental et éventuellement neuronal), des erreurs habituelles jalonnant l'apprentissage «normal» et des anomalies ou déficits observés dans les situations pathologiques.

Modèle de McCloskey (1985, 1992)

Ce modèle postule, en lien avec le système de représentation sémantique, l'existence de trois principaux composants (en grisé sur la figure 7.13) :

- un système de calcul (interprétation des signes arithmétiques, récupération des faits numériques, gestion des calculs à effectuer) ;
- un système de compréhension des nombres (toute forme numérique est traitée par le système sémantique) ;
- et un autre de production des nombres qui s'appuie sur la représentation sémantique de la quantité puis encode et produit la forme numérique (sous forme verbale ou indo-arabe). Chacun de ces deux derniers composants comporte différents sous-systèmes qui traitent des aspects lexicaux/syntaxiques et prennent en compte la forme de surface du nombre (forme verbale ou arabe). Tous ces systèmes convergent au sein du centre de représentation sémantique

des nombres : les nombres, quel que soit leur mode de représentation (orale, orthographique, arabe) ont une même représentation sémantique. Dans ce modèle, les transpositions d'un code à un autre passent nécessairement par la représentation sémantique.

Il rend compte de nombreuses dissociations observées en pratique clinique, en fonction de l'atteinte de tel ou tel système ou sous-système. Cependant, d'une part son module central (sémantique) est difficile (impossible ?) à tester, d'autre part ce modèle ne précise ni la nature ni les supports des différents traitements envisagés.

Modèle du triple code de S. Dehaene (1992)

Ce modèle (fig. 7.14) établit des liens anatomiques et fonctionnels entre les codes *arabe*, *auditivo-verbal* et *analogique*, support de la sémantique du nombre. Il permet de rendre compte d'erreurs affectant les différentes transpositions, mais aussi de dissociations rencontrées en pathologie et concernant les capacités de calcul exact d'une quantité *versus* son appréciation approximative.

On notera :

- la possibilité de tester chacun des éléments du modèle, *via* les fonctions sous-tendues par chaque module. Par exemple les représentations analogiques (sémantiques) seront évaluées par des épreuves de comparaison de quantités, d'estimation, de calcul approximatif, de représentation des nombres sur une ligne analogique ;
- la spécification de la compétence d'estimation, qui permet d'obtenir rapidement des résultats approchés, des ordres de grandeurs ;
- la possibilité d'une voie « *asémantique* », chiffres arabes ↔ chiffres oraux étant mis directement en relation, sans accès à leur représentation analogique, sans accès à leur ordre de grandeur, à leur valeur.

Dehaene et Cohen (1995), Chassy et Grodd (2012) relient ces différents éléments du triple code à leurs corrélats cérébraux :

- le code verbal est supporté par les aires du langage, dans l'hémisphère gauche ;

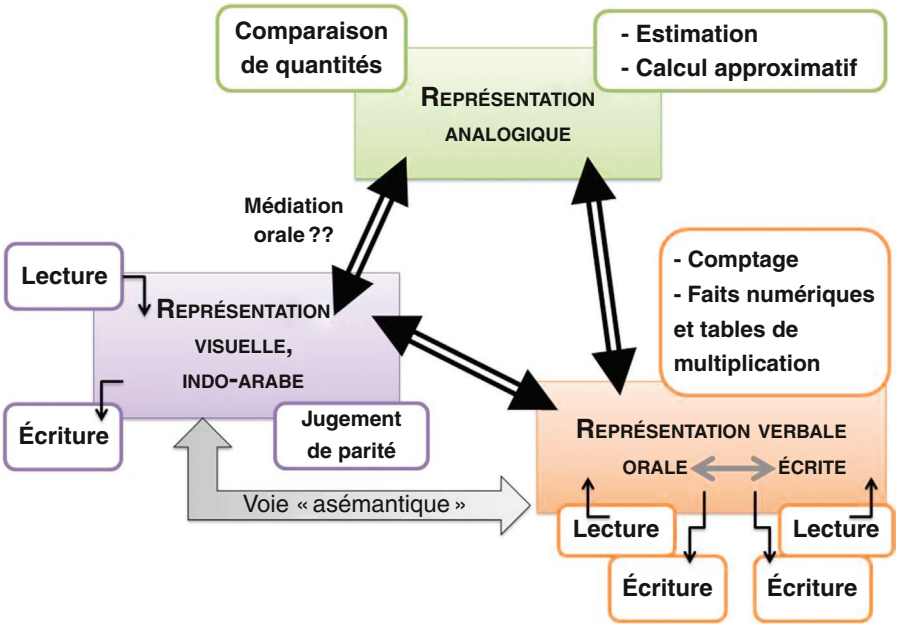


Fig. 7.14. Le triple code : aspects fonctionnels.

- le code indo-arabe sollicite le cortex occipito-temporal, de façon bilatérale ;
- le code analogique est supporté de façon bilatérale par les régions pariétales ;
- enfin, le cortex frontal est le substrat de la MT, attention et fonctions exécutives (calculs complexes, résolution de problèmes).

Toutes ces régions sont richement interconnectées.

Supports cérébraux

Chez l'adulte, les activités numériques[193] activent en IRM-f, de façon bilatérale, les *flancs du sillon intrapariétal* (Dehaene et al., 2003).

Les zones périsylviennes *gauches* (aires du langage) ainsi que des structures sous-corticales (ganglions de la base, noyaux thalamiques) sont impliquées lors de la récupération en mémoire des faits arithmétiques.

Ci-après, un essai de synthèse (tableau 7.1).

Chez l'enfant, on note les mêmes activations, à ceci près que les activations (IRM-f) se déplacent progressivement vers un réseau temporo-pariétal gauche (Rivera et al., 2005), particulièrement affecté, lors du développement, par l'apprentissage du code indo-arabe.

Calculs, les problèmes arithmétiques

Dans le cadre scolaire, après les apprentissages initiaux, les activités mathématiques consistent souvent en résolution de problèmes et calculs, lesquels nécessitent une bonne appréhension des différentes facettes du nombre, une bonne compréhension de ses usages.

Les premières transformations de collections consistent en ajouts ou retraits. Les opérations peuvent être réalisées selon différentes stratégies en fonction de la taille des nombres à manipuler et du niveau d'expertise de l'enfant.

L'ajout ou addition de deux collections peut se faire :

- en réunissant les deux collections et en recomptant le tout ;
- en surcomptant à partir de la première collection (mentalement ou en utilisant les doigts comme collection témoin) ; ou en surcomptant à partir de la plus grande des deux collections ;

Tableau 7.1. Caractéristiques comparées des trois sortes de représentation du nombre.

Type de représentation	Particularités/Rôle	Corrélats cérébraux
Analogique	*Innée* → comparaison, estimation approximative de quantités. (magnitude, accès sémantique *indépendant de la langue*) Évolue avec l'accès aux représentations symboliques	Sillons intrapariétaux bilatéraux mais prédominant hémisphère droit. (Chassy et Grodd, 2012)
Symbolique verbale	*Acquisition* enfance, dès 2 ans (apprentissage initial *implicite*, dépendant de la langue), puis scolaire. Rôle des doigts → Calcul exact, comptage/dénombrement, faits numériques	Région temporale périsylvienne (+ gyrus angulaire) gauche
Symbolique indo-arabe	Enseignement (apprentissage *explicite*) Code positionnel de base 10 - Indépendant de la langue, universel Importance des traitements visuospatiaux → Calcul exact, opérations arithmétiques	Régions occipito-temporales bilatérales

[193] Détection de chiffres parmi des lettres, comptage, comparaisons de collections, comparaisons de chiffres, calculs, et ce quelle que soit la notation utilisée : ensembles de points, nombre oral, écrit ou arabe.

- en récupérant directement le résultat en mémoire à long terme (connaissance de faits numériques) ;
- en « posant l'opération » en chiffres arabes et en appliquant les routines spatiales pertinentes.

Le choix des opérations à faire est plus ou moins transparent ou plus ou moins opaque selon la présentation du problème selon la façon dont sont présentées les transformations.

En effet, un « problème » mathématique qui requiert d'effectuer un même calcul peut se décliner de multiples façons, faisant alors intervenir des raisonnements différents selon les situations évoquées (familières ou non), les concepts en jeu (ajout, retrait, combinaison partie/tout…) et la forme d'exposition du problème (orale ou écrite, représentation figurative).

Ainsi, dans l'énoncé même des *problèmes*, différents éléments influencent la résolution.

Présentation chronologique des faits et transformations

La chronologie de la description des actions, des états (initiaux, finaux) et des transformations, peut – ou non – suivre l'ordre des faits et/ou l'ordre des opérations à effectuer (exemples ci-dessous).

Différentes expositions du même problème numérique

- On peut donner, dans l'ordre chronologique, la configuration initiale puis l'ajout clairement identifié (par un terme tel que : gagner) et demander à l'enfant de trouver le résultat final de cette transformation : « Pierre a 8 billes ; il en gagne 4 à la récréation. Combien a-t-il de billes maintenant ? » ;
- On peut donner l'état initial et l'état final, en demandant à l'enfant de trouver la transformation effectuée : « Ce matin, Pierre avait 8 billes. Ce soir, il en a 12. Que s'est-il passé à la récréation ? » ;
- On peut donner la transformation et l'état final, en demandant à l'enfant de trouver l'état initial : « Pierre a gagné 4 billes à la récréation et il a maintenant 12 billes. Combien avait-il de billes ce matin ? »,
- Problème partie/tout : « Pierre a 12 billes dont 8 rouges. Combien ne sont pas rouges ? », etc.

Ces différents problèmes, bien que nécessitant tous le même type de calcul (8 + 4 = 12) ne réclament pas du tout la même opération mentale et seront accessibles à des moments différents de l'évolution de l'enfant et de la scolarité.

Aspects langagiers de l'énoncé

Vocabulaire utilisé

Certains mots peuvent ne pas être connus des enfants (ex. : « le commerçant fait *une remise* de 5 euros ») ; d'autres peuvent activer *automatiquement* des schémas opératoires erronés : « gagne » ou « plus » → addition, « donne » → soustraction, etc., soulignant l'importance des fonctions d'inhibition (chapitre 5).

Le choix des mots

- Il n'est donc pas indifférent de dire : « Pierre a 8 billes, il en gagne 4 » ou « Pierre a 8 billes, Jean lui *en donne* 4 ». Dans la seconde formulation, outre l'intervention de 2 personnages, on note l'introduction du terme « donne » qui peut « déclencher » chez certains enfants l'idée d'une soustraction.
- Si, à partir d'un bouquet composé de quelques tulipes et de nombreuses roses, on demande (célèbre épreuve piagétienne d'inclusion) : « que pourrait-on faire si on voulait avoir *plus de* tulipes que de fleurs ? », la réponse fréquente « il faut *ajouter* des tulipes » est certainement imputable au défaut d'inhibition du schème automatisé « avoir plus ↔ ajouter », plutôt qu'à un défaut d'accès aux notions de parties et de tout (Houdé, 1995).

Structure syntaxique des énoncés

Les énoncés sont souvent chargés en formules à l'interprétation ambiguë, en particulier pour des enfants possédant mal les structures du français élaboré et/ou dysphasiques : « il achète six crayons à deux euros l'*un* » ; « il y a 6 fleurs *dont* 2 rouges » ; « Jean a 2 billes *de plus que* René », etc.

Notions à manipuler

Taille des nombres en jeu

À complexité du problème égale (énoncé, situation, transformations en jeu, opérations à effectuer), il est beaucoup plus difficile et coûteux sur le plan cognitif de travailler sur des grands nombres que des petits (Ashcraft, 1995).

Familiarité de la situation problème

Si la situation évoquée est familière, cela peut en faciliter l'évocation et la représentation par l'enfant. Stella Baruk (1977) évoque *a contrario* l'irréalité de certains énoncés de problèmes qui ne réfèrent, pour l'enfant, à aucune réalité envisageable.

Alain Menissier (2002, 2005, 2011) propose une analyse des grandes catégories de problèmes en termes d'activités mentales sollicitées et des pistes de remédiation pour travailler ces activités.

En résumé

On retiendra :

- le rôle avéré des aires pariétales dans les traitements numériques, et leurs liens avec les traitements *visuospatiaux* (chapitre 3) ;
- l'importance du sens analogique du nombre : les performances en maternelle prédisent la performance en calcul en CP (Mazocco et al., 2011 ; Gilmore et al., 2010) ; le sens du nombre chez l'adolescent et l'adulte est corrélé à la réussite en calcul (Libertus et al., 2011) ;
- l'intervention, lors des activités numériques, de nombreuses fonctions non spécifiquement dédiées au domaine numérique (fig. 7.15) : logique (classification, sériation) et stratégies raisonnementales pertinentes (facteur g [chapitre 1]), fonctions langagières (chapitre 2), mémoire à long terme (inscription des faits numériques [chapitre 4]), mémoire de travail (calcul mental) en collaboration avec les fonctions attentionnelles et exécutives (chapitre 5).

De ce fait, les dyscalculies constituent un groupe de troubles très hétérogènes.

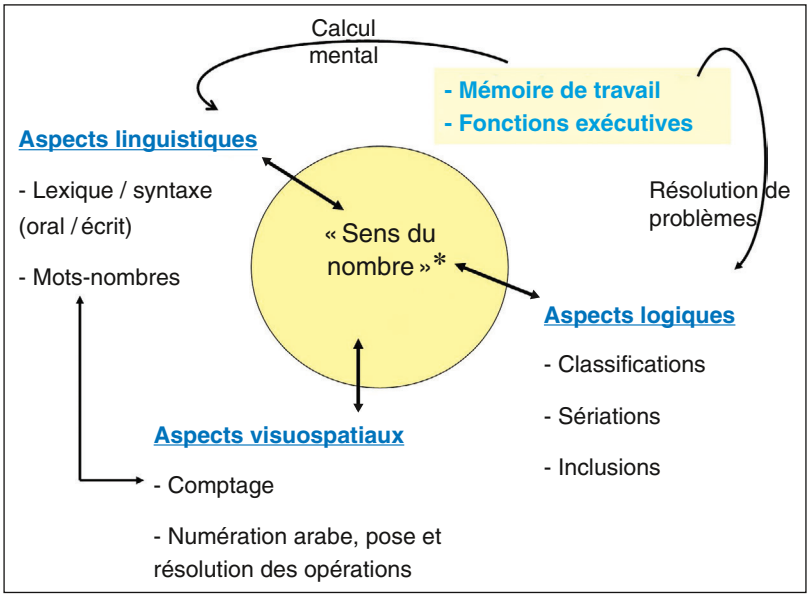


Fig. 7.15. Les principales fonctions cognitives engagées dans les activités arithmétiques.
* Repères analogiques, approximation, ordre de grandeur, magnitude, sémantique du nombre.

Dyscalculies

Définies par des performances en numération et calcul significativement inférieures à ce qui est attendu pour l'âge, le niveau scolaire et le niveau intellectuel[194] de l'enfant (– 1,6 ou – 2 DS des normes à des tests pertinents étalonnés) interférant négativement avec la réussite scolaire, les dyscalculies se divisent en deux grands groupes :

- des *dyscalculies primitives* (dites aussi « *vraies* » ou « *spécifiques* ») qui résultent d'une atteinte, d'un dysfonctionnement, d'une anomalie développementale *des structures électivement dédiées au nombre et au calcul* : trouble du sens du nombre, syndrome de Gertsmann ; il s'agit de dyscalculies-diagnostics ;
- *et*, puisque les activités numériques impliquent de nombreuses fonctions cognitives (fig. 7.15), *des dyscalculies secondaires* à une pathologie dans un des secteurs concernés, conséquences dans le domaine numérique de ce déficit *autre*, en amont. Il s'agit de dyscalculies-symptômes. Elles se déclinent alors en dyscalculies linguistiques, visuospatiales, dys-exécutives, mnésiques, en rapport avec les anomalies, déficits ou dysfonctionnements initiaux d'amont qui diffusent, se manifestent dans le secteur numérique. Selon les cas, les troubles du calcul peuvent être associés à d'autres symptômes dys-.

Ainsi, les critères d'inclusion diagnostique de « dyscalculie » peuvent varier considérablement selon les auteurs. Le rapport Inserm (Expertise collective, 2007) fait état d'une prévalence de 3,6 à 7,7 % selon les études, c'est-à-dire d'une fréquence des dyscalculies aussi importante que celle des dyslexies. Mais une étude portant sur plus de 1 000 enfants de 9 à 10 ans (Lewis et al., 1994) ne trouve que 1,3 % des enfants présentant des difficultés *isolées* en mathématiques, chiffre également retenu par Vannetzel et al. (2009).

Un problème de terminologie : un consensus à trouver…

- Certains considèrent que seule une atteinte *intrinsèque* des fonctions spécifiquement dédiées au nombre peut légitimement être appelé « dyscalculie ».
- Les autres, le plus souvent les cliniciens confrontés directement aux symptômes que présente l'enfant, sans pouvoir les rapporter à telle ou telle cause, parlent de dyscalculie (comme de dyslexie, par exemple [chapitre 6]) si les performances de l'enfant sont dans la zone pathologique, c'est-à-dire si les performances de l'enfant dans un test approprié le situent de – 1,6 à – 2 DS de la norme, alors qu'il présente une intelligence normale, a bénéficié de conditions socio-éducatives habituelles et a été scolarisé normalement.

La confusion entre les différentes significations attribuées par les uns et les autres au terme de « dyscalculie » contribue à des quiproquos dommageables et des querelles stériles concernant les définitions, la fréquence du trouble, etc. Nous ne prendrons pas ici partie pour telle ou telle dénomination, chacune ayant sa raison d'être.

En accord avec les définitions des dys- et les conditions de leur diagnostic (chapitre 1), nous distinguerons les différentes dyscalculies en utilisant une terminologie claire et précise qui met *explicitement* à jour la cause du quiproquo, à savoir la confusion entre d'une part dyscalculie « primaire » (dyscalculies-diagnostics) et d'autre part dyscalculies « secondaires » (dyscalculies-symptômes).

Deux questions doivent cependant être débattues lorsqu'il s'agit d'évoquer une dyscalculie : d'une part, distinguer difficultés en calcul *versus* trouble (dyscalculie), et d'autre part le statut de troubles du calcul associés à d'autres troubles des apprentissages.

[194] L'exclusion de la déficience intellectuelle est une condition *nécessaire* pour parler de dyscalculie, les « dys- » étant définis comme des troubles spécifiques (= « non globaux ») des apprentissages : l'évaluation du facteur g est donc un préalable indispensable pour évoquer une dyscalculie.

Difficulté *versus* trouble (chapitre 1)

Comment distinguer entre dyscalculies – résultant d'une anomalie développementale circonscrite, touchant spécifiquement certaines fonctions cognitives – et faibles performances en calcul en lien avec des *difficultés* pédagogiques (Brissiaud, 2012) ou socio-éducatives (Jordan et Levine, 2009) ?

En effet, il est établi que l'absence de pratique familiale précoce de certaines activités, dans certains milieux socio-éducatifs faibles, peut influencer négativement les savoirs sur le nombre et les coordinations de ces savoirs, et ce bien avant l'entrée à l'école et les apprentissages formels. Ainsi, Levine et al. (2010) constatent une corrélation entre le niveau de langage des parents concernant les nombres, éléments de langage adressés aux jeunes enfants de 14 et 30 mois, et l'accès de ces enfants à la signification du nombre cardinal à 46 mois (ex. : savoir que le mot « trois » réfère à une collection de précisément 3 objets).

Deux types d'éléments peuvent guider le clinicien pour suspecter ce type de difficulté socio-éducative, voire pédagogique :

- l'analyse des échecs aux épreuves étalonnées ne met pas en évidence de difficulté particulière aux items évaluant l'estimation de quantités et le positionnement de nombres sur la ligne numérique mentale, c'est-à-dire les représentations analogiques du nombre (*cf. infra*, § Tests). *A contrario*, les résultats sont *globalement faibles* dans toutes les épreuves sollicitant les représentations symboliques du nombre (verbales ou indo-arabes) ;
- un essai de rééducation/remédiation fondé sur l'analyse des erreurs et difficultés fréquentes des élèves typiques, pratiqué durant quelques mois, permet d'obtenir des progrès nets, voire suffisants pour reprendre ou continuer un cursus ordinaire.

Les effets favorables d'un renforcement pédagogique

Ainsi, Duquesne et Marchand (2012), travaillant sur les fractions avec des jeunes en difficulté mathématique, repèrent trois groupes de besoins en fonction des résultats à une évaluation initiale. Elles proposent alors des séances de remédiation prenant en compte les obstacles habituels rencontrés dans ce type d'apprentissage auprès des enfants tout-venant ; puis une nouvelle évaluation est proposée. Elles constatent que leur intervention a un impact différent sur les différents groupes :

- le premier groupe rassemble des enfants chez lesquels un accompagnement plus soutenu permet assez facilement une « normalisation » ; ce sont ceux qui ont subi des « ratés » dans leur cursus ;
- le deuxième groupe réunit des élèves aux difficultés d'emblée plus importantes : les remédiations proposées leur ont rendu accessibles *certaines* des propriétés du concept de fraction ;
- « le troisième petit groupe rassemble des enfants présentant de réels troubles des apprentissages (…). Ces élèves bénéficieraient d'une démarche pédagogique adaptée sur le long cours et d'interventions plus spécifiques et plus individualisées ».

Ces enfants « résistants » à un soutien ou une remédiation habituelle (non spécifique), dont les performances n'évoluent pas ou peu, en dépit d'un apprentissage renforcé et adapté, sont en effet ceux qui sont susceptibles de présenter un *trouble*, un dys-, et doivent être évalués en ce sens.

La recherche de ces éléments distinctifs entre difficultés (scolaire, psychoaffective, socio-éducative, pédagogique…) et trouble (pathologie neurodéveloppementale) c'est-à-dire une dyscalculie, est classique et fait partie intégrante du diagnostic de dyscalculie. C'est aussi la signification de la condition qui stipule, dans la définition des dys-, que le trouble est *persistant*. Il est persistant parce que résistant aux actions éducatives et aides pédagogiques habituelles bien menées.

L'anxiété des maths ?

Certains (Ashcraft, 2002) mettent en cause une « anxiété des maths » qui pourrait rendre compte, en particulier chez les filles, de faibles résultats (et donc, d'une *difficulté*) : peu de travaux étayent cette hypothèse et on

pourrait *a contrario* s'interroger sur l'*origine* de cette anxiété spécifique et délétère : socio-éducative ? Ou au contraire anxiété générée par la situation d'échec, liée aux troubles non diagnostiqués, non nommés, non explicités, non pris en charge ?

Trouble spécifique *versus* trouble isolé

Comment concilier la notion de trouble spécifique et la fréquence de la co-occurrence d'un autre dys-, en particulier la grande fréquence des dyslexies associées aux dyscalculies ?

- L'*association avec une dyslexie* signifie-t-elle que le trouble du calcul n'est pas « spécifique » ? Un très intéressant travail (Landerl et al., 2004) compare des enfants de 8–9 ans sélectionnés sur leurs difficultés isolées en calcul, ou isolées en lecture, ou présentant les deux associées. Dans les tâches numériques, les enfants contrôles et les dyslexiques ont des performances identiques. Que la dyscalculie soit isolée ou associée à une dyslexie ne change rien aux performances en calcul : les enfants dyscalculiques ou dyslexiques + dyscalculiques échouent uniquement dans toutes les tâches numériques. La dyslexie n'a pas d'influence sur les troubles du calcul, ce qui est en faveur de l'hypothèse selon laquelle *la dyscalculie est dans les deux cas spécifique, qu'elle soit isolée ou associée à la dyslexie.* Il s'agit donc de deux troubles spécifiques associés (comorbidité). Les auteurs concluent que la dyscalculie résulte d'un déficit spécifique des processus numériques de base (et non de déficits dans d'autres habiletés cognitives).
- Des dyscalculies *secondaires* à un autre trouble cognitif en amont peuvent s'accompagner de troubles des apprentissages dans d'autres domaines que le nombre et le calcul. Des troubles des traitements spatiaux ou un déficit de la mémoire de travail peuvent être responsables de troubles des apprentissages dans le domaine du nombre mais *aussi* dans d'autres secteurs des apprentissages : le trouble spécifique cognitif primaire, en amont (ex. : visuospatial ou mémoire de travail) peut être responsable d'une dyscalculie *et* d'une dyslexie, etc.

Ainsi, le terme de « trouble spécifique » n'est pas synonyme d'*isolé*. *Spécifique* s'oppose à *global* (déficit intellectuel, TSA); trouble s'oppose à *difficulté* (conséquence d'une insuffisance socio-éducative ou pédagogique).

Tests

Différents tests centrés sur les activités numériques sont à la disposition des cliniciens. Idéalement, ils doivent permettre d'explorer :

- les différentes représentations du nombre (analogique, orale, graphémique, indo-arabe) et les transpositions d'un code aux autres ;
- les connaissances déclaratives verbales (faits arithmétiques), les connaissances procédurales (comptages, routines et algorithmes de calculs), les connaissances conceptuelles (signification des opérations et principes mathématiques) ;
- la mémoire de travail et les fonctions exécutives (planification, flexibilité, inhibition des routines non pertinentes).

Les résultats doivent être issus d'un étalonnage validé en fonction de l'âge et du niveau scolaire dans le pays considéré (les apprentissages et les exigences peuvent être très sensiblement différents d'un pays à l'autre, y compris au sein des pays francophones).

Le tableau 7.2 récapitule les caractéristiques des principaux tests dédiés au nombre et au calcul.

Les résultats des enfants doivent évidemment être confrontés au cursus scolaire et aux difficultés signalées en situation scolaire, aux résultats aux échelles de Wechsler, et, selon le contexte clinique, à d'autres épreuves complémentaires (attentionnelles, exécutives, langagières, mnésiques…).

Enfin, au sein des trois premiers tests cités, on peut regrouper les épreuves, selon les besoins et les résultats des enfants, en fonction de systèmes et sous-systèmes cognitifs plus ou sollicités :

- épreuves évaluant le sens du nombre (estimation, ligne numérique mentale, compteur de vitesse, estimation de quantités) *versus* celles utilisant les représentations symboliques ;
- épreuves sollicitant les fonctions verbales *versus* les fonctions visuospatiales (dénombrement, numération arabe, pose et résolution des opérations) ;
- épreuves réclamant essentiellement de la mémoire de travail ou d'autres fonctions (langage, fonctions exécutives…).

Tableau 7.2. Principaux tests.

Tests	Domaines évalués, épreuves proposées	Contexte théorique
Tedi-math, 2001 Van Nieuwenhoven C, Grégoire J, Noël, MP (ECPA)	**5–8 ans ; moyenne section maternelle → CE2** Comptage et dénombrement, systèmes numériques (oral, arabe, base 10, transcodage), opérations logiques sur les nombres-arithmétique, estimation de grandeur (*pattern* de points, nombres en chiffres arabes)	Psychologie du développement et psychologie cognitive
Zaréki-R, 2006 Dellatolas G, Von Aster M (ECPA)	**CP → CM2** – Dénombrement de points, comptage oral à rebours, dictée de nombres, calcul mental, lecture de nombres – Positionnement de nombres sur une échelle verticale, répétition de chiffres, comparaison de nombres oraux, estimation visuelle de quantités, estimation de quantités en contexte, comparaison de 2 nombres écrits	Psychologie du développement et psychologie cognitive
Numérical, 2000 Gaillard F Actualités psychologiques (Lausanne, Suisse)	**7–10 ans** **Échelle passation collective** – *Échelle qualitative* : suite digitale, comparaison alphabétique, transcodage 1-un, dictée digitale, césures alphabétiques, connaissances numériques précises – *Échelle quantitative* : comparaison digitale, calcul écrit conventionnel, transcodage un-1, bonne écriture, droite à graduer, calcul écrit arrondi **Échelle passation individuelle** : – *Échelle qualitative* : répétition orale, lecture alphabétique, dénombrement, comparaison orale, estimation de quantité en contexte – *Échelle quantitative* : comptines, nombre mal enregistré, calcul oral, lecture digitale, ordre de grandeur, combien de chiffres, compteur de vitesse	Psychologie du développement et psychologie cognitive + Neuropsychologie
UDN-II, 1999 Meljac C et Lemmel G (ECPA)	D'inspiration piagétienne, il propose une évaluation selon 3 niveaux : enfants des classes maternelles (4 ans → 6 ans) ; enfants de 6 à 8 ;11 ans et ceux de 9 à 11 ans.	Piagétien classique

Trouble du sens du nombre

Ce diagnostic réfère à un déficit (une immaturité, une atypie, une anomalie) des compétences précoces dans le domaine numérique : perception de la numérosité, *subitizing*, représentation spatiale de la magnitude sur une « ligne analogique ».

Une controverse d'arrière-garde ?

Certains psychologues contestent l'existence (la possibilité) d'un trouble du sens du nombre. Par exemple, « nous n'avons aucune preuve scientifique de l'existence d'enfants dyscalculiques de façon "pure" à cause d'une intuition insuffisante des grandeurs depuis leur naissance » (Brissiaud, 2012).

Des marqueurs spécifiques ?

La recherche de signes caractéristiques d'anomalies intrinsèques du « sens du nombre » est en cours et déjà bien documentée. Elle s'intéresse à plusieurs aspects.

Subitizing

Des études ont montré des anomalies concernant les capacités de *subitizing* chez les enfants

dyscalculiques : plusieurs travaux montrent qu'ils ont des performances différentes des enfants tout-venant *également* dans les tâches de *subitizing* (Schleifer et Landerf, 2011).

Ligne numérique mentale

De nombreux travaux montrent les anomalies de développement de la représentation de *la ligne mentale numérique* chez les enfants dyscalculiques.

Par exemple, Geary et al. (2008) comparent un groupe de 19 enfants dyscalculiques (performances inférieures ou égales au 10e percentile), 43 repérés comme « faibles » (se situant entre le 11e et le 25e percentile) et 50 enfants « typiques » (performances dans la norme), dans une tâche de placement de nombre sur une ligne analogique (fig. 7.16). Les enfants dyscalculiques sont *moins précis* lors du placement des nombres. Noter qu'au cours de la seconde année de scolarité tous s'améliorent mais désormais les élèves « faibles » et les « typiques » ont les mêmes performances, ce qui n'est toujours pas le cas des jeunes dyscalculiques qui progressent aussi mais moins vite que les autres enfants.

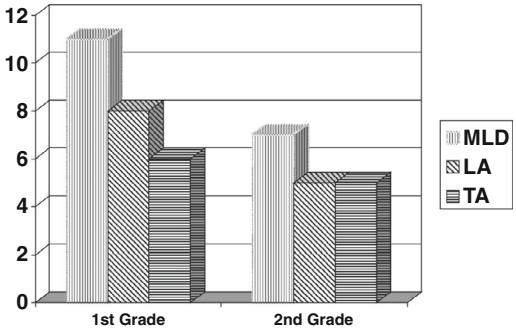


Fig. 7.16. Moyenne des erreurs lors du placement de nombre sur une ligne analogique.
MLD : *mathematical disabled* (dyscalculiques) ; LA : *low achieving* (performances faibles) ; TA : *typically achieving* (développement typique). 1st grade ≈ CP. 2nd grade ≈ CE1. *Source : Geary DC, Hoard MK, Nugent L, Byrd-Craven J. Development of number line representations in children with mathematical learning disability. Dev Neuropsychol 2008; 33(3) : 277–99.*

De même Piazza et al. (2010) montrent que le développement de « l'acuité » du nombre (erreurs lors de comparaison de quantités de points) est caractéristique chez l'enfant dyscalculique : cette acuité évolue à un rythme donné chez les enfants tout-venant, mais nettement moins vite chez les jeunes dyscalculiques, puisque leurs scores à 10 ans peuvent être comparés à ceux d'enfants « typiques » de 5 ans.

Effet de distance

D'autres cherchent à évaluer si les enfants dyscalculiques présentent – ou non – un *effet de distance* (marqueur des capacités d'estimation des quantités).

- Ainsi, Fischer et Marechal-Nicolas (2012) conduisent une étude expérimentale en ce sens auprès de 9 enfants de CE1 diagnostiqués dyscalculiques sur la base de leurs performances aux évaluations nationales ; ils sont appariés chacun (sexe, âge) à 2 élèves « standards » (soit un groupe contrôle de 18 élèves). Ils leur présentent des paires de stimuli (sous forme de dominos) composés de deux chiffres dits « proches » si leur écart est inférieur à 4 et dits « lointains » si leur écart est égal ou supérieur à 4 ; ils enregistrent le temps de réponse. Tous les enfants (dyscalculiques et contrôles) se montrent sensibles à l'effet de distance, *sauf 2 dyscalculiques* (un autre a été écarté du fait que ses réponses « ne s'écartent pas du hasard »). *In fine*, les auteurs concluent « *les élèves dyscalculiques présentent donc un effet de distance ; la revue de question et notre expérience convergent. Un tel résultat conduit donc à exclure l'absence d'effet de distance comme symptôme de la dyscalculie* ». Pourtant, la question se pose pour les 2 enfants sur 8 (ou 3 enfants sur 9 ?) qui ne présentent *pas* cet effet de distance : outre leur échec scolaire sévère, on aurait bien aimé connaître le détail de leurs performances dans différentes tâches numériques, analogiques (lignes analogiques, estimation de quantités, etc.) *versus* symboliques…
- Certains recherchent des traces de l'effet de distance en IRM-f (Mussolin et al., 2010) : les auteurs, chez des enfants de 9–11 ans (2 groupes, contrôlés en QI, mémoire de travail, niveau de lecture…), proposent des tâches d'appariement de nombres indo-arabes *versus* des symboles non numériques (couleurs), les distances entre les stimuli présentés par paires étant contrôlées.

Les résultats montrent :
- que l'activation dans le sillon intrapariétal (IPS) dépend de l'effet de distance entre les nombres chez les sujets contrôles, mais pas chez les enfants dyscalculiques ;
- que l'IPS droit est activé uniquement par l'effet de distance numérique, tandis que l'IPS gauche est activé à la fois par la distance numérique et celle des couleurs.

Ces travaux confortent donc l'idée que la dyscalculie dite « trouble du sens du nombre » pourrait être rapportée à des anomalies dans les aires dédiées au traitement de la magnitude du nombre.

Accès à la magnitude des nombres

Landerl et al. (2004, déjà cités) montrent que les enfants dyscalculiques sont plus lents (que des enfants contrôles ou dyslexiques) pour comparer la magnitude de deux chiffres (mais pas leur taille [fig. 7.17]).

La taille d'un nombre : taille physique *versus* magnitude (fig. 7.17)

Les enfants dyscalculiques (et dyscalculiques et dyslexiques) sont significativement plus longs que les enfants contrôles ou les enfants dyslexiques pour comparer la magnitude de deux nombres (mais non leur taille physique). Le trouble de la représentation sémantique (analogique) est spécifiquement lié à la magnitude (*cf.* tableau 7.3).

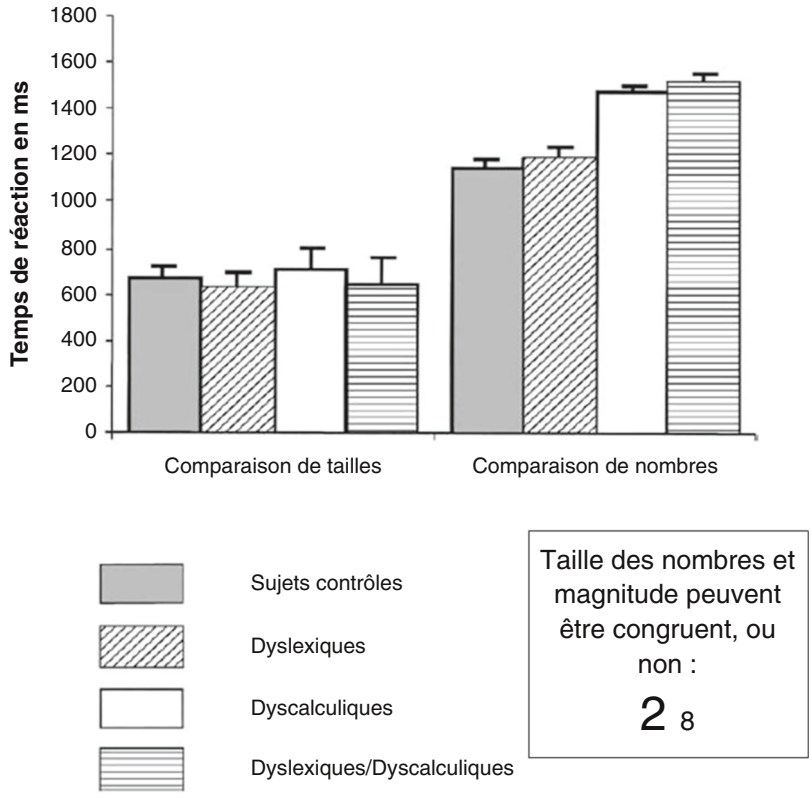


Fig. 7.17. Les effets de la taille physique du nombre et de sa magnitude.
Source : Landerl K, Bevan A, Butterworth B. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities : a study of 8–9-year old students. Cognition 2004; 93 : 99–125.

Symptômes

Les signes caractéristiques de ce trouble vont donc résider dans l'incapacité de l'enfant à *estimer* de façon satisfaisante des quantités, à se représenter la magnitude des nombres qu'il manipule, à les placer de façon cohérente *sur une ligne analogique*.

Cette incapacité à donner « sens » aux nombres, à les apparier à leur versant sémantique, va se traduire *dans toutes les activités numériques*. L'enfant utilise les nombres (mots ou symboles indo-arabes) comme dénués de sens, les manipule « au hasard », ne pouvant comprendre ce qu'on attend de lui.

Ernest, 7 ans, CE1

Ernest est signalé par son école comme étant en grande difficulté avec les nombres et le calcul. Il énonce des nombres au hasard, quelle que soit l'activité proposée. Pour trouver le résultat de 4 + 1, il doit toujours recompter le tout sur ses doigts. La pose et la résolution des opérations, comme tout ce qui a trait aux nombres, sont pour lui un épais mystère (fig. 7.18).

Le « résultat » est obtenu ainsi par Ernest (fig. 7.18) : « On met une retenue » (?) et il inscrit le 1, qu'il entoure. Puis il additionne cette « retenue » avec le 2, puis avec le 1 de 21, trouvant ainsi (après décompte *sur ses doigts*) le 4 qu'il inscrit sous la barre sous la colonne de droite. Ensuite, il reporte ce même 1 de retenue sous la barre à gauche du 4, et il énonce le résultat : 14. Le fait que le résultat de son calcul soit 14 alors qu'il a ajouté deux nombres dont chacun est plus grand que 14 ne l'étonne pas spécialement. Mais il est perplexe si on lui fait remarquer qu'il n'a pas traité le nombre 34 : il ne sait pas quoi en faire…

Un bilan lui est donc proposé. La WPPSI-III, passée antérieurement, montrait l'absence de toute déficience intellectuelle (quotient intellectuel verbal dans l'intervalle 100–115, avec NS = 13 à Similitude et NS = 12 à Identification de concepts). On note des scores plus faibles dans les épreuves visuospatiales : indice de raisonnement perceptif compris dans l'intervalle 90-105 avec une NS = 6 à l'épreuve des Cubes ; à rapprocher d'une NS = 8 à « Flèches » de la NEPSY.

Par ailleurs, la mémoire de travail auditivo-verbale est dans la norme (5 éléments à l'endroit, 3 à l'envers). Dans le domaine numérique, il passe le Zaréki-R (fig. 7.19).

Toutes les estimations de Ernest sont faites *au hasard* (on notera que la réussite au placement de /53/ dit oralement, n'est pas congruente avec l'échec au placement de 59 présenté par écrit). De même pour l'estimation de la quantité de gobelets présentés sur un dessin (fig. 7.19).

Enfin, l'épreuve d'estimation *en contexte* le confirme : il estime que « dix feuilles sur un arbre » c'est beaucoup, de même que « quinze spectateurs » à un match de foot ou « quinze mots dans un livre »…

Il échoue également de façon sévère à la lecture et écriture de nombres (ex. : 138 est lu « un, trois, huit »). En fait, l'échec est massif dans *toutes* les épreuves proposées.

Diagnostic

Le diagnostic est suspecté sur la qualité de l'échec, massif et généralisé à toutes les activités numériques, en particulier par la constatation de performances effondrées aux épreuves d'estimations de quantités, de comparaison de quantités, de placement de nombres sur une ligne analogique, d'évaluation d'un ordre de grandeur, d'utilisation et de manipulation réfléchie des nombres.

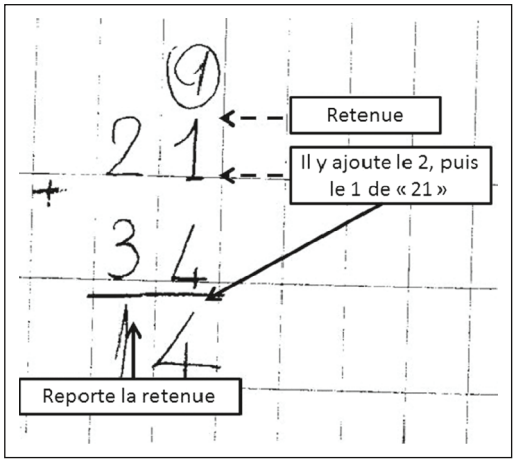


Fig. 7.18. Ernest – Effectuation de l'opération posée : 21 + 34.

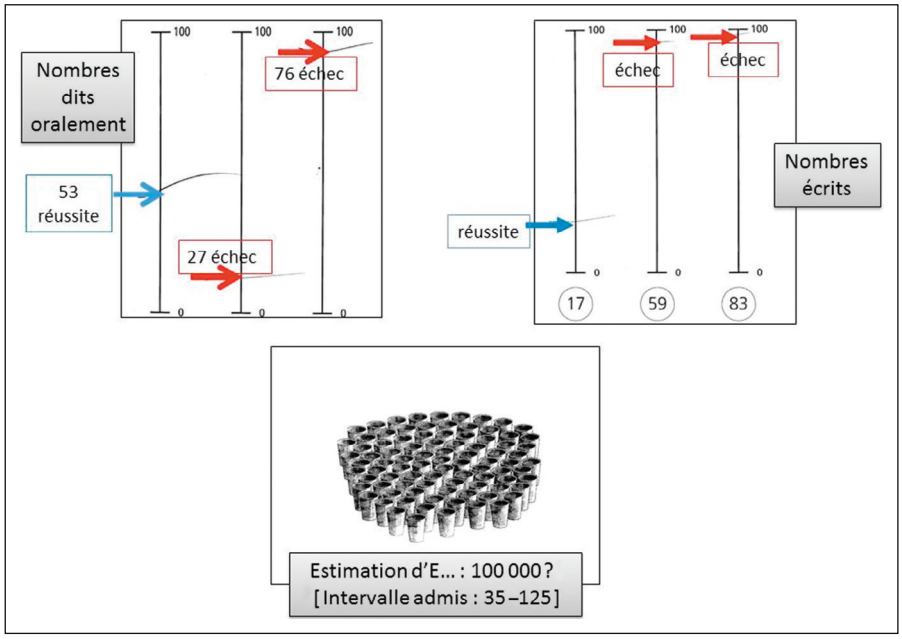


Fig. 7.19. Lignes analogiques verticales bornées et estimation des quantités (gobelets).
L'enfant doit y situer approximativement sur les lignes verticales les nombres dits par l'examinateur ou écrits.

Grands axes thérapeutiques

Les stratégies de rééducation et remédiation cherchent à établir un lien entre nombre et grandeurs représentées par le nombre.

- Les *jeux de plateau* (jeu de l'oie, petits chevaux…) très utilisés avec les jeunes enfants pourraient contribuer à tisser ce lien entre magnitude (représentation de la taille du nombre) et nombre : en effet, à chaque nombre donné (par les dés, les cartes…) correspond un déplacement d'une longueur (d'une taille) proportionnelle au nombre (en avançant de 12 cases quand on a tiré 12, on va « plus loin » que si on a tiré 10 ou 6). Il s'agit donc d'entraîner et de rendre explicite cette expérience (normalement spontanée), qui relie l'expérience perceptive au nombre qui le désigne précisément.
- Le *travail sur le ligne numérique* : Siegler et Ramani (2008) améliorent les performances d'enfants issus de familles de faible niveau socio-éducatif (36 enfants de 4 ans ½) dont les performances sont significativement faibles par rapport à leurs pairs, en leur proposant un entraînement à la ligne numérique (fig. 7.20). Ils n'obtiennent pas d'amélioration en proposant le même jeu mais avec des couleurs. À noter : ce travail ne concerne pas directement des enfants dyscalculiques, mais plutôt des jeunes « en difficulté », peu ou insuffisamment stimulés…
- L'*estimateur* (Villette, 2009) : il s'agit d'un outil informatisé favorisant les interactions entre nombre symbolique (oral, arabe) et code analogique (magnitude), *via* la mise en relation d'estimation du résultat de petites opérations numériques avec une représentation spatiale (analogique), ou le placement de nombres sur une ligne numérique bornée sur laquelle on se déplace avec un curseur. La réponse à un calcul numérique dont le résultat est inconnu de l'enfant suscite des conduites d'approximation successives, jusqu'à la réponse exacte. Une étude (Villette et al., 2010) sur un groupe de 20 enfants de 12 ans en moyenne présentant des résultats faibles au Zaréki-R (les situant dans le premier quartile) montre qu'ils ont plus progressé que les sujets entraînés (sur les mêmes calculs) avec des jeux informatiques faisant appel au calcul verbal exact.
- Le *logiciel «la course aux nombres»* (Wilson et al., 2006) : c'est un jeu destiné aux enfants de 4 à 8 ans. Il se présente sous la forme d'une course

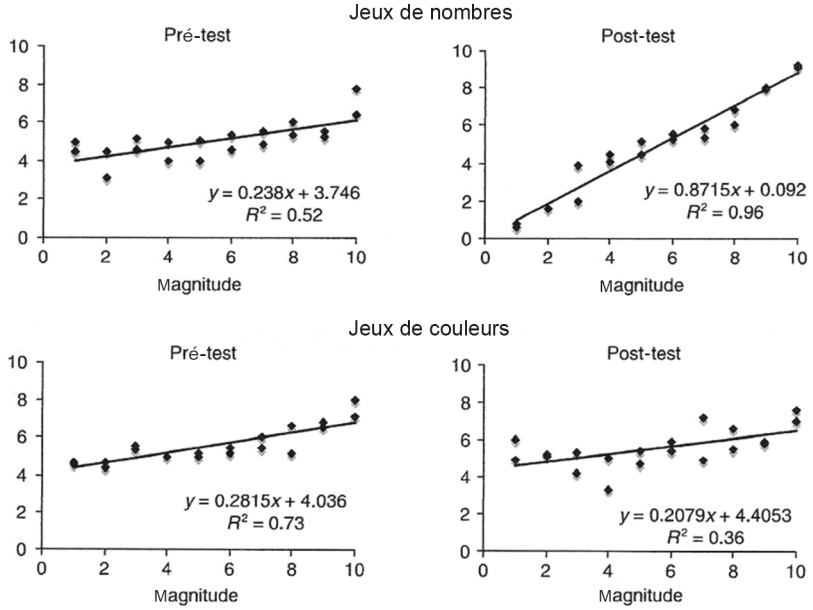


Fig. 7.20.
La ligne numérique des enfants entraînés avec le jeu numérique devient beaucoup plus linéaire, par rapport au prétest et par rapport aux enfants entraînés avec un jeu de couleurs (contrôles). *Source : Siegler RS, Ramani GB. Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. Dev Sci 2008; 11(5) : 655–61.*

entre deux personnages dont l'un est incarné par l'enfant. Pour devancer son adversaire, ce dernier doit résoudre des calculs simples et reconnaître des nombres. Le jeu entraîne les enfants sur des tâches de comparaison numériques. Le niveau de jeu s'adapte aux capacités de l'enfant en jouant sur les dimensions de distance numérique, de vitesse de réponse et de complexité de calcul. Une étude cherchant à valider l'intérêt de ce logiciel dans la rééducation (Verse et al., 2011) a testé en ce sens 48 enfants de CE1, répartis en deux groupes comparables (âge, données psychométriques), alternant pour chaque groupe un entraînement à «la course aux nombres» et un entraînement visuospatial non numérique : labyrinthes, matrices, reconnaissance et copie de figures… Ils constatent une amélioration au post-test (Zaréki-R) pour les deux groupes, correspondant exclusivement à leur période d'entraînement à «la course aux nombres», et ce pour tous les enfants, quel que soit leur niveau initial. Cependant, l'amélioration a porté sur des items tels que calcul mental et problèmes arithmétiques, et non, comme on aurait pu s'y attendre, sur les comparaisons de nombre ou le positionnement de nombre sur une ligne analogique…

Syndrome de Gertsmann

Il s'agit d'une association caractéristique de symptômes : dyscalculie, dysgraphie, agnosie digitale et indistinction droite/gauche. Association d'abord décrite chez l'adulte (en 1924) comme secondaire à une lésion pariétale inférieure (lésion du pli courbe de l'hémisphère majeur), le trouble du calcul s'accompagne d'*une agnosie digitale*, caractéristique du tableau.

Le syndrome de Gertsmann a été retrouvé depuis longtemps (Mazeau, 1989) chez des enfants présentant des troubles neurologiques et chez des enfants sans aucun antécédent neurologique, réalisant un syndrome de Gertsmann développemental (Kinsbourne et Warrington, 1963; Suresh et Sebastain, 2000; Miller et Hynd, 2004; Lebrun, 2005).

Cependant, la question des relations entre ces différents symptômes est encore en débat. En particulier l'agnosie digitale, centrale dans le syndrome, peut être diversement interprétée :

- soit comme un signe associé traduisant (au même titre que l'indistinction droite-gauche), les difficultés à construire le corps propre comme asymétrique; dans ce cas, il s'agirait

alors simplement d'une corrélation fréquente (du fait d'une proximité anatomique), sans lien fonctionnel direct avec la dyscalculie ;
- soit il y aurait un lien de causalité *fonctionnelle* entre le trouble d'identification/reconnaissance des doigts et la dyscalculie : la construction des activités numériques serait négativement affectée par l'incapacité à utiliser de façon fiable les doigts comme collection témoin ;
- soit il pourrait s'agir d'un lien anatomo-fonctionnel *via* la maturation du lobe pariétal : cette association serait alors à rapporter à la proximité (interrelations, recouvrements) des aires cérébrales (pariétales) concernées par le sens du nombre, les traitements spatiaux et les gnosies digitales.

Certaines études suggèrent en effet (*cf. supra*) que les troubles des gnosies digitales, repérés vers 5–6 ans pourraient être prédictifs de difficultés ultérieures en calcul (Fayol et al., 1998).

Symptômes, diagnostic

La plainte initiale concerne en général l'association dysgraphie-dyscalculie.
- La *dysgraphie* est banale, sans caractéristique particulière. Lorsqu'une dyspraxie est présente (non systématique), on rapporte alors habituellement la dysgraphie à la dyspraxie…
- La *dyscalculie* est sévère et complexe, avec des *éléments spatiaux prédominants* (alignements défectueux, inversions de chiffres, difficultés de positionnement des chiffres dans les grands nombres, en particulier les zéros), mais aussi, pour certains, une difficulté à la mémorisation des faits arithmétiques.

Il faut noter que le « sens du nombre » n'a pas été investigué chez les jeunes présentant un syndrome de Gertsmann anciennement diagnostiqué…

L'examen devra rechercher en outre :
- une *indistinction droite-gauche*, rebelle, persistante malgré des années de rééducation en psychomotricité ;
- une *agnosie digitale*. Cette dernière consiste en une incapacité à distinguer les différents doigts de la main, vécus comme identiques (tout comme le corps est vécu comme symétrique). Le pouce est souvent épargné, c'est souvent le seul doigt réellement identifié, qu'il s'agisse d'épreuves orales de dénomination ou désignation des doigts ou d'épreuves tactiles (nommer, toucher ou bouger, de la même main ou avec l'autre main, le doigt touché par l'examinateur).

Le diagnostic est établi lorsque les quatre symptômes caractéristiques sont réunis.

Ce syndrome est peu diagnostiqué, sans qu'il soit possible de dire si c'est lié à sa rareté ou à sa méconnaissance de la part des cliniciens. Par ailleurs, des investigations supplémentaires pourraient désormais venir éclairer la réalité et/ou la nature de ce syndrome : évaluation du sens du nombre, IRM-f…

Grands axes thérapeutiques

La prise en charge est proche de celle proposée dans les dyscalculies spatiales (*cf. infra*).

La rééducation des gnosies digitales et de l'indistinction droite-gauche n'a, en soi, aucun intérêt particulier. L'indistinction droite-gauche est en général bien compensée spontanément par l'utilisation de raisonnements verbaux et de références extracorporelles ou de repères stables (la main qui écrit…).

Certains auteurs (Cracia-Bafalluy et Noël, 2008) conseillent l'entraînement à la reconnaissance des doigts, travail qui améliore les performances des enfants tout-venant dans des tâches numériques (comptage, *subitizing*, dénombrement, additions). La question est un peu différente dans le syndrome de Gertsmann : ce n'est pas par défaut ou insuffisance d'apprentissage ou d'entraînement que l'enfant est en difficulté, mais bien en raison d'une anomalie constitutionnelle concernant l'ensemble de son schéma corporel (droite/gauche), et les rééducations en ce sens sont souvent décevantes.

Il faut donc être très circonspect, chez les enfants dyscalculiques, en ce qui concerne l'utilisation de leurs doigts comme collection de référence, surtout s'ils sont dyspraxiques, s'ils présentent une agnosie digitale ou des difficultés (motrices) à dissocier les doigts.

Il faut alors proposer à l'enfant :
- d'utiliser d'autres collections témoins (bûchettes, cubes…) qu'il maniera avec plus de facilité et d'efficacité, telles des constellations et configurations de points conventionnelles qui doivent être apprises et reconnues d'emblée, *sans* comptage, ou des pictogrammes figurant les doigts de la main ; ou encore les dessins des boîtes « pic-billes » (Brissiaud, livres scolaires) ;

- ou encore de se passer de collections témoins en utilisant les mots-nombres, en entraînant systématiquement l'apprentissage des faits numériques, en sur-développant le calcul mental et les performances en mémoire de travail.

Dyscalculies secondaires

Comme tous les apprentissages, le calcul sollicite de nombreuses fonctions cognitives, de façon interactive et coordonnée. Aussi, les *comorbidités* sont-elles fréquentes, résultant de systèmes cognitifs impliqués dans différents apprentissages. Ainsi, Lewis et al. (1994) montrent que si 1,3 % des enfants de 9–10 ans ont des difficultés isolées en calcul, 3,9 % ont des difficultés en lecture et 2,3 % ont des difficultés dans les *deux domaines*.

Dyspraxie et dyscalculie spatiale (vidéo 10)

Les relations entre nombre et traitements spatiaux sont complexes. D'une part, comme nous l'avons dit, il y a manifestement de larges recouvrements (fig. 7.21). L'implication bilatérale des aires pariétales rend compte de la forte intrication entre traitements spatiaux et activités numériques. *NB.* Le cortex pariétal pourrait être le support du concept général de magnitude, ce dernier recouvrant des représentations spatiales, numériques ou temporelles (Bueti et Walsh., 2009).

D'autre part, la clinique nous démontre qu'il existe aussi une certaine indépendance entre le traitement spatial (analogique) du nombre et les autres traitements spatiaux.

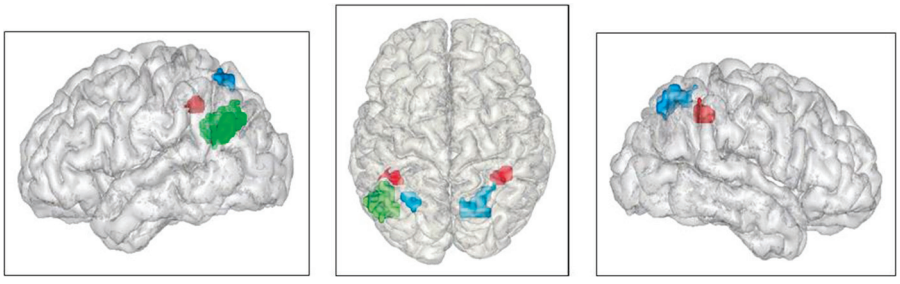
En effet, si quelques enfants dyspraxiques souffrent d'un réel trouble du sens du nombre (*cf.* fig. 7.18 et 7.19), la *très grande majorité* des enfants dyspraxiques présente des troubles des traitements visuospatiaux qui n'affectent *que* les aspects visuospatiaux « de surface » du traitement des nombres (organisation spatiale du comptage, organisation spatiale de la numération indo-arabe et des calculs ainsi réalisés) mais *non* la sémantique du nombre, sa signification, leur ligne numérique mentale.

L'indépendance des traitements espace/magnitude

Des travaux confortent cette constatation d'une dissociation entre les capacités spatiales et représentation de la magnitude (White et al., 2011).

Les auteurs, chez des enfants de la première à la troisième année de primaire (6–8 ans), utilisent de tâches explorant :

- d'une part, leur accès à la magnitude des nombres : dans une tâche de comparaison de nombres, les auteurs jouent sur deux variables :
  - la distance entre les nombres présentés : nulle (8-8), faible (9-8) ou importante (2-9),
  - et des présentations physiques des nombres soit neutres, soit « congruentes »



Hémisphère gauche *Vue du dessus* *Hémisphère droit*

Fig. 7.21. L'implication bilatérale des aires pariétales rend compte de la forte intrication entre traitements spatiaux et activités numériques.
Rouge : gyrus angulaire gauche ; vert : région pariétale supéro-postérieure ; bleu : segment horizontal du sillon intrapariétal. *Source : Dehaene S, Piazza M, Pinel P, Cohen L. Three parietal circuits for number processing. Cogn Neuropsychol 2003 ; 20(3) : 487–506.*

(le nombre qui a la magnitude la plus importante est écrit en plus grand), ou non congruentes (situation inverse). Il s'agit là d'un « stroop » (chapitre 5) numérique (tableau 7.3).

Tableau 7.3. Exemples de chiffres utilisés.

Dimension	Congruent	Non congruent	Neutre
Valeur numérique	1 8	1 8	1 8
Taille physique	2 9	2 9	2 2

- d'autre part, leur accès à l'information spatiale liée aux nombres (jugement de parité, effet SNARC).

Le défaut de corrélation entre les effets Stroop-numérique et SNARC suggère que l'intégration (le traitement) de la magnitude est indépendante de celle de l'information spatiale.

De fait, les jeunes dyspraxiques, dans leur immense majorité, en dépit de sévères troubles visuospatiaux, ne manifestent aucun trouble quant à leurs capacités d'estimation, de représentation analogique, de raisonnement. Leur *« sens du nombre » est intact.*

Jocelyn, 11 ans, CM2 – Dyscalculie-symptôme (dyscalculie spatiale [chapitre 3])

Jocelyn est un jeune dyspraxique, de bon niveau intellectuel (Similitudes, NS = 13, Cubes, NS = 3), normalement scolarisé. Il a une bonne mémoire de travail auditivo-verbale (empan de 6 chiffres à l'endroit, 4 à l'envers). À noter, Flèches de la NEPSY, NS = 7.

Il présente des difficultés en arithmétique, en particulier lors de la pose et la résolution des opérations en chiffres arabes.

Au décours du bilan, on notera en particulier (en opposition avec le cas clinique de Ernest, *cf. supra*) : d'excellentes capacités en calcul mental ; des capacités de raisonnement tout à fait satisfaisantes (stratégie et décision des opérations à faire lors de la résolution de problèmes) ; de bonnes capacités à évaluer la magnitude des nombres (fig. 7.22), ainsi que le montrent ses performances correctes au placement de nombres (oraux ou écrits) sur les lignes analogiques bornées du Zaréki-R.

En ce qui concerne « le compteur analogique » (Numérical), on remarque une notation tout à fait inhabituelle : Jocelyn n'a pas « vu » le compteur de vitesse ; sur le plan perceptif, il a été « happé » par la prégnance du triangle noir inférieur et il a interprété les nombres écrits (0 à gauche, 200 à droite), comme les extrémités d'une ligne horizontale imaginaire

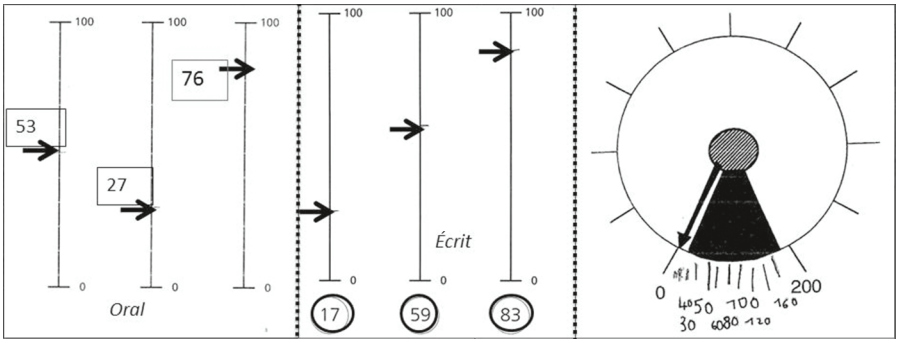


Fig. 7.22. Jocelyn – Représentations analogiques.
À gauche et au centre, lignes analogiques bornées du Zaréki-R. À droite, le « compteur de vitesse » du Numérical.

sur laquelle il a placé (*de façon fort correcte*) les nombres proposés par l'examinateur !
Bien que cette performance à l'épreuve du « compteur de vitesse » soit évidemment non cotable, il est clair, sur le plan *qualitatif*, qu'un trouble du « sens du nombre » peut être écarté.

Symptômes, diagnostic

Sur le plan clinique, l'enfant est en difficulté dans *toutes* les activités visuospatiales[195] (fig. 7.23), même celles sans rapport avec le nombre (Flèches de la NEPSY, reproduction et mémorisation de dessins, figure de Rey, etc.). *A contrario*, il réussit les activités numériques *à condition* qu'elles soient (en partie) dépouillées de leurs caractéristiques visuospatiales (fig. 7.24) : connaissance de la suite des mots-nombres, faits numériques et calcul mental, signification des opérations et utilisation à bon escient, connaissance déclarative des procédures de réalisation des calculs posés en chiffres arabes (calculs qu'il ne peut réaliser).

Pierre, 9 ans, CE (fig. 7.23)
L'enfant tente de poser en colonnes l'opération dictée « 42 + 17 égalent ». Pierre réfléchit puis dit : « ah oui, en colonnes… les chiffres les uns sous les autres… ». Noter également l'écriture du 4 « en miroir » et la disposition des signes + et = .

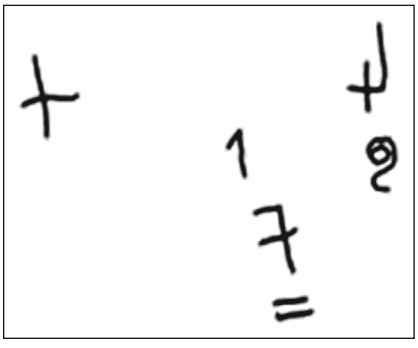


Fig. 7.23. Pierre – Dyscalculie spatiale.

Noah, 7 ans ½, en CE1 (fig. 7.24)
Enfant d'excellent niveau intellectuel (Similitudes, NS = 15, excellente mémoire de travail), il consulte pour dyscalculie. On constate un échec à toutes les additions posées en colonnes (erreurs d'alignements).
Ici : proposition d'addition « à trou » (moins exigeante en ce qui concerne les traitements spatiaux), écrite en ligne, 17 + … = 24.
Noah procède d'abord par surcomptage avant à partir de 17, ce qu'il matérialise par de petites barres : il trouve 8 car il commence son surcomptage à 17 (et non à partir de 18). Immédiatement après et spontanément, il propose : « j'aurai pu dire : de 17 pour aller à 20, ça fait 3 (il l'écrit) et de 20 pour aller à 24, ça fait 4 (il l'écrit), donc, ça fait 7 (4 + 3) ». On voit ici la réussite liée à l'utilisation de connaissances sur la décomposition du nombre et aux petits faits numériques. Par ailleurs, Noah est très bon en calcul mental, en raisonnement verbal et échoue des épreuves visuospatiales non numériques (reproduction de figures dans un repère de points, suivi de lignes enchevêtrées, figure de Rey…).

Les dissociations des performances des enfants (les épreuves verbales étant réussies, de façon absolue ou relative, les épreuves sollicitant les fonctions visuospatiales étant ratées) sont la marque caractéristique de ce diagnostic.

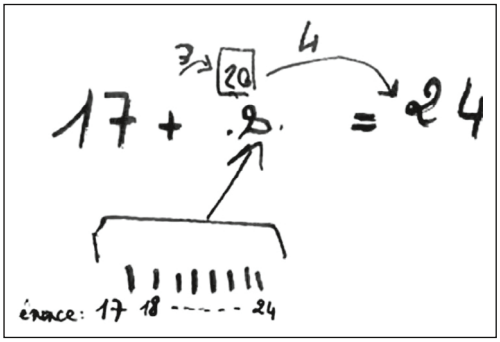


Fig. 7.24. Noah.

[195] et bien sûr, en géométrie…

Grands axes de la rééducation

L'essentiel consiste en deux règles :

- *éviter* les activités visuospatiales ou ne les proposer qu'avec parcimonie et sous le contrôle d'un médiateur averti ;
- *favoriser*, surentraîner et utiliser de façon préférentielle, chaque fois que possible, les compétences logiques, langagières et mnésiques de ces enfants.

Il faut en effet éviter ce qu'on pourrait appeler « l'engluement dans le spatial » (de Barbot, 1989 ; Meljac, 2000). D'une part, le visuel, le spatial, la manipulation effective d'éléments parasitent gravement ces enfants dyspraxiques, ils n'en apprennent rien et cela peut même compromettre des intuitions antérieures, mais plus encore, cela perturbe les compensations spontanées qu'ils ont (ou auraient) pu mettre en place avec succès.

La rééducation des troubles visuo-practo-spatiaux est peu efficace. Ces enfants ne sont pas porteurs d'un « retard » qu'il conviendrait de combler par un entraînement dans le domaine déficitaire. Ils sont atteints d'une pathologie qui les rend inaptes à analyser et utiliser l'espace pour se construire des représentations opérantes.

Au contraire, ils développent des compétences verbales efficientes (logiques, mnésiques, numériques), qu'il faut valoriser, organiser et employer pour les faire accéder aux mathématiques.

L'apprentissage systématique et un entraînement intensif concernant la comptine numérique et les faits numériques constituent le socle de base sur lequel on pourra asseoir les apprentissages.

Pour les aider à coordonner ces apprentissages avec les référents analogiques des quantités, dans un premier temps, on pourra utiliser les représentations conventionnelles des nombres avec les doigts (représentations imagées qu'ils n'auront pas à produire eux-mêmes, du fait de leurs difficultés praxiques à produire ces configurations manuelles), celles des dés, des dominos, ou encore les boîtes pic-billes (R. Brissiaud, livres scolaires), les files numériques (Mazeau et Le Lostec, 2010). Évidemment, cela réclame des rééducateurs et des pédagogues formés à ces stratégies et capables de travailler de conserve.

En classe, les particularités du fonctionnement de ces enfants peuvent être très difficiles à prendre en compte. Les livres et fichiers sont conçus pour le plus grand nombre, utilisant préférentiellement des méthodes où prédominent les dessins figuratifs, les représentations spatiales, les expérimentations manuelles, les collections à dénombrer et à relier, les tableaux, toutes présentations difficiles (voire impossibles) à gérer par ces enfants. Il faut alors compter sur les capacités d'adaptation de l'enseignant, insister sur le fait que les connaissances verbales de ces enfants ne sont pas « plaquées » (interprétation fréquente liée au fait que les acquis sont verbaux, sont déconnectés du « faire » et qu'il y a hétérogénéité au sein des savoirs), qu'il faut au contraire les prendre en compte et les valoriser.

Enfin, on peut s'inspirer des pédagogies déjà menées depuis longtemps auprès d'enfants IMC, chez lesquels ces pathologies sont particulièrement fréquentes (Meljac, 2000 ; Mazeau et Le Lostec, 2010 ; Daffaure et Guedin, 2011).

Mémoire de travail et dyscalculie

Des études montrent une corrélation étroite entre les variables phonologiques (en lien avec les performances en lecture) et dyscalculies (Hecht et al., 2001). L'hypothèse qu'il s'agisse, en amont, d'un déficit de la mémoire de travail (MT) est bien documentée et depuis longtemps (Hitch et McCauley, 1991 ; Kyttälä et al., 2010).

Les performances en MT en début de CP sont corrélées avec la qualité (la maturité, l'efficacité) des stratégies de comptage, de calcul mental, de calcul « réfléchi » et de résolution d'additions (Noël et al., 2004). Le rôle central que joue la MT *aussi* dans les processus de lecture rend bien compte de la fréquente association dyslexie-dyscalculie, déjà signalée.

Von Aster et Shalev (2007) proposent un modèle dans lequel le développement des capacités en MT est un des « moteurs » qui irrigue l'ensemble de l'évolution des performances dans le domaine numérique (fig. 7.25).

MLT et faits numériques

Mussolin et Noël (2008), étudiant des enfants qui présentent de faibles performances dans la récupération des faits numériques et interrogeant l'ensemble de leurs performances en mémoire à long terme (différentes tâches verbales et visuelles en MLT), en comparaison avec un groupe témoin, concluent qu'il s'agit d'un trouble spécifique aux faits numériques, ces enfants ne présentant pas de déficit plus large de leur MLT.

Symptômes, diagnostic

Toutes les épreuves de mémoire de travail sont significativement faibles. Cependant, on note plus particulièrement :

- les anomalies lors de l'apprentissage des faits numériques (erreurs, confusions) ;
- les mauvaises performances en calcul mental ;
- l'impossibilité de gérer différentes opérations, à traiter simultanément plusieurs informations (problèmes) ;
- les erreurs aux transpositions code oral/code arabe, d'autant plus qu'il s'agit de nombres plus grands (problème du maintien en mémoire de travail de l'ensemble des unités phonologiques, de leur segmentation pertinente…).

Grands axes de la rééducation

On préconise une rééducation ciblée d'une part sur les performances en MT (chapitre 4), d'autre part des stratégies qui soulagent la mémoire de travail, notamment en situation scolaire : laisser les énoncés sous les yeux de l'enfant, autoriser le recours à une file numérique, aux tables de Pythagore…

Dysphasies et dyscalculies

Au décours des dysphasies, les déficits sous-jacents aux différents problèmes langagiers (selon le type de dysphasie) peuvent aussi s'extérioriser dans les activités numériques.

- Ainsi, chez l'enfant atteint d'*une dysphasie phonologique-syntaxique* ou de *troubles phonologiques,* la chaîne des mots-nombres est d'un apprentissage laborieux, voire très compromis selon l'intensité de la dysphasie.

Les « particuliers » (de /onze/ à /seize/) et les noms des dizaines sont d'acquisition difficile. Dans les transpositions code oral ↔ code arabe s'extériorisent des erreurs lexicales, mais aussi de nombreuses erreurs syntaxiques. Les faits numériques ne peuvent être mémorisés (ou engendrent de nom-

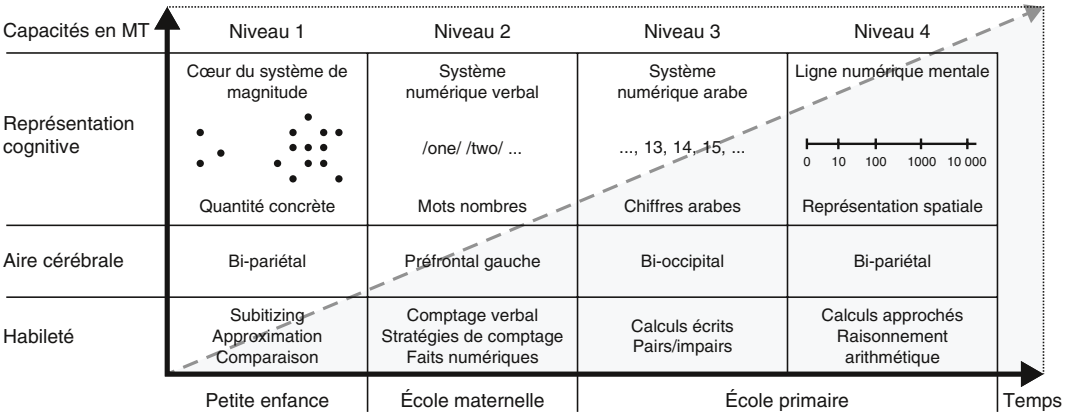


Fig. 7.25. Rôle de la mémoire de travail dans le développement de la cognition numérique.
Source : adapté de Von Aster MG, Shalev RS. Number development and developmental dyscalculia. Dev Med Child Neurol 2007 ; 49 : 868–73.

breuses confusions), le calcul mental ne peut être maîtrisé (fréquent déficit de la mémoire de travail auditivo-verbale) et la compréhension des énoncés de problèmes est inaccessible (faible redondance des informations, importance des aspects syntaxiques).

Au contraire, l'enfant réussit mieux lorsque les informations sont présentées sous une forme visuelle ou visuospatiale (jetons, configurations de points, problèmes en images ou en action), ce qui lui permet de faire la preuve de ses compétences préservées.

- En cas de *dysphasie mnésique* (*ou manque du mot*), la répercussion dans le domaine des nombres peut être prédominante. En effet, les caractéristiques du lexique numérique, en particulier le fait qu'il n'y ait aucune redondance, aucune polysémie, aucune possibilité de synonymie ni de paraphrase, peuvent rendre compte d'un trouble qui s'extériorise d'abord (ou avec plus d'intensité) dans le domaine des mots-nombres, générant alors un déficit cumulatif dans le domaine mathématique.

Dysphasie mnésique et numération

Kevin, fin de CP, présente une hémiplégie droite néonatale et un manque du mot mis en évidence aux tests de dénomination d'images et de dénomination rapide. Bon niveau de langage oral (lexical, syntaxique, pragmatique) et bon niveau de conceptualisation (Similitudes, NS = 13). La conservation du nombre (épreuves piagétiennes) est acquise. Kévin ne peut ni lire ni écrire les nombres sous dictée, qu'il s'agisse des « particuliers » (11 à 16) ou des noms des dizaines.

- *Suite des nombres à l'oral* : après /onze/ et /douze/, il propose, d'un ton interrogatif : « /dix-trois/ ? … /dix-quatre/… ? » et, après trente-neuf, « je sais pas le dire… c'est dans les *quatre-zéro* ».
- *Lecture de nombres en chiffres arabes* : 20 est lu /onze/ après une grande latence durant laquelle, explique-t-il, il réfléchit que « un 1 et un 0, c'est /dix/ ; *juste après*, vient un 2 et un 0, donc ça se dit /onze/ ».
- *Écriture de nombres sous dictée orale :* /quatorze/ → écrit 40 puis 44 (« parce que c'est de la famille des quatre », dit-il) ; /vingt/ → écrit 17 ; /quatre-vingt-quatre/ → écrit : 44 (car c'est doublement de la famille des quatre !).

Grands axes de la rééducation

La rééducation est centrée sur l'accès aux correspondances oral ↔ chiffres arabes, en s'appuyant sur la régularité de construction des nombres *en chiffres arabes*, sur la compréhension et l'utilisation du tableau cartésien. Simultanément, on insistera sur la formulation *explicite* des règles syntaxiques de construction des mots-nombres à l'oral.

En fait, si l'enfant est dysphasique, les problèmes de la communication d'une part, de l'accès à l'écrit d'autre part, sont au premier plan des préoccupations reléguant loin derrière celui des difficultés en calcul.

Mais lorsque l'enfant peut suivre une scolarité, il sera important de lui permettre de compenser partiellement ses troubles. Il faudra donc tolérer le recours aux tables de Pythagore, à l'usage de la calculette (à la fois pour pallier la méconnaissance des faits numériques, mais également pour réduire le coût en mémoire de travail), favoriser des représentations visuelles et visuospatiales (figuratives, graphiques) des transformations, des écarts entre collections, des situations problèmes (problèmes en images, schémas). Les mises en situation et les observations réfléchies d'expériences bien menées pourront généralement permettre à ces enfants de construire des représentations efficaces de la numérosité, des relations logiques (classifications, inclusions…) et des opérations sur le nombre (« méthodes actives », ateliers mathématiques, ateliers de raisonnement logique…). Ainsi, ces enfants peuvent apprendre beaucoup de l'observation et de l'expérimentation dirigée, de Legos® techniques, de balances, d'engrenages, de systèmes électriques, de moteurs, de schémas, de vidéos de démonstration…

Fonctions exécutives et calcul

Lors de troubles de l'attention et/ou de syndrome dys-exécutif (chapitre 5), les troubles du calcul peuvent constituer la plainte initiale, qu'il faudra alors savoir rapporter au problème dys-exécutif sous-jacent. On note des échecs qui infiltrent *tous* les secteurs de la numération, verbaux et visuospatiaux, et la *tonalité clinique* des erreurs de l'enfant est particulière et caractéristique (*cf.* fig. 5.22) :

- réponses impulsives, de type « n'importe quoi », avant même la fin de la question ;
- persévérations, redites inappropriées ;

- demandes permanentes de répétition de la consigne ;
- amalgames et confusions liés aux troubles du choix (dans le champ sémantique restreint de mots-nombres) ;
- absence d'inhibition de schèmes prégnants ou antérieurement automatisés (Borst et al., 2013) ;
- troubles de la stratégie, lors du comptage par exemple (à ne pas confondre avec les incapacités des enfants atteints de troubles visuospatiaux) ;
- incapacité à gérer les différentes étapes d'un calcul, à les combiner, les coordonner.

L'enfant se perd dans des calculs intermédiaires, perd le but de vue, ne peut inhiber des séries automatiques.

Des troubles dys-exécutifs diffusant dans le domaine du nombre et du calcul

▪ Donne-moi 5 jetons : Salah (5 ans ½) donne *tous* les jetons, en déroulant correctement la comptine jusqu'à 16 (nombre *total* de jetons posés devant l'enfant). – « Tu m'as bien donné 5 ? » – « Non, je t'ai donné 16 » – « Très bien, alors maintenant donne-moi 5, seulement 5 » : l'enfant recommence et donne à nouveau *tous* les jetons, incapable de s'arrêter tant qu'il reste des jetons devant lui. Si on l'interroge « tu te rappelles, combien devais-tu m'en donner ? », il répond bien « cinq ». Il n'a pas perdu la consigne mais ne peut pas gérer simultanément le fait de garder « 5 » en mémoire, de dérouler la comptine, de donner les jetons en coordonnant les prises de jetons et la comptine, et de *gérer l'arrêt* au bon moment.

▪ « J'avais cinq jetons. Maintenant, je n'en ai plus que trois. Que s'est-il passé ? » → « Tu en as enlevé 3 ». « Tu te rappelles, j'en avais cinq et je → « tu en as enlevé 5 ! ». « Regarde : j'ai 3 jetons et… → « tu en as enlevé 3 ! » : réponses impulsives, données avant même le rappel de la situation, parasitées par le dernier nombre prononcé par l'examinateur, 3 ou 5.

▪ Problème (énoncé écrit) : J'achète 7 fleurs rouges à 2 euros l'une et 5 fleurs bleues à 1 euro chacune. Je donne un billet de 20 euros à la caisse. Combien me rend-on ? « ça fait… 7 + 2 + 5 + 1 = 15 ; puis : 15 – 20 (sic), on te rend 5 euros ». Justification de Neil (en CM1) qui a résolu (!) le problème en quelques secondes, sans aucun temps de réflexion : « tu *achètes,* alors "on fait des plus", après *tu paies,* alors "on fait des moins" ».

Grands axes de la rééducation

Outre les principes généraux qui président à la prise en charge de cette population, certains auteurs proposent des programmes spécifiques (Montagne, 1997), centrés sur l'attention et la stratégie (repérage des objectifs, sous-objectifs et de l'organisation des séquences). Le séquençage des tâches en étapes successives est souvent efficace s'il est accompagné de techniques d'inhibition des réponses impulsives et des persévérations.

La dyscalculie ne peut être prise en charge indépendamment d'une prise en compte *globale* des fonctions exécutives.

Dyscalculies et syndromes génétiques

Certains syndromes génétiques (syndrome de Turner, syndrome de Williams-Beuren) sont connus pour s'accompagner, dans le domaine des troubles des apprentissages, d'une dyscalculie (Rousselle, 2011). Cependant les anomalies qui sous-tendent ces dyscalculies sont encore mal élucidées. Ainsi, dans le syndrome de Williams, on a mis en évidence des anomalies cérébrales concernant les régions pariéto-occipitales ; les jeunes présentent une dyscalculie de type « visuospatiale », mais cette dernière s'inscrit mais dans un contexte complexe de déficience mentale et de déficit des fonctions exécutives.

« Le chemin est encore long du phénotype comportemental au phénotype cognitif » (Rousselle, 2011).

Au total

S'il existe bien des dyscalculies isolées (certainement sous-estimées) on les rencontre souvent associés à d'autres troubles : troubles de la lecture, TDA/H, troubles visuo-practo-spatiaux ou autres (déficits en mémoire…). La dyscalculie a alors des colorations cliniques différentes. Elle ne doit pas être négligée : elle constitue en effet un domaine supplémentaire d'échec pour l'enfant en situation scolaire déjà précaire, échec malheureusement encore trop souvent interprété comme le reflet de faibles capacités intellectuelles (ce qui conduit alors quelquefois pédagogues et rééducateurs à douter de la réalité même des troubles dys-allégués).

Cependant, le pronostic scolaire est d'autant plus compromis que l'enfant présente une association de troubles : le projet doit être adapté et mesuré, tant dans son rythme que dans ses finalités.

Conclusion

Les échecs en mathématiques sont monnaie courante, concernant une proportion importante d'enfants scolarisés, ce qui a suscité de nombreux travaux parmi lesquels :

- des critiques de certaines méthodes pédagogiques[196] habituellement utilisées dans le cursus scolaire, suggérant que nombre des difficultés de l'enfant tout-venant pouvaient être en lien avec des erreurs (ou des insuffisances) pédagogiques ;
- des suggestions concernant les enfants « à risque », *en difficulté* non spécifique, souvent issus de milieux socioculturels défavorisés. Les jeux de plateau constitueraient un complément éducatif efficace, favorisant la coordination entre numérosité et ligne numérique mentale, renforçant le lien entre nombres et espaces (Griffin, 2004 ; Siegler et Ramani, 2008), ou encore un entraînement explicite au positionnement de nombres sur la ligne numérique mentale.

Toutefois, ces approches concernent les enfants *en difficulté* dans les activités numériques.

Pour les enfants *dyscalculiques*, présentant des troubles *spécifiques* (dont le facteur g est préservé), repérés à partir des dissociations caractéristiques qui émaillent leurs performances, la démarche neuropsychologique donnera des clés, à la fois pour analyser les difficultés (primaires ou secondaires), comprendre les fréquentes associations de troubles dys- et trouver des voies appropriées pour rééduquer et/ou contourner les troubles (tableau 7.4).

Les activités mathématiques sont souvent vécues comme une matière scolaire prestigieuse. La réussite attesterait (croit-on) de « l'intelligence » de l'enfant. Elle permet souvent une orientation valorisante. Mais, au-delà de cette vision réductrice, le calcul est aussi un outil de la vie quotidienne, permettant de résoudre des problèmes banals (d'ajouts, de retraits, d'ordres de grandeurs, d'écarts, de distribution…) et autorisant une bonne autonomie sociale.

A contrario, l'enfant présentant des troubles dans ce domaine pourra se sentir extrêmement humilié.

Tableau 7.4. Les différents types de dyscalculies.

Identifier la nature du problème		Mécanisme sous-jacent		Propositions
Problèmes liés aux interactions avec le milieu	**Difficultés** (≠des dys-)	– Faible niveau socio-éducatif		– Traitement social, et/ou pédagogique – Soutien, renforcement – Remédiations portant sur les obstacles habituels pour les enfants tout-venant
		– Erreurs pédagogiques		
		– Autres		
Problèmes intrinsèques à l'enfant (indépendants d'un trouble cognitif *global*)	**Troubles** (pathologies neurodéveloppementales) **= dyscalculies**	**Primaires** (diagnostics)	– Troubles du sens du nombre	– Jeux de plateau – Course aux nombres, estimateur
			– Syndrome de Gertsmann	– Contourner les éléments spatiaux du nombre – Favoriser le conceptuel et le verbal
		Secondaires (symptômes)	– Dyscalculies spatiales	
			– Déficit en MT (dyscalculie mnésique)	– Entraînement MT
			– Autres : dyscalculie linguistique, mnésique (MLT), dys-exécutive	– Le déficit *primaire* est l'objectif prioritaire

196 Voir aussi les ouvrages de Stella Baruk.

Vademecum

L'Évolution a doté l'être humain d'un module préexistant au développement des habiletés numériques, un *sens du nombre* inné, qui lui permet, dès les premières semaines de vie, de comparer des petites quantités et de reconnaître de très petites quantités (≤3).
Les apprentissages scolaires demandent à l'élève de progressivement optimiser cette première représentation approximative de la quantité. Ils conduisent à maîtriser :
- la quantification précise au-delà de 3, la représentation du cardinal d'une collection, l'accès à la notion d'invariabilité du nombre, le calcul exact… ;
- en lien avec la représentation de la magnitude des nombres.

Pour ce faire, sont engagées diverses facultés : raisonnementales[197], langagières, visuospatiales, mnésiques, attentionnelles et exécutives. Les aptitudes numériques se construisent en empruntant *à l'ensemble* des différentes fonctions cognitives qui représentent les briques nécessaires à l'édification des concepts mathématiques et la mise en jeu des outils.
Tout trouble grave et durable dans ce domaine interroge en premier lieu la logique et le raisonnement en général (le facteur g).
Les dyscalculies ne peuvent s'envisager qu'en référence à cette approche plurielle, neuropsychologique (fig. 7.26).
Les dyscalculies *primitives* (dites encore dyscalculies vraies ou dyscalculies-diagnostics), pathologies du sens du nombre, n'intéresseraient qu'un faible nombre de patients.
Les dyscalculies *secondaires* (dyscalculies-symptômes) témoignent, elles, de pannes dans les divers secteurs de la cognition intervenant dans les différentes facettes de la numération et du calcul.
La démarche neuropsychologique appliquée aux dyscalculies permet de mettre en évidence le ou les mécanismes cognitifs déficients responsables d'un type *précis* de dyscalculie secondaire. Dans ce cas, le symptôme dyscalculie coexiste avec d'autres symptômes scolaires relevant logiquement d'une même cause diagnostique.
Cette démarche organise alors la cohérence d'un projet thérapeutique s'attaquant à la cause en amont, permettant de hiérarchiser des priorités.
Il s'agit ici, impérativement, de proposer un accès à l'arithmétique élémentaire par la modalité de représentation du nombre la plus efficiente chez ce patient. Le diagnostic précoce, représente le préalable indispensable permettant l'anticipation des troubles. On évitera ainsi aux enfants un échec quasi programmé, lié à une pédagogie ne prenant pas suffisamment en compte l'aspect déficitaire.
Cette exigence d'anticipation, rarement satisfaite, rend très certainement compte des troubles persistants constatés chez un grand nombre de personnes dyscalculiques.

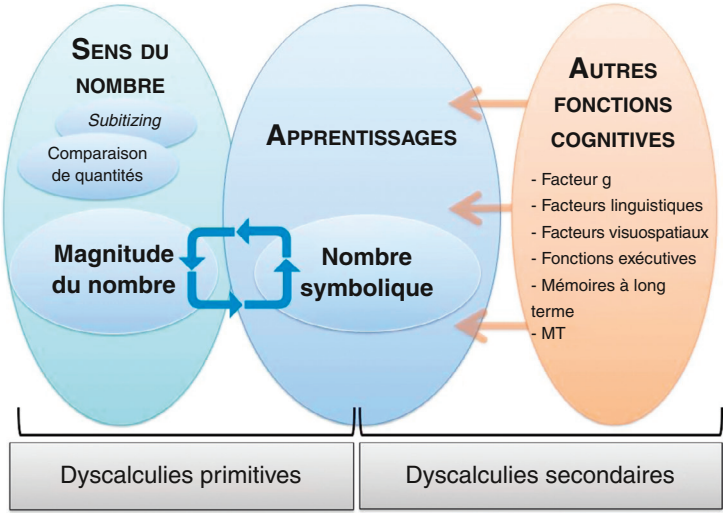


Fig. 7.26. Dyscalculies-diagnostics (primitives) et dyscalculies–symptômes (secondaires).

[197] Le raisonnement «logico-mathématique» recrute essentiellement du «facteur g» (classification, catégorisation, sériation, inclusion).

Pour aller plus loin

Barouillet P, Camos V. La cognition mathématique chez l'enfant. Solal : Marseille ; 2006.

Dehaene S. La bosse des maths 15 ans après. Paris : Odile Jacob ; 2010.

Fayol M. L'acquisition du nombre. Paris : PUF ; 2012.

Habib M, Noël MP, George-Poracchia F, Brun V. Calcul et dyscalculies, des modèles à la rééducation. Paris : Elsevier Masson ; 2011.

Noël MP, Rousselle L, Lépine R, Cansabella S. La dyscalculie, troubles du développement numérique de l'enfant. Marseille : Solal ; 2005.

Van Hout A, Meljac C, Fischer JP. Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant. Paris : Masson ; 2005.

Références

Antel SE, Keating DP. Perception of numerical invariance in neonates. Child Development 1983 ; 695–701.

Ashcraft MH. Cognitive psychology and simple arithmetic : a review and summary of new directions. Mathematical Cognition 1995 ; 1 : 3–34.

Ashcraft MH. Math anxiety : personal, educational and cognitive consequences. Current Directions in Psychological Science 2002 ; 11(5) : 181–5.

de Barbot F, Meljac C, Truscelli D, et al. Pour une meilleure intégration scolaire des enfants IMC ; l'importance des premiers apprentissages en mathématiques. Vanves : CTNRHI ; 1989.

de Barbot F, Meljac C. Les dyscalculies spatiales et leur remédiation. Troubles spécifiques des apprentissages. In : Livret 7. Paris : Signes ; 2004. p. 83.

Baruk S. Fabrice ou l'école des mathématiques. Paris : Seuil ; 1977.

Baruk S. Comptes pour petits et grands. Vol 1 et 2. Paris : Magnard ; 2003.

Berch DB, Foley EJ, Hill RJ, Ryan PM. Extracted parity and magnitude from arabic numerals : development changes in number processing and mental representation. J Exp Child Psychol 1999 ; 74(4) : 286–308.

Brissiaud R. Comment les enfants apprennent à calculer. Paris : Retz ; 1989.

Brissiaud R. Dyscalculiques, ou "mal débutés"? ANAE 2012 ; 120–121 : 503–10.

Borst G, Moutier S, Houdé O. Negative priming in logico-mathematical reasoning : The cost of blocking your intuition. In : de Neys W, Osman M, editors. New Approaches in Reasoning Research - Current Issues in Thinking et Reasoning. New York : Psychology Press ; 2013.

Borst G, Pineau A, Poirel N, Cassotti M, Houdé O. Inhibitory control efficiency in a Piaget-like class-inclusion task in school-age children and adults : A developmental negative priming study. Dev Psychol 2013 ; 49(7) : 1366–74.

Bueti D, Walsh V. The parietal cortex and the representation of time, space, number and other magnitudes. Phil Trans R Soc 2009 ; 364 : 1831–40.

Camos V. Le rôle du langage dans les apprentissages numériques. ANAE 2004 ; 76–77 : 111–6.

Chassy P, Grodd W. Comparison of quantities : core and format-dependant regions as revealed by f-MRI. Cereb Cortex 2012 ; 22(6) : 1420–30.

Cracia-Bafalluy M, Noël MP. Does finger training increase young children's numerical performance? Cortex 2008 ; 44(4) : 368–75.

Daffaure V, Guedin N. Paralysie cérébrale, dyspraxies et troubles du calcul : quelles aides à la construction du nombre et à son utilisation. In : Habib M, Noël MP, George-Poracchia F, Brun V, editors. Calcul et dyscalculies. Paris : Elsevier Masson ; 2011. p. 143–53.

Dehaene S. Varieties of numerical abilities. Cognition 1992 ; 44 : 1–42.

Dehaene S, Bossini S, Giraux P. The mental representation of parity and number magnitude. J Exp Psychol Gen 1993 ; 122 : 371–96.

Dehaene S, Cohen L. Towards an anatomical and functionnal model of number processing. Mathematical Cognition 1995 ; 1 : 83–120.

Dehaene S, Piazza M, Pinel P, Cohen L. Three parietal circuits for number processing. Cogn Neuropsychol 2003 ; 20(3) : 487–506.

Dehaene S, Izard V, Speke E, Pica P. Log or linear? Distinct intuitions of the number scale in Western and Amazonian indigene cultures. Science 2008 ; 320 : 1217–20.

Dehaene S. Fondements cognitifs de l'arithmétique élémentaire, 6e cours. Conférences au Collège de France ; 2008.

Duquesne F, Marchand MH. L'apprentissage des fractions avec des élèves de 6e en difficultés scolaires. In : ANAE ; 2012. p. 569–77.

Ebersbach M, Luwel K, Frick A, Onghena P, Verschaffel L. The relationship between the shape of mental number line and familiarity with numbers in 5-9 years old children : evidence for a segmented linear model. J Exp Child Psychol 2008 ; 99 : 1–17.

English LD, Halford GS. Mathematics education. Mahwah (NJ) : Lawrence Erlbaum Associates ; 1995.

Fayol M, Barouillet P, Marinthe C. Predicting arithmetical achievement from neuropsychological performance : a longitudinal study. Cognition 1998 ; 68 : 63–70.

Ferrand L, Riggs KJ, Castronovo J. Subitizing in congenitally blind adults. Psychonomic Bulletin et Revue 2010 ; 17(6) : 840–6.

Fischer JP, Maréchal-Nicolas M. L'effet de distance peut-il aider à diagnostiquer la dyscalculie? ANAE 2012 ; 120–121 : 547–53.

Fischer MH. Cognitive representation of negative numbers. Psychol Sci 2003 ; 14(3) : 278–82.

Geary D, Hoard M, Hamson C. Numerical and arithmetical cognition : patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. J Exp Child Psychol 1999 ; 74 : 213–39.

Geary DC, Hoard MK, Nugent L, Byrd-Craven J. Development of number line representations in children with mathematical learning disability. Dev Neuropsychol 2008 ; 33(3) : 277–99.

Gelman R, Gallistel C. Child's understanding of number. Cambridge (MA) : Harvard University Press ; 1978.
Gilmore CK, McCarthy SE, Spelke E. Non-symbolic arithmetics abilities and achievement in the first year of formal schooling in mathematics. Cognition 2010 ; 115 : 394–406.
Gréco P. Quantité et quotité. In : Gréco P, Morf A, editors. Structures numériques élémentaires. Paris : PUF ; 1962.
Griffin S. Teaching number sens. Improving Achievement in Maths and Science 2004 ; 61(5) : 39–42.
Hecht SA, Torgeson JK, Wagner RK, Rashotte CA. The relations between phonological processing abilities and emerging individual differencies in mathematical computation skills ; a longitudinal study from second to fifth grade. J Exp Child Psychol 2001 ; 79 : 192–227.
Hitch G, McCauley E. Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. British Journal of Psychology 1991 ; 82(3) : 375–86.
Houdé O. Rationalité, développement et inhibition, un nouveau cadre d'analyse. Paris : PUF ; 1995.
Houdé O. Développement cognitif et fonctions exécutives : inhibition et "faux négatifs". Revue de Neuropsychologie 2000 ; 10(3) : 459–70.
Houdé O, Tzourio-Mazoyer N. Neural foundations of logical and mathematical cognition. Nature Reviews Neurosciences 2003 ; 4 : 1–8.
Inserm, Expertise collective. Dyslexie, dysorthographie, dyscalculie. Paris : Inserm ; 2007.
Izard V, Scann C, Spelke ES, Streri A. Newborn infants perceive abstract numbers. Proc Natl Acad Sci USA 2009 ; 106(25) : 10382–5.
Jarlegan A, Fayol M, Barrouillet P. De 60 à 72 et inversement, une étude du transcodage chez les enfants de 7 ans. Revue de Psychologie de l'Éducation 1996 ; 1 : 109–31.
Jordan KE, Brannon EM. The multisensory representation of number in infancy. Proc Natl Acad Sci USA 2006 ; 103 : 3486–9.
Jordan NC, Levine SC. Socio-economic variation, number competence, and mathematic learning difficulties in young children. Dev Disabil Res Rev 2009 ; 15 : 60–8.
Kyttälä M, Aunio P, Hautamäki J. Working memory ressources in young children with mathematical difficulties. Scandinavian Journal of Psychology 2010 ; 51 : 834–50.
Kinsbourne M, Warrington E. The developmental Gerstmann Syndrome. Arch Neurol 1963 ; 8 : 490.
Knops A, Thirion B, Hubbard EM, Michel V, Dehaene S. Recruitment of an area involved in eye movement during mental arithmetic. Science 2009 ; 324(5934) : 1583–5.
Kobayashi T, Hiraki K, Mugitani R, Hasegawa T. Baby arithmetic : one object plus one tone. Cognition 2004 ; 91 : B23–34.
Kobayashi T, Hiraki K, Hasegawa T. Auditory-visual intermodal matching of small numerosities in 6-month-old infants. Dev Sci 2005 ; 8 : 409–19.
Koechlin E, Dehaene S, Melher J. Numerical transformations in five-month-old human infants. Mathematical Cognition 1997 ; 3(2) : 89–104.
Landerl K, Bevan A, Butterworth B. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities : a study of 8-9-year old students. Cognition 2004 ; 93 : 99–125.
Lebrun Y. Gerstmann' syndrome. Journal of Neurolinguistics 2005 ; 18(4) : 317–26.
Leroux G. Imagerie cérébrale de la résolution d'une tâche numérique adaptée de Piaget chez le jeune adulte. Thèse de doctorat ; 2005, Université de Caen.
Levine SC, Suriyakham LW, Rowe ML, Huttenlocher J, Gunderson EA. What counts in the development of young children's number knowledge ? Dev Psychol 2010 ; 46(5) : 1309–19.
Lewis C, Hitch GJ, Walker P. The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9 to 10-year-old boys and girls. J Child Psychol Psychiatry 1994 ; 35 : 283–92.
Libertus ME, Feigenson L, Halberda J. Preschool acuity of the approximate number system correlates with school math ability. Dev Sci 2011 ; 14(6) : 1292–300.
Marinthe C, Fayol M, Barouillet P. Performances perceptivo-tactiles et performances arithmétiques chez le jeune enfant. Rééducation Orthophonique 1999 ; 199 : 69–80.
Mazeau M. Syndrome de Gerstmann chez un enfant IMC. Neuropsychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent 1989 ; 37(1) : 34–8.
Mazeau M, Le Lostec C. L'enfant dyspraxique et les apprentissages. Paris : Elsevier Masson ; 2010. p. 101–19.
Mazzocco MM, Feigenson L, Halberda J. Preschooler's precision of the approximate number school mathematics performance. PLoS One 2011 ; 6(9) : e23749.
McCloskey M, Caramazza A, Basili A. Cognitive mechanisms in number processing and calculation : evidence from dyscalculia. Brain Cogn 1985 ; 4 : 171–96.
McCloskey M. Cognitive mechanisms in numerical processing : Evidence from acquired dyscalculia. Cognition 1992 ; 44(1–2) : 107–57.
McCrink K, Wynn K. Large-number addition and subtraction by 9-month-old infants. Psychol Sci 2004 ; 15(11) : 776–81.
McCrinck K, Wynn K. Operational momentum in large-number addition and substraction by 9-month-olds. J Exp Child Psychol 2009 ; 103(4) : 400–8.
McGarrigle J, Donaldson M. Conservation accidents. Cognition 1974 ; 3(4) : 341–50.
Melher J, Bever T. Cognitive capacity of the very young children. Science 1967 ; 158 : 142–6.
Meljac C. Accompagner dans ses découvertes mathématiques un enfant IMC. In : La Nouvelle Revue de l'AIS ; 2000. p. 21–30.
Menissier A. Évaluer une activité mentale complexe : la résolution de problèmes additifs. L'Orthophoniste 2002 ; 219 : 19–26.
Menissier A. Les mots du vocabulaire mathématique. Rééducation Orthophonique 2005 ; 222 : 121–48.
Menissier A. Analyser, comprendre et travailler les problèmes arithmétiques. In : Noël MP, George-Poracchia F, Brun V, editors. Habib M. Elsevier Masson : Calcul et dyscalculies. Paris ; 2011. p. 79–129.
Miller CJ, Hynd GW. What ever happened to developmental Gerstmann's syndrome ? Links to other pediatric,

genetic, and neurodevelopmental syndromes. J Child Neurol 2004 ; 19(4) : 282–9.
Miller KFCM, Zhu J, Zhang H. Preschool Origins of Cross-National Differences in Mathematical Competence : The Role of Number-Naming Systems. Psychol Sci 1995 ; 6(1) : 56–60.
Montagne M. Cognitive stategy instruction in mathematic for students with learning disorders. J Learn Disabil 1997 ; 30 : 164–77.
Mussolin C, Noël MP. Specific retrievial deficit from long-term memory in children with poor arithmetic facts abilities. The Open Psychology Journal 2008 ; 1 : 26–34.
Mussolin C, De Volder A, Grandin C, Schlögel X, Nassogne MC, Noël MP. Neural correlates of symbolic number comparison in developmental dyscalculia. J Cogn Neurosci 2010 ; 22(5) : 860–74.
Noël MP, Seron X, Trovarelli F. Working memory as a predictor of addition skills and addition strategies in children. Cahiers de Psychologie Cognitive 2004 ; 22(1) : 3–25.
Noël MP. Finger gnosia : a predictor of numerical abilities in children ? Child Neurology 2005 ; 11(5) : 13–430.
Petit L, Zago L. L'attention et la mémoire de travail visuo-spatiale. In : Houdé O, Mazoyer B, Tzourio-Mazoyer N, editors. Cerveau et psychologie. Paris : PUF ; 2002. p. 377–402.
Piazza M, Giacomini E, Le Bihan D, Dehaene S. Single-trial classification of parallel pre-attentive and serial attentive processes, using functional magnetic resonance imaging. Proc R Soc Lond B Biol Sci 2003 ; 270(1521) : 1237–45.
Piazza M, Facoetti A, Trussardi AN, Berteletti I, Conte S, Lucangeli D, et al. Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. Cognition 2010 ; 116 : 33–41.
Pica P, Lemer C, Izard V, Dehaene S. Exact and approximate arithmetic in an amazonian indigene group. Science 2004 ; 306 : 499–503.
Rivera SM, Reiss AL, Eckert MA, Menon V. Developmental changes in mental artithmetic : evidence for increased functional specialization in the left inferior parietal cortex. Cereb Cortex 2005 ; 15(11) : 1779–90.
Rouselle L. Les difficultés d'apprentissage en mathématiques dans le cadre de syndrome génétiques. In : Habib M, Noël MP, George-Poracchia F, Brun V, editors. Calcul et dyscalculies. Paris : Elsevier Masson ; 2011. p. 45–69.
Schleifer P, Landerf K. Subitizing and counting in typical and atypical development. Dev Sci 2011 ; 14(2) : 280–91.
Séron X, Fayol M. Number transcoding in children : a functional analysis. British Journal of Dev Psychol 1994 ; 12 : 281–300.
Siegler RS, Opfer JE. The development of numerical estimation. Psychol Sci 2003 ; 14(3) : 237–43.
Siegler RS, Ramani GB. Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. Dev Sci 2008 ; 11(5) : 655–61.
Siegler RS, Thomson CA, Schneider M. An integrated theory of whole number and fractions development. Cogn Psychol 2011 ; 62(4) : 273–96.
Siegler RS, Fazio LK, Bailey DH, Zhou X. Fractions : the new frontier of theories of numerical development. Trends Cogn Sci 2013 ; 17(1) : 13–9.
Simon T, Hespos S, Rochat P. Do infants understand simple arithmetic ? A replication of Wynn (1992). Cognitive Development 1995 ; 10 : 253–69.
Starkey P, Spelke ES, Gelman R. Detections of intermodal numerical correspondances by human infants. Science 1983 ; 222 : 179–81.
Starkey P, Spelke ES, Gelman R. Numerical abstraction by human, infants. Cognition 1990 ; 36 : 97–128.
Suresh PA, Sebastain S. Developmental Gerstmann' Syndrome : a distinct clinical entity of learning disabilities. Pediatr Neurol 2000 ; 22(4) : 267–78.
Thomson CA, Siegler RS. Linar numerical-magnitude representations aid children's memory for numbers. Pyschol Sci 2010 ; 21(9) : 1274–81.
Tudusciuc O, Nieder A. Neuronal population coding of continuous and discrete quantity in the primate posterior parietal cortex. Proc Natl Acad Sci USA 2007 ; 104(36) : 14513–8.
Vannetzel L, Eynard LA, Meljac C. Dyscalculie, une rencontre difficile : étude d'une population d'enfants consultant dans un centre de référence pour troubles des apprentissages. ANAE 2009 ; 102 : 13–144.
Vannetzel L. Dyscalculiques ou laissés pour compte ? ANAE 2012 ; 120–121 : 497–502.
Verse C, Hervé J, Dewever A, Habib M. Rééducation du « sens du nombre » : tentative de validation du logiciel « la course au nombre ». In : Habib M, Noël MP, George-Poracchia F, Brun V, editors. Calcul et dyscalculies. Paris : Elsevier Masson ; 2011. p. 154–68.
Villete B. L'estimateur, un programme de remédiation des troubles du calcul. ANAE 2009 ; 102 : 165–70.
Villette B, Mawart C, Rusinek S. L'outil estimateur, la ligne numérique mentale et les habiletés artihmétiques. Pratiques Psychologiques 2010 ; 16 : 203–14.
Von Aster MG, Shalev RS. Number development and developmental dyscalculia. Dev Med Child Neurol 2007 ; 49 : 868–73.
Wilson AJ, Dehaene S, Pinel P, Revkin SK, Cohen L, Cohen D. Principles underlying the desing of « the number race », an adaptative computer game for remediation of dyscalculia. Behav Brain Funct 2006 ; 2 : 19 et 2 : 20.
Wynn K. Addition and substraction by human infants. Nature 1992 ; 358 : 749–50.
White SLJ, Szücs D, Soltész F. Symbolic number : the integration of magnitude and spatial representation in children aged 6 to 8 years. Front Psychol 2011 ; 2 : 392.
Xu F, Spelke ES. Large number discrimination in 6-month-old infants. Cognition 2000 ; 74 : B1–11.
Zebian S. Linkage between number concepts, spatial thinking and directionality of writing ; the SNARC effect and the reverse SNARC effect in english and arabic monolitertes, bilitertes and illiterates arabic speakers. Journal of Cognition and Culture 2005 ; 5 : 165–91.

Conclusion

CHAPITRE 8

PLAN DU CHAPITRE

La place des différents acteurs

Liens soins-enseignement

Les dys- à l'école

Un problème de représentation des dys-

Un problème de mise en œuvre dans le groupe

Un problème de représentation du rôle de l'AVS

Un problème de représentation des rééducateurs

La place des familles

Projet thérapeutique

Etablir les contours du pronostic scolaire

Bon pronostic

Pronostic réservé

Structurer le projet

Penser les rééducations, leurs objectifs et leurs limites

We have a dream…

Formation des médecins

Formation des paramédicaux

Formation des enseignants

In fine

« Chaque enfant est lancé dans une course d'obstacles où la compétition est impitoyable et où les chutes sont sanctionnées par l'affectation à des parcours d'ampleur limitée. (…) Non seulement l'école, mais la vie entière a été transformée en une succession d'attentes ; le succès n'est jamais vécu comme un bonheur, mais comme la préparation du nécessaire exploit qui doit suivre. »

Albert Jacquard. *Au péril de la science ?* 1982

Apprendre, développer ses savoirs et savoir-faire, grandir, s'épanouir à l'école, avoir foi dans ses possibilités, s'engager dans sa vie d'adulte avec confiance et assurance : c'est le défi que chaque enfant doit relever, le parcours que chaque parent souhaite pour son enfant.

Les capacités d'apprentissage dont l'enfant dispose sont l'élément clé de ce challenge. Or, les facteurs qui déterminent ces capacités sont multiples et en partie interdépendants (fig. 8.1). Parmi eux, ce sont les aptitudes cognitives du sujet, leur développement, leurs interactions, leurs dysfonctionnements éventuels – les dys- – qui sont l'objet de ce livre.

Nous avons montré combien la compréhension des mécanismes cognitifs qui sous-tendent les apprentissages est un outil précieux non seulement pour diagnostiquer les dys-, mais aussi pour concevoir les moyens (thérapeutiques et pédagogiques) à mettre à disposition de ces jeunes.

L'enjeu est d'importance : il s'agit de leur permettre, en dépit de leur dys-, de relever les défis auxquels ils sont confrontés en permanence, depuis leur plus tendre enfance. En effet, à quoi bon comprendre et diagnostiquer, si cela n'est pas suivi de propositions, justifiées et efficaces, qui soulagent l'enfant ?

Un diagnostic n'est pas une fin en soi : c'est au contraire un commencement, celui d'un long chemin de soins, de découvertes de possibilités jusque-là insoupçonnées, d'ajustements quelquefois douloureux, de réussites obtenues de haute lutte, de renoncements. Baliser au mieux cette route, éviter errements ou impasses, est capital. Pour cela il est nécessaire de disposer de repères et de « garde-fous ».

Nous insisterons en particulier sur deux aspects :

- la place de chacun des nombreux acteurs, depuis le repérage jusqu'au suivi efficient, en passant par la phase diagnostique ;
- la structuration du projet thérapeutique.

Enfin, après un bref bilan des avancées de ces dix dernières années (depuis la première édition de ce livre), nous exposerons les évolutions que nous appelons de nos vœux.

Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant
© 2014, Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

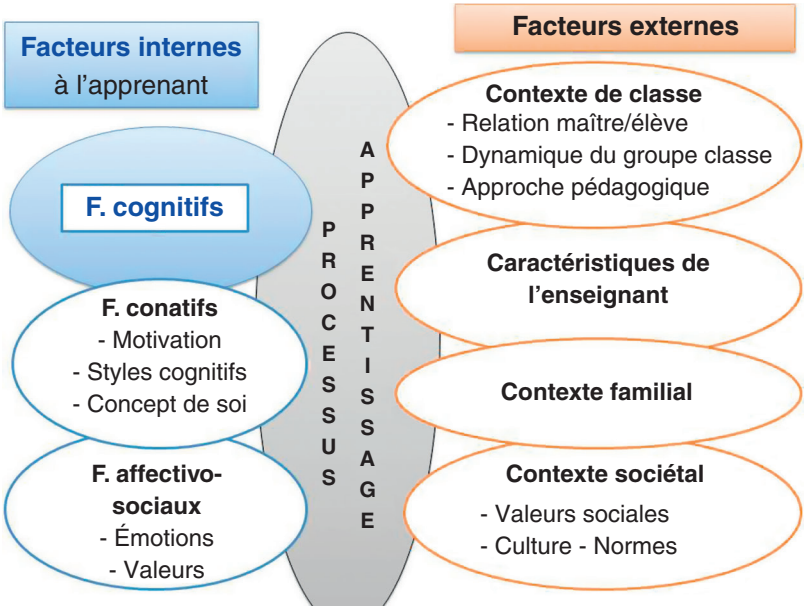


Fig. 8.1. Les facteurs qui influencent l'apprentissage.
F : facteurs. *Inspiré de P. Minier, 2003*[198].

La place des différents acteurs

Tout au long du parcours qui mène des premières inquiétudes jusqu'à l'entrée dans la vie d'adulte, le jeune aura à faire à une multitude de professionnels, simultanément ou successivement. Chacun s'inscrit de fait dans une équipe élargie autour de l'enfant ; il doit s'engager dans une collaboration intense et sincère avec les parents, l'école et les autres professionnels. En effet, chaque professionnel exerce dans son champ de compétences spécifiques, mais de nombreuses zones obligées de recouvrement doivent être coordonnées (fig. 8.2, et *cf.* fig. 1.13).

C'est pourquoi il est important de préciser le positionnement de chacun tout au long de la démarche diagnostique et thérapeutique.

Liens soins-enseignement

La place de chacun n'est pas seulement déterminée par son champ de compétence : elle est aussi directement dépendante *du moment* où il intervient dans ce qui est toujours un très long parcours (fig. 8.3). Elle n'est pas immuable ; elle doit être en constante évolution, accompagnant celle de l'enfant.

Selon ses capacités, ses moyens d'action, chacun pourra aider au dépistage, participer au diagnostic, collaborer à la prise en charge (fig. 8.3). Il doit connaître précisément ses limites (en matière de diagnostic, de capacité de prise en charge) et conseiller éventuellement l'intervention complémentaire d'*autres* spécialistes. Dans tous les cas, il lui faudra prendre les contacts efficaces avec les autres intervenants (souvent *via* les comptes rendus remis aux parents, la participation aux réunions, des contacts téléphoniques) et organiser les collaborations nécessaires.

Les médecins, en charge de faire une synthèse des observations et évaluations des différents professionnels impliqués et de proposer une stratégie thérapeutique, doivent connaître les différentes stratégies[199] susceptibles de *limiter le handicap* de l'enfant, afin de :

- justifier précisément les choix stratégiques, c'est-à-dire exposer un projet thérapeutique individuel ;

[198] Minier P. Facteurs qui influencent l'apprentissage scolaire. 2003 (http : //wwwens.uqac.ca/~pminier/act2/gra2.htm).

[199] La formation des neuropsychologues ne les prépare aucunement ni à coordonner des rééducations/aides scolaires, ni à guider les rééducateurs.

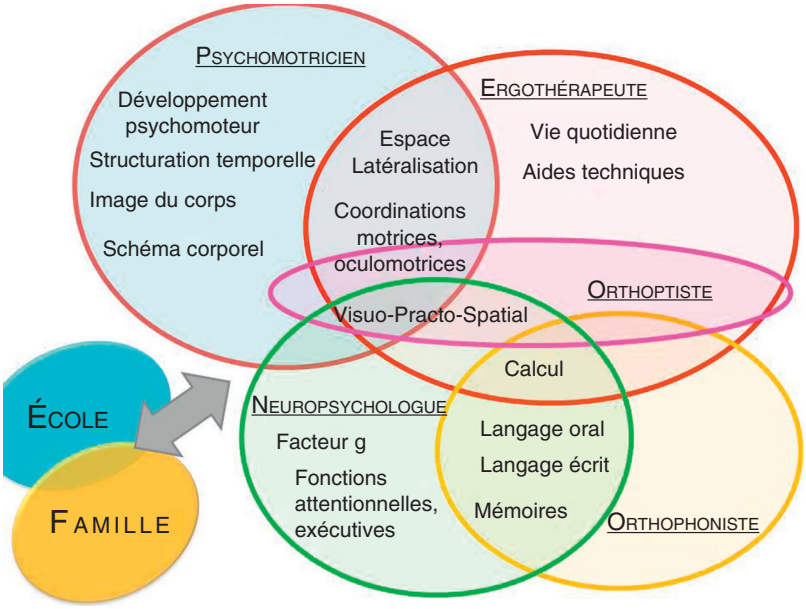


Fig. 8.2. L'éventail des compétences de chaque intervenant et leurs intersections.

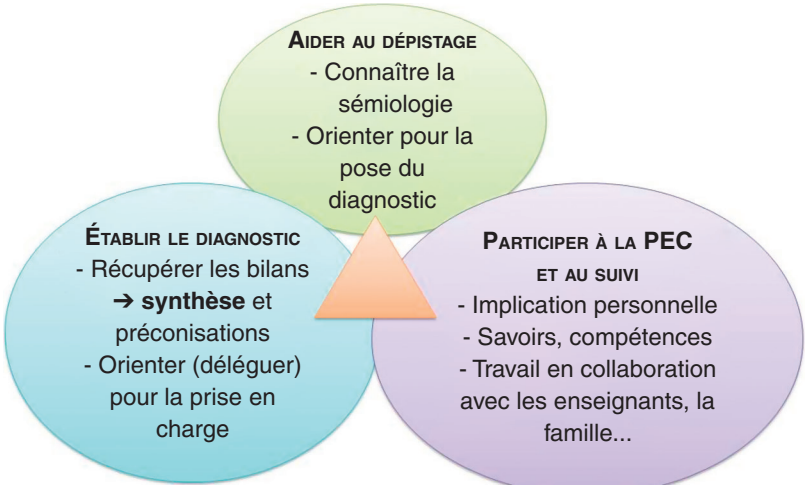


Fig. 8.3. Les professionnels : des rôles différents à chaque étape du parcours.
PEC : prise en charge.

- organiser la collaboration des différents acteurs concernés ;
- maintenir le cap vers les objectifs essentiels du projet au fil du temps, ou bien les modifier en fonction de l'évolution du jeune ;
- conseiller les méthodes à développer pour les atteindre.

Le projet thérapeutique, réalisé par les rééducateurs en lien avec la famille, les enseignants et l'auxiliaire de vie scolaire éventuel, est conduit sous la responsabilité du médecin coordonnateur pour la partie « soins », et sous la responsabilité de l'enseignant référent[200] (en lien avec la MDPH) pour la partie « adaptations et suivi scolaires ». L'accord éclairé de la famille et du jeune (après explicitation des objectifs visés, des performances et des limites attendues) est indispensable.

[200] Si nécessaire, en lien avec les IEN-ASH (inspecteurs de l'Éducation Nationale, chargés de l'adaptation scolaire et de la scolarisation des élèves handicapés).

Le projet comprend en effet obligatoirement deux volets étroitement liés : une partie soins/remédiations et une partie « aide à la scolarité ». Ce lien, absolument fondamental, est matérialisé par la rédaction (par la Commissions des droits et de l'autonomie des personnes handicapées [CDAPH]) d'un projet personnalisé de scolarisation (PPS). Ce PPS, auquel participent chaque professionnel (du soin et de l'école) et les parents, précise les conditions dans lesquelles les apprentissages scolaires doivent être conduits : aides techniques et/ou humaines, aménagements, adaptations, dispenses, parcours de scolarisation, etc.

Seul le PPS permet que parents, professionnels du soin et équipe éducative (école) travaillent en synergie. Seul le PPS permet la continuité des actions dans le temps, d'une année à l'autre, d'une classe à la suivante. Seul le PPS *garantit* l'exécution du projet puisque la loi stipule qu'il *s'impose* à tous.

Toutes les autres dispositions (projet d'accueil individualisé [PAI], projet d'accueil personnalisé [PAP], programme personnalisé de réussite éducative [PPRE]…) constituent plutôt des recommandations et des accords amiables, qui seront plus ou moins respectés, en fonction de la compréhension des troubles, de la formation et de la disponibilité des uns et des autres.

Cette logistique, certes exigeante, permet néanmoins de penser *efficacement* les aides et compensations à un moment donné, tout en garantissant à la fois la pérennité du projet au fil des ans et son évolution dynamique, en fonction des besoins.

Les dys- à l'école

Par définition, les troubles dys- sont des pathologies médicales (neurodéveloppementales) dont les symptômes se manifestent pour une part importante à l'école. La coordination *obligée* entre les deux institutions, médicale et pédagogique, est prévue et encadrée par la loi[201].

Cependant, sur le terrain au quotidien, de nombreux problèmes surgissent qui, au mieux limitent les effets des mesures souhaitables, au pire les annihilent. En effet, doivent travailler de conserve des professionnels ayant une interprétation contradictoire du symptôme (trouble *versus* difficulté scolaire), des missions différentes (soigner *versus* enseigner), des expériences et des contextes d'interventions distincts (l'individu *versus* le groupe).

Les obstacles à une coordination efficace ne peuvent se réduire à des problèmes de personnes. Il s'agit plus fondamentalement d'une incompréhension « idéologique », reflétant les choix professionnels et les philosophies institutionnelles différents.

Un problème de représentation des dys-

La représentation que se fait l'école de l'enfant apprenant peut faire obstacle à la compréhension des troubles d'apprentissage de l'enfant dys-.

En effet, la croyance implicite sur laquelle repose la scolarité est que *tous* les enfants disposent *a priori* des mêmes capacités d'apprentissage. La mise à jour, depuis une vingtaine d'années, d'enfants souffrant de pathologies dys- bouscule cette conviction.

Par ailleurs, les enseignants sont *normalement* confrontés, au sein du groupe classe, à certains jeunes en difficulté globale ou dans certains secteurs particuliers des apprentissages. Leur *mission* est d'amener progressivement chaque enfant « qui ne sait pas encore » aux divers savoirs qui lui ouvriront une meilleure compréhension du monde. Paradoxalement, l'enfant dys- semble particulièrement ressortir de ce rôle et c'est certainement là un des principaux points d'achoppement.

Le système scolaire assimile plus ou moins consciemment l'enfant dys- à un enfant insuffisamment entraîné, ou bien encore « immature », qu'il conviendrait donc d'entraîner plus, ou plus longtemps[202]. Ce désir de gommer le déficit (bien compréhensible, mais illusoire)

[201] Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées.

[202] Ce que, dans un autre ouvrage, nous avons appelé *« toujours plus de la même chose qui ne marche pas »*. Mazeau M, Le Lostec C. *L'enfant dyspraxique et les apprentissages*. Paris : Elsevier Masson ; 2010.

rencontre objectivement celui de l'enfant et des parents (et même quelquefois celui des rééducateurs), conduisant l'enfant dans une véritable course sans fin qui l'épuise, tandis qu'il consacre l'essentiel de son énergie à masquer son handicap.

Un objectif de « normalisation » est alors clairement exprimé : le projet est que l'enfant « fasse comme les autres » (ou s'en approche au plus près). Le terme « d'inclusion » scolaire, qui a remplacé celui « d'intégration » va d'ailleurs dans ce sens, cherchant à banaliser la différence, à nier le handicap (ramené au rang de simple « particularité », reflet de l'unicité de chacun).

Un problème de mise en œuvre dans le groupe

L'idée même de l'aide (humaine, matérielle, pédagogique) est quelquefois difficilement acceptée, souvent vécue au sein du groupe classe :

- comme mettant en péril la notion d'égalité ; or elle doit être légitimée par l'enseignant. Car l'aide vise la compensation d'un handicap, c'est-à-dire justement *le rétablissement de l'équité* (fig. 8.4) ;
- comme stigmatisant l'enfant par rapport à ses pairs : rappelons que c'est le *handicap* qui stigmatise l'enfant, non les compensations. La négation du handicap peut représenter une grande violence pour l'enfant, qui doit faire face à ses impossibilités et à une compétition perpétuellement truquée en sa défaveur ;
- comme dénaturant le fondement même de la pédagogie ou la valeur des évaluations pratiquées en classe : pourtant les propositions d'aménagement ou d'adaptations visent à réduire les difficultés induites par la *forme* en raison du dys-, mais respectent toujours le *fond* (les concepts visés) ;
- comme une atteinte à la liberté pédagogique de l'enseignant au sein de sa classe. Le PPS, instituant (ou contre-indiquant) certaines aides, certains aménagements, certaines pratiques, s'immisce en effet dans les pratiques de l'enseignant. Les dys-, à l'exacte intersection du médical et du pédagogique, légitiment cette intervention conjointe du médical, bien encadrée par la loi.

Un problème de représentation du rôle de l'AVS

Le rôle de l'AVS est souvent mal compris.

D'une part, il s'agit de personnels peu formés au handicap cognitif : ces personnes doivent donc être instruites, *au cas par cas*, des difficultés *concrètes* que rencontre l'enfant dans les différentes situations d'apprentissage.

D'autre part, parents et enseignants expriment fréquemment la crainte que l'AVS, perçue comme « faisant à la place de », limite l'autonomie ou les progrès de l'enfant. Il s'agit là d'une grave erreur de conception du rôle de l'aide individuelle.



Fig. 8.4. Rétablir l'équité, à moyens constants.
Par Carole Fumat.

L'AVS n'est là que pour lever les obstacles qui empêchent la manifestation des progrès conceptuels et raisonnementaux, masqués derrière les dys-.

Pour ce faire, l'équipe éducative doit lui préciser clairement :
- ce que l'enfant peut faire seul, « comme les autres » ;
- ce que l'enfant peut faire avec aides ou adaptations, et préciser lesquelles et à quels moments elles doivent intervenir ;
- ce que l'enfant ne peut pas (ou ne doit plus) faire : on détaille alors qui le fait à sa place, ou bien on stipule explicitement qu'il en est dispensé.

L'autonomie réelle de l'enfant avec un dys- tient à son aptitude à analyser la tâche en fonction de ses forces et de ses limites, pour, *in fine*, savoir quelle aide demander, à qui et à quel moment.

Un problème de représentation des rééducateurs

Les dys- impliquent un lien étroit entre les rééducateurs et l'école. Ceci peut prendre plusieurs formes :
- au minimum, la participation des rééducateurs aux réunions d'équipes de suivi de scolarisation ou de projet ;
- dans l'idéal, des séances réalisées dans les locaux de l'école, favorisant des liens réguliers et constructifs avec l'équipe pédagogique.

La présence régulière des rééducateurs au sein de l'école constitue le fondement d'une compréhension partagée de la problématique de l'enfant, construisant au fil du temps une co-élaboration d'adaptations alors importables en situation de classe.

Les enseignants imaginent quelquefois plus ou moins implicitement que c'est l'orthophoniste qui apprend à lire (ou à compter) à l'enfant, ou l'ergothérapeute qui lui apprend à écrire… Ignorant les objectifs et les techniques de rééducation, ils peuvent alors se sentir en compétition négative avec des professionnels qui auraient pour mission de réussir là où ils craignent d'avoir échoué ! Là encore, c'est confondre :
- l'enfant en difficulté, immature ou peu talentueux dans tel ou tel domaine, qui a en effet besoin d'un renforcement pédagogique ;
- avec l'enfant dys-, handicapé de la lecture, du calcul ou du graphisme, qui réclame des stratégies thérapeutiques spécifiques pour compenser, pallier ou contourner son trouble.

La place des familles

C'est une place difficile, lourde de responsabilités. De nombreux parents sont désormais très bien informés sur le trouble de leur enfant. Les associations de parents, Internet, les livrets d'information, les livres scientifiques et autres sources de diffusion de l'information sur les dys- délivrent des savoirs souvent de grande qualité[203]. À ce titre, les parents deviennent souvent de véritables partenaires des médecins et rééducateurs, participant activement à la recherche diagnostique, discutant avec pertinence des actions à entreprendre, prenant des décisions adaptées engageant favorablement l'avenir de leur enfant.

Néanmoins la place des parents ne peut être celle de spécialistes du handicap (et inversement) :
- les parents ont la connaissance intime et particulièrement sensible de leur enfant (ce sont eux, les *spécialistes* de leur enfant), mais ils n'ont l'expérience que de cet enfant-là, porteur de ce dys- là. Il leur est difficile de se projeter dans le futur ;
- les professionnels sont les spécialistes des dys- et du handicap correspondant. Ils ont l'expérience de dizaines, voire de centaines d'enfants partageant les mêmes caractéristiques. Cette expérience fonde leur capacité à *anticiper* l'avenir et les résultats de certaines décisions déjà expérimentées dans le passé…

[203] Cependant, chaque enfant à la fois répond à ces descriptions et est unique, qu'il s'agisse de l'intensité de son dys-, de son histoire, du contexte dans lequel il évolue… Naviguer en permanence entre le savoir général et l'unicité réclame, une fois encore, coopération étroite entre parents et professionnels.

Ainsi, parents et professionnels se complètent dans la connaissance de l'enfant d'une part, la connaissance du handicap, de son évolution et de son pronostic, d'autre part.

Construire, au fil du temps, cette relation de confiance éclairée avec les familles suppose de « parler vrai », de fournir honnêtement les informations à disposition à un moment donné de l'avancée de la médecine. Considérer les parents comme les partenaires privilégiés, c'est-à-dire certainement les plus à même de participer à la conception et la réussite du projet, c'est aussi reconnaître que ce sont ceux, avec l'enfant lui-même, qui ont certainement le plus besoin d'aide et de soutien. Les difficultés inhérentes au fait d'être parent d'un enfant « *dys*-férent » doivent être reconnues. Soutien psychologique, guidance familiale, disponibilité de chaque professionnel peuvent contribuer à alléger ce poids et faciliter la vie familiale.

La meilleure garantie pour que les décisions les plus appropriées soient prises aux meilleurs moments, c'est qu'une vraie relation de confiance s'établisse entre familles et professionnels.

Projet thérapeutique

Une fois posé le diagnostic de dys-, la synthèse et le compte-rendu final rédigés, la conclusion ne saurait se résumer à quelques lignes de « préconisations générales » déclinant quelques truismes ou stéréotypes accrochés à tel ou tel terme (dyslexie → « travail de la métaphonologie », dyspraxie → « ordinateur », ou encore TDA/H → « Ritaline® »). Pas plus qu'il n'est concevable que « le suivi » ne consiste qu'en une rapide consultation annuelle.

> Une fois le diagnostic établi, c'est la qualité, la pertinence et la structure du projet pédagogique qui conditionnent le présent et l'avenir de l'enfant.

Il doit bien évidemment s'agir d'un « sur-mesure » révisable en permanence. Cependant, l'armature du projet doit être solide, efficace, et s'inscrire dans le temps, prenant en compte de façon hiérarchisée de nombreux éléments (fig. 8.5).

Certaines règles fondamentales permettent de guider le praticien :

- *estimer le handicap* secondaire au(x) déficit(s) constaté(s), afin de *hiérarchiser* les problèmes en fonction de leur impact prévisible sur les apprentissages et la qualité de vie de l'enfant à moyen et long termes ;
- *connaître parfaitement les exigences scolaires,* pour évaluer l'intensité et la nature des systèmes cognitifs particulièrement sollicités par tel ou tel apprentissage ;
- évaluer avec l'enfant et sa famille ce qui, de leur point de vue, est possible et souhaitable ou bien au contraire impossible, voire insupportable. Leur compréhension des répercussions du trouble *à long terme* est indispensable à leur *adhésion* aux choix qu'on leur propose ;
- décrire *précisément* les objectifs et sous-objectifs dans les différents domaines couverts par le projet : les rééducations et remédiations à mettre en place, les palliatifs utiles[204], les adaptations à prévoir, les aménagements nécessaires, les éventuelles contre-indications ou dispenses d'activités… ;
- *anticiper* les exigences (sociales, scolaires) auxquelles l'enfant va se trouver prochainement confronté, pour prendre assez tôt les mesures qui permettront d'y répondre ou de les contourner. Attendre les problèmes pour tenter d'y remédier, c'est la certitude d'arriver toujours trop tard, de mener l'enfant d'échecs en impasses ;
- veiller à la réalisation *effective* du projet, en lien avec les parents et l'enseignant référent ; le maintien du projet *dans la durée* et une bonne *capacité de réactivité et d'intervention* en temps utile sont indispensables. En effet, en dépit souvent d'accord de principe, voire de propositions écrites et signées des différents intervenants, de nombreux « grains de sable » peuvent s'accumuler au quotidien, dénaturer ou compromettre définitivement le projet.

[204] Ce qui nécessite de se tenir informé des rapides avancées techniques.

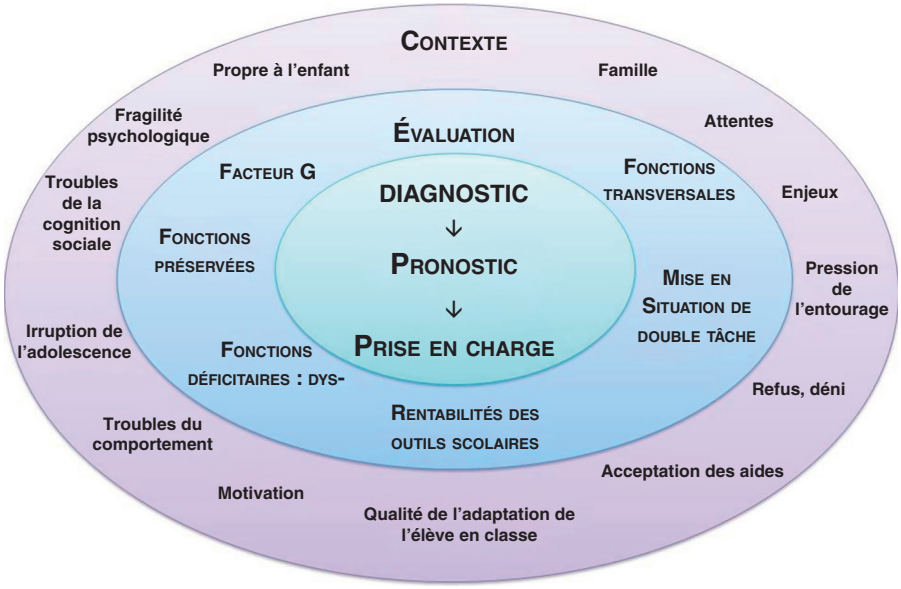


Fig. 8.5. Éléments à prendre en compte lors de la conception du projet.

Tout cela suppose des compétences, l'expérience de la réalité rééducative et scolaire, des habitudes de travail pluridisciplinaire et… beaucoup de temps.

Établir les contours du pronostic scolaire

La conception du projet dépend étroitement d'un *pronostic scolaire* réaliste. Un pronostic n'est pas ni une prédiction, ni un destin. C'est, en médecine, la projection raisonnée des multiples données (points forts et points faibles de l'enfant, contexte, exigences scolaires).

C'est ce pronostic scolaire qui détermine et légitime les choix thérapeutiques à moyen et long termes, dans le domaine des apprentissages.

A priori, tout enfant présentant un dys- doit être scolarisé dans son école de référence, avec un projet qui garantit :

- que les apprentissages fondamentaux pour l'âge et le niveau seront accessibles (ou rendus accessibles) ;
- dans des délais habituels ;
- la préservation des opportunités ultérieures de l'enfant sur le plan social et professionnel.

Cependant le statut de dys- impose une obligation de moyens, non de résultat : le domaine des aléas habituels dans la scolarité, *comme pour tout autre enfant*, passe bien souvent au premier plan.

Bon pronostic

Les éléments en faveur d'un bon pronostic scolaire sont :

- un diagnostic précoce (fin de maternelle, début de primaire selon les troubles et leur intensité) ;
- un bon niveau d'intelligence générale ;
- un dys- modéré et isolé ;
- dans un contexte favorable.

Ces impératifs imposent de se projeter suffisamment loin dans l'avenir, de ne pas se satisfaire d'un « ici et maintenant » illusoires, menaçant à terme le devenir de l'enfant.

Ne nous trompons pas d'objectif : chez des enfants d'intelligence normale, la priorité entre 5 et 16–18 ans, c'est de préserver les apprentissages *en dépit du* trouble dys-.

Bien que cela puisse paraître paradoxal à certains, il faut prendre conscience que plus le pronostic est favorable, plus il est légitime de mettre en œuvre *précocement* des palliatifs et/ou des contournements. L'objectif est en effet de permettre les apprentissages *dans les délais habituels,* afin de préserver des orientations scolaires puis professionnelles de qualité.

Pronostic réservé

À l'inverse, certains éléments, isolément ou associés, peuvent faire porter un *pronostic scolaire réservé* :

- un retard scolaire déjà important au moment du diagnostic (2 ans ou plus) ;
- un niveau de facteur g normal-faible, voire faible ;
- l'existence de dys- aux conséquences transversales ;
- certaines comorbidités ;
- un refus persistant (par l'enfant, les parents, l'école) du diagnostic et/ou des rééducations et/ou des aides proposées.

Dans ces cas, les objectifs du projet, du moins dans son versant scolaire, devront être plus modestes. Il faudra accompagner l'enfant en calibrant bien les exigences, savoir en permanence évaluer sa marge de progrès, l'engager sur des voies réalistes.

S'il faut soutenir à bon escient l'ambition des élèves dys- présentant un bon pronostic, il ne faut pas être jusqu'au-boutiste avec certains autres, aggravant leur mal-être et leur mauvaise estime d'eux-mêmes.

Dans ces cas, rester en milieu ordinaire peut être destructeur. Dans ce contexte, une scolarité en classe spécialisée permet à l'enfant de retrouver une certaine sérénité, une meilleure confiance en lui et de faire des apprentissages à un rythme adapté.

Structurer le projet

Deux grands éléments structurent et donnent cohésion au projet :

- le *diagnostic* qui donne sens à l'éventail des symptômes (et évite de les prendre en compte isolément, comme autant d'éléments disparates et indépendants !) ;
- et le pronostic scolaire (et social) qui permet d'avoir une vision à moyen et long termes des objectifs à privilégier (*cf.* fig. 8.5).

C'est le pronostic scolaire qui permet de *cibler les attentes et les priorités* constituant la charpente du projet thérapeutique.

Le projet doit préciser clairement ce qui doit être :

- *rééduqué* (qui signifie rétablir plus ou moins complètement une fonction), et préciser quel niveau de performance est visé ;
- *pallié* (soulager sans prétendre guérir), et préciser alors en quelles circonstances et de quelle manière, en ayant bien à l'esprit que l'usage du palliatif doit le plus souvent être enseigné et entraîné pour atteindre une réelle efficacité ;
- *contourné* (évité, contre-indiqué), et dire explicitement si l'enfant en est dispensé, ou sinon qui le fait à sa place.

Exigences et compensations doivent être évaluées et adaptées, non seulement en fonction du diagnostic, mais en fonction des besoins et des situations de cet enfant-là, en fonction du handicap généré. Si le diagnostic est fixe et définitif (sauf erreur !), le handicap, lui, est évolutif, fonction des situations, des exigences, du contexte, de l'ici et du maintenant.

Ainsi par exemple, une dyslexie phonologique n'a pas les mêmes répercussions scolaires selon les disciplines (fig. 8.6). De même, les contraintes liées à la tâche en fonction des circonstances, des conditions d'exécution doivent également être prises en compte. À déficit équivalent, des contraintes différentes ne déterminant pas le même handicap ne réclameront pas la même réponse (fig. 8.7). Par exemple, une dysgraphie ne demande pas les mêmes réponses selon les objectifs de l'écrit (dictée, contrôle, prise de notes, etc.).

C'est la subtilité de l'analyse clinique intégrée au pronostic scolaire, qui permet de décliner *concrètement* les différents axes du projet, de préciser les objectifs et les sous-objectifs, de les hiérarchiser et les ordonner dans le temps (ce qui est urgent, ce qui pourra être proposé ou amélioré ultérieurement, etc.).

C'est pourquoi le projet doit aussi être fréquemment *réajusté* (au moins une fois par an), en fonction de l'évolution des différents paramètres : par exemple, certaines activités qui font initialement l'objet d'un contournement peuvent être ensuite réintégrées dans un projet palliatif ou de rééducation, ou inversement (fig. 8.8).

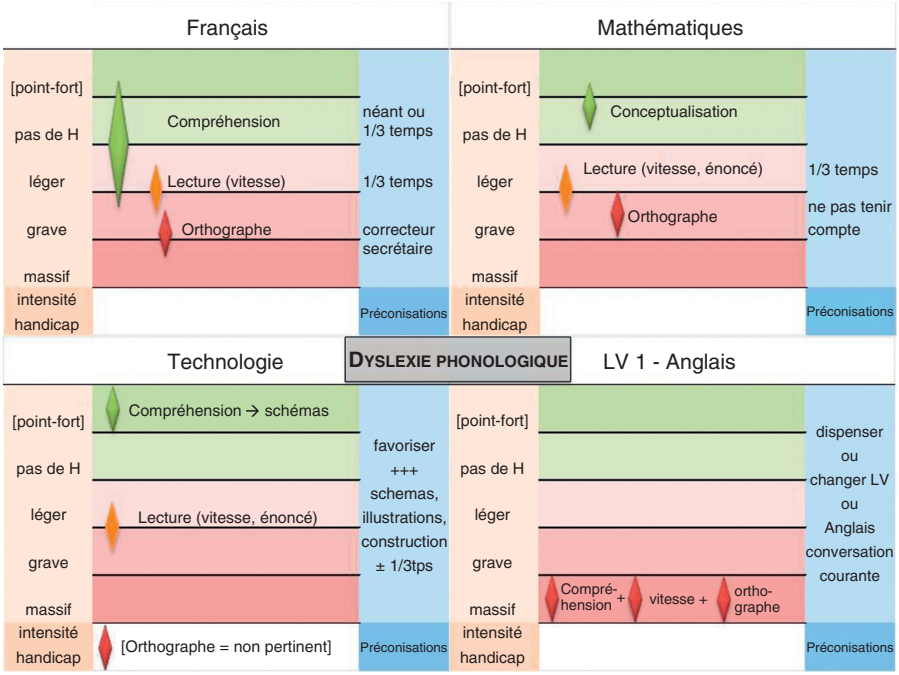


Fig. 8.6. Un même trouble (ici, dyslexie phonologique) induit des handicaps différents selon les tâches.

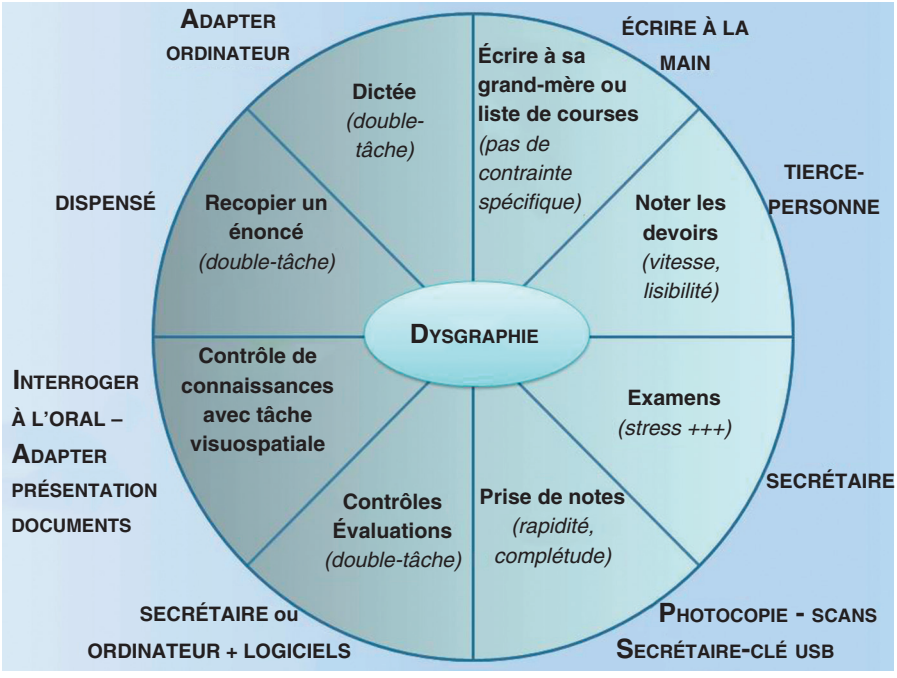


Fig. 8.7. Un même trouble (ici, dysgraphie) ne réclame pas les mêmes réponses selon les objectifs visés.

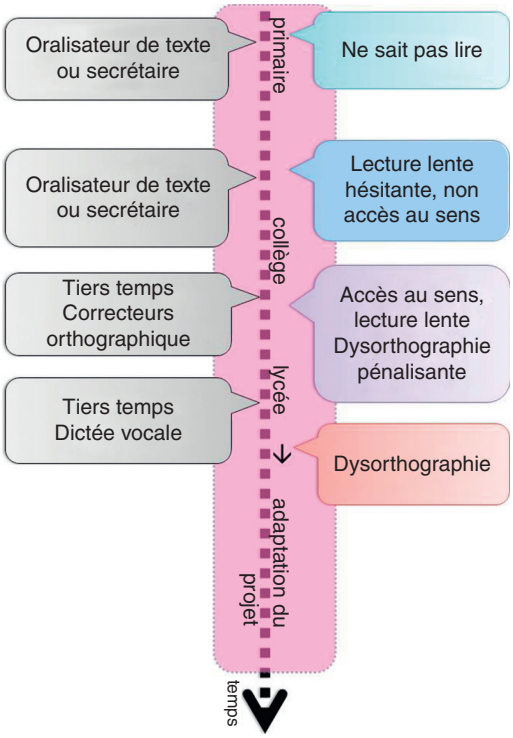


Fig. 8.8. Pour un même trouble (ici, dyslexie), le projet évolue au fil du temps, en fonction des besoins.

Au total, le projet doit absolument :
- être pensé sur mesure ;
- conserver sur le long terme sa cohérence globale ;
- et s'adapter en permanence avec souplesse à l'évolution (du handicap, de l'enfant, de son projet, du contexte…).

Penser les rééducations, leurs objectifs et leurs limites

Les objectifs rééducatifs doivent être clairement définis et explicitement communiqués aux parents et à l'enfant : ce n'est pas toujours le déficit ou le symptôme qui est l'objet premier de la rééducation ; c'est toujours *le handicap*.

Cette stratégie heurte pratiquement tous les intervenants. En effet, les parents, le rééducateur, l'enseignant, mais aussi l'enfant, *tous* souhaitent que le symptôme s'efface. Beaucoup d'adultes considèrent que leur rôle est d'amener progressivement l'enfant dys- à « faire comme les autres ». Car ils n'ont généralement pas conscience que :
- le déficit (le dys-) est une caractéristique intrinsèque, structurelle, de l'enfant : il s'agit d'une « particularité » *stable et définitive*. C'est pourquoi les entraînements dans le domaine du déficit sont sans fin, apportant en permanence des améliorations qui ne permettront cependant pas à l'enfant dys- de « rattraper » ses pairs indemnes (*cf.* fig. 8.9) ;
- si la rééducation peut atteindre partiellement son objectif de limiter le déficit de l'enfant, elle le fait souvent dans des délais incompatibles avec la scolarité, laissant persister, voire s'aggraver le *handicap* scolaire.

En effet, sauf affection évolutive, tous les enfants, même dys-, progressent spontanément entraînés en classe, et bien plus encore lorsqu'ils sont pris en charge spécifiquement, c'est-à-dire lorsqu'ils bénéficient de rééducations ciblées. Des améliorations significatives sont effectivement constatées au fil des mois, tant en rééducation qu'en classe.

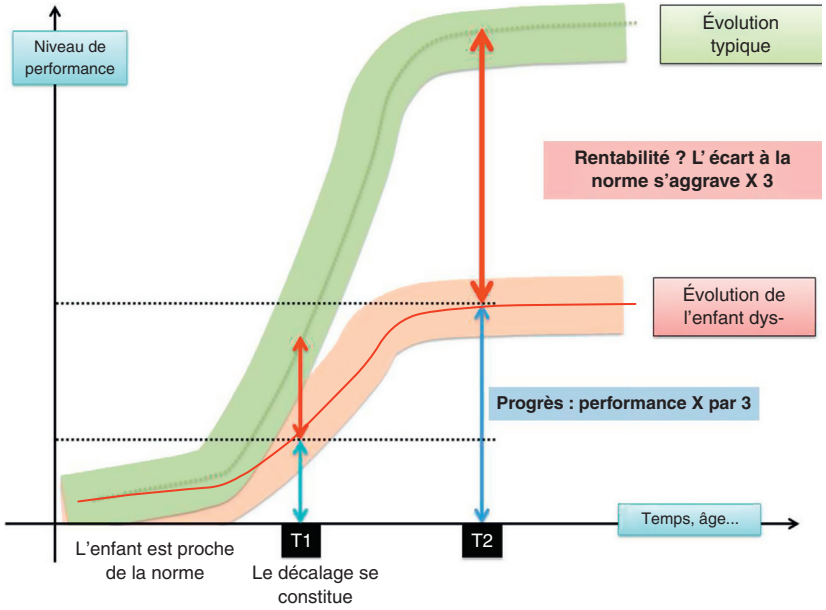


Fig. 8.9. Les diverses significations des progrès de l'enfant.
Flèches rouges : écart à la norme.

Mais constater des progrès n'est ni une fin en soi, ni suffisant. Interpréter leur signification exige simultanément d'être en capacité :

- de *les attribuer aux actions entreprises*[205] (rééducation, entraînements, remédiations) ;
- de vérifier que le niveau de performance atteint est suffisant, que la *rentabilité* de ce qui est rééduqué a du sens eu égard aux exigences scolaires et sociales auxquelles l'enfant est normalement confronté.

Des progrès, quelle que soit leur importance, doivent bien évidemment être mesurés à l'aune de leur efficacité au regard des attentes (scolaires, sociales). Quelle est la signification d'une progression constatée dans le cabinet du rééducateur (ou dans les scores à tel ou tel bilan), s'il n'y a pas d'impact notable dans la salle de classe ?

C'est la non-rentabilité de la performance qui constitue le handicap (fig. 8.9).
C'est la situation constante de double tâche qui constitue le handicap. (vidéo 17)

Il faut donc savoir, dans chaque domaine, à partir de quel niveau de performance (en graphisme, en lecture, en MT, en attention…) l'enfant sera *fonctionnellement efficient* au regard des exigences scolaires liées à son niveau.

Et il faut donc cesser de croire que rééduquer le déficit conduit « évidemment » à limiter le handicap.

Il faut bien distinguer les progrès :

- *par rapport à la performance antérieure* (fig. 8.9) : entre T1, moment du diagnostic et T2, bilan d'évolution, l'enfant a plus que doublé sa performance ;
- et ceux qui réduisent l'*écart à la norme* (en T2) : en dépit des incontestables progrès, l'écart à la norme s'est aggravé et le handicap de l'enfant est majoré par rapport à T1.

Il ne s'agit pas de critiquer le bien-fondé ou de minimiser l'intérêt des rééducations, mais bien de juger de *leur objectif*. Lire ou écrire péniblement : c'est mieux que pas du tout. Mais en classe, pour être *efficaces*, ces outils au service des apprentissages devront être suffisamment *automatisés*.

[205] Faire la preuve que les progrès sont en lien avec les propositions thérapeutiques suppose :
– de montrer que l'*inflexion de la pente* évolutive spontanée coïncide avec la thérapie (par ex. : réalisation d'une ligne de base et/ou d'une courbe d'évolution dans le domaine avant, à la fin de la rééducation, et éventuellement quelques mois après arrêt du protocole) ;
– de comparer les performances de groupes d'enfants appariés selon des critères pertinents, les uns ayant reçu la thérapie cible *versus* les autres ayant reçu une autre thérapie ou une thérapie placebo.

Il convient donc de s'astreindre à différencier le temps (lent) des progrès dans le domaine du déficit, du temps (compté) des apprentissages et de la scolarité. Proposer, de façon concomitante, des *outils de compensation* ne s'oppose pas aux objectifs rééducatifs : cela les complète utilement.

Selon la très jolie formule d'un jeune « *la compensation, c'est faire pareil, mais autrement* » (c'est-à-dire faire la même chose que les autres, mais avec des outils différents suppléant efficacement les siens défaillants).

Nous avons montré tout au long de cet ouvrage combien la démarche diagnostique est exigeante, longue et semée d'embûches. Déconnectée de la démarche thérapeutique (dans ses deux versants, soins et apprentissages), elle perd tout sens.

Le diagnostic, qui repose sur la *compréhension des processus* en jeu lors de l'effectuation de telle ou telle tâche, lors de tel ou tel type d'apprentissage, n'est pas une option facultative. Mais il ne représente que la *première étape* d'un long chemin à parcourir avec l'enfant et sa famille. Certains nécessitent un suivi de proximité, fréquent et intensif alors que d'autres peuvent se satisfaire de contacts plus lâches. Mais aucun ne doit être abandonné au milieu du gué.

We have a dream…

Depuis la première édition, il y a presque dix ans, la neuropsychologie n'a cessé d'évoluer. Notre connaissance du cerveau et du développement des processus cognitifs qui sous-tendent les apprentissages chez l'enfant se sont considérablement enrichis. Les progrès des neurosciences ont permis d'affiner nos réponses à d'anciennes questions et surtout d'en poser de nouvelles. Dans la continuité de ces progrès, nos conceptions des dys- (leurs mécanismes, leur étiologie, leur prise en charge) n'ont cessé de se préciser et de s'améliorer.

Mais sur le terrain, les améliorations sont encore insuffisantes.

Certes, depuis quelques années, on recueille les fruits de la loi du 11 février 2005 : l'inclusion de la grande majorité des enfants avec dys- dans les classes ordinaires a changé le regard que la société tout entière porte sur ces troubles des apprentissages. Sauf exception, toujours regrettables, ces enfants ne sont plus traités comme des fainéants, des provocateurs ou des « bons à rien » ! Les adaptations et aménagements scolaires sont mieux et plus souvent acceptés. De plus en plus d'anciens enfants dys- deviennent des adultes épanouis, en charge d'un travail satisfaisant.

Cependant des problèmes persistent, indubitablement liés à l'insuffisance de qualité, de cohérence et de validité des formations dans les domaines de la neuropsychologie, du développement cognitif de l'enfant normal et des stratégies efficientes pour favoriser le développement de l'enfant dys-.

Formation des médecins

La formation des médecins reste toujours au premier plan des préoccupations tout comme l'identification des professionnels compétents dans le domaine des pathologies du développement cognitif chez l'enfant.

Cette nouvelle branche de la médecine (la neuropsychologie infantile) existe maintenant depuis les années 1980. Elle a pris un essor particulier depuis les années 2000. Elle est clairement une discipline clinique, fille de la médecine et des sciences cognitives, à l'intersection de la neurologie, de la pédiatrie et de la psychologie du développement.

Nous rêvons… qu'un enseignement national, conséquent et validé soit organisé, qui permette à la fois les diagnostics et la maîtrise des stratégies thérapeutiques dans le domaine. C'est la seule voie pour répondre de façon réellement adaptée aux besoins d'environ 3 à 6 % de la population des enfants scolarisés. C'est aussi la solution pour qu'un nombre plus important de médecins

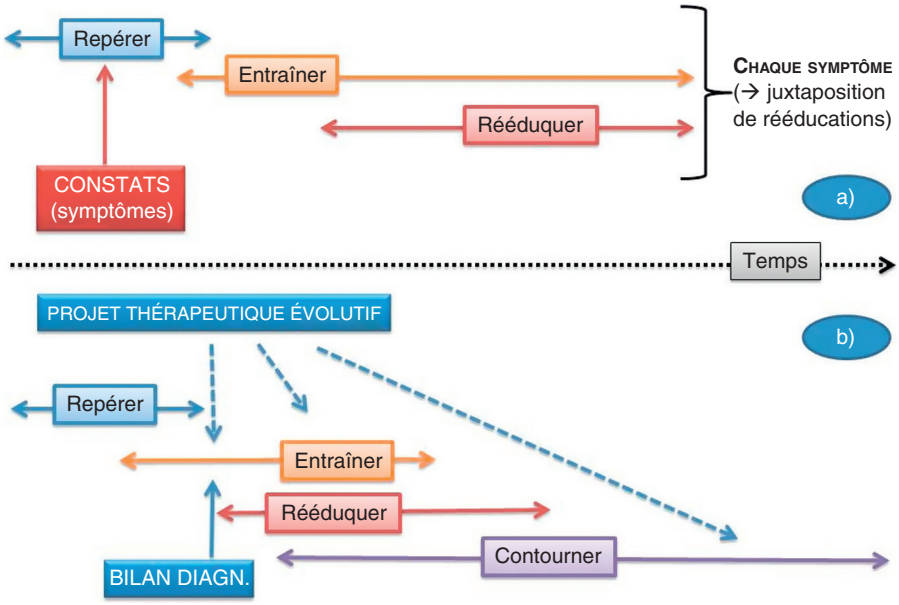


Fig. 8.10. L'importance du diagnostic préalable aux propositions thérapeutiques.
En haut (a) : en l'absence de diagnostic, une juxtaposition/succession de propositions sans cohérence. En bas (b) : un projet orienté vers des objectifs clairement repérés.

s'investisse dans cette nouvelle discipline. En effet, on constate toujours :

- une très importante pénurie de spécialistes dans le domaine ;
- et une très grande difficulté à les repérer lorsqu'ils existent.

Ceci rend compte du vécu des familles (et des divers professionnels impliqués), qui continuent à évoquer un véritable « parcours du combattant » pour trouver les spécialistes susceptibles de faire le diagnostic puis de conduire le projet thérapeutique.

Pour certains jeunes, cette situation conduit :

- à *un retard au diagnostic et/ou à la prise en charge* très dommageable. Cela est d'autant plus fréquent que l'enfant est issu d'un faible milieu socio-économique ou de l'émigration : les difficultés éducatives et culturelles font alors écran au diagnostic de dys-. La situation a plutôt bien évolué ces dix dernières années, mais il persiste cependant un déficit de diagnostic de dys- dans les milieux défavorisés ;
- au *recours au coup par coup à untel ou untel*, au gré des symptômes successivement repérés au cours de la scolarité, sans aucune ligne directrice (fig. 8.10). En l'absence de diagnostic, la juxtaposition de multiples prises en charge[206], sans cohérence ni résultat, épuise l'enfant et ses parents.
- à *la sollicitation du centre référent en première intention*. Cela contribue de façon injustifiée à l'encombrement de ces petites structures, normalement prévues pour les cas particulièrement complexes ou rares.

Nous rêvons aussi… que *les centres référents* disposent de moyens plus adaptés à leurs missions, afin de répondre à plus de patients dans des délais plus raisonnables.

Formation des paramédicaux

La formation des paramédicaux est encore peu adaptée à la problématique des dys-, et rares sont les rééducateurs qui collaborent réguliè-

[206] Le terme « d'accompagnement » remplace désormais officiellement celui de « prise en charge » (PEC). Cependant, l'accompagnement (nécessaire) ne nécessite ni spécialistes ni experts. Le terme de « prise en charge », lui, désigne des interventions réalisées par des professionnels du secteur considéré.

rement avec les écoles[207]. Chacun, avec bonne volonté et sens des responsabilités, cherche à améliorer et étendre ses compétences (conférences, lectures…), mais personne n'est réellement formé aux problématiques cognitives ni aux stratégies d'aides aux apprentissages.

Chacun, au fait de *certains* des aspects du développement cognitif de l'enfant, estime être en mesure de proposer, seul, rééducations, aides et remédiations dans tous les domaines de la neuropsychologie infantile. Cette perception élargie que chacun a de ses propres compétences est un frein à un véritable travail pluridisciplinaire (*cf.* fig. 8.2) et limite grandement l'efficacité de ces prises en charge.

C'est le travail en équipe (au sein de SESSAD[208] – rares SESSAD/dys- – ou de structures proches de type DELTA[209]) qui est certainement le plus formateur et le plus efficace. Mais là encore, le nombre de places disponibles est ridiculement faible par rapport aux besoins.[210] Ces services sont normalement réservés aux jeunes souffrant de dys- sévères ou de comorbidités compliquant sérieusement les stratégies d'aides à la scolarité, nécessitant la coordination de plusieurs professionnels.

Les jeunes souffrant de dys- modérés et isolés (les plus nombreux) *devraient* pouvoir trouver *en libéral* réponse à leurs besoins.

Nous rêvons… de rééducateurs libéraux qui :

- bénéficieraient de formations incluant les objectifs et méthodes de rééducation et remédiation *en lien avec les apprentissages* ;
- chercheraient à *évaluer les résultats* de leurs protocoles de rééducation, de leurs choix méthodologiques ;
- s'astreindraient à *fixer des sous-objectifs et des objectifs explicites*, déterminant ainsi les conditions soit pour une rééducation intensive (2 à 3 séances par semaine), soit pour un arrêt de la rééducation ou une « fenêtre thérapeutique » ;
- intégreraient l'*usage d'un palliatif* comme élément d'une prise en charge *standard* ;
- pourraient consacrer un temps suffisant aux relations avec les autres intervenants auprès du jeune et en particulier *à l'école*. Actuellement, aucun temps n'est prévu ni rémunéré pour participer à des réunions pluridisciplinaires, ni pour organiser aides et adaptations à l'école ;
- dont les interventions seraient toutes[211], au même titre que pour toutes les autres maladies et handicaps, *remboursées par la Sécurité sociale.*

Formation des enseignants

L'information sur les dys-, la reconnaissance des signes d'appel et le *repérage* des situations potentiellement à risque se sont répandus avec efficacité. L'intervention des enseignants référents lors des réunions d'équipes éducatives dans les écoles s'avère très bénéfique. Cependant certains éléments pourtant fondamentaux restent peu connus, limitant l'efficacité de la nécessaire collaboration médico-pédagogique.

En particulier, la situation quasi permanente de double tâche reste largement méconnue ou *incomprise*, ses conséquences délétères largement sous-estimées, alors qu'il s'agit d'un véritable surhandicap masqué, affectant sévèrement tous les enfants dys- à l'école.

207 En dehors des SESSAD, dont c'est explicitement une des missions.

208 SESSAD : services de soins dits « à domicile », constitués d'équipes pluridisciplinaires complètes (médecin, psychologue et neuropsychologue, assistant social, éducateurs et rééducateurs), équipes qui en fait dispensent soins, rééducations et aides à la scolarité sur les lieux de vie de l'enfant (écoles essentiellement, plus rarement domicile) : le nombre de places est toujours limité.

209 DELTA : dispositif d'expertise et de liaison pour les troubles des apprentissages, existant dans les départements de l'Ain (Delta 01) et de la Charente (Delta 16). Ces structures procèdent à des évaluations, dont certaines sont suivies de prises en charge limitées dans le temps (environ 2 ans, voire moins). Par la suite un relais est organisé avec des libéraux de terrain (parfois regroupés au sein de réseaux).

210 Par exemple : 40 places de SESSAD dédiées aux enfants avec dys- pour tout Paris …

211 À ce jour, seules les prestations des orthophonistes et des orthoptistes sont prises en charge par l'Assurance maladie. Le recours à un psychologue, neuropsychologue, ergothérapeute ou psychomotricien en libéral, ne donne lieu à aucun remboursement.

Nous rêvons… que les enseignants :
- repèrent, en collaboration avec les équipes médicales et paramédicales, les situations de doubles tâches au quotidien et conçoivent alors leur contournement ;
- disposent de méthodes pédagogiques alternatives quand les stratégies habituelles sont inaccessibles à l'enfant en raison du dys- ;
- soient sensibilisés à la problématique du handicap et surtout de sa compensation.

Nous rêvons… de temps d'échange et de concertation réguliers entre enseignants (et AVS) et rééducateurs. Ces moments doivent être prévus dans les plannings des enseignants et inclus dans le programme de rééducation de l'enfant.

Nous rêvons… de modules de formation communs (médecins, rééducateurs et enseignants), qui permettraient que chacun vise le même objectif dans son propre cadre de référence, avec ses propres outils, dans la compréhension et le respect de l'autre… et de l'enfant.

Nous rêvons… d'une formation complète et généralisée des médecins (et psychologues) *scolaires* dans le domaine des troubles du développement cognitif de l'enfant. Leur place privilégiée au sein du système scolaire leur permettrait de coordonner les soins et la scolarité, de superviser la mise en œuvre du projet dans son versant scolaire et d'en assurer le suivi à long terme.

Nous rêvons aussi… que le cursus scolaire des enfants dys- puisse être sécurisé, garanti *dans la durée*, comme pour tous les autres élèves. Actuellement, l'acceptation de l'enfant et celle des aides dont il a besoin restent encore trop souvent « personne-dépendante ». Chaque année l'incertitude concernant la qualité de l'accueil l'année suivante (majorée lors des passages au primaire, au collège, au lycée) est source d'angoisses et de ruptures très dommageables.

Nous rêvons… que les stratégies mises au point pour les enfants dys- puissent aussi servir de socle à une nouvelle réflexion au service des *sciences de l'éducation*.

In fine

Nous rêvons que ces 3–6 % de la population enfantine en délicatesse avec tel ou tel apprentissage :
- trouvent rapidement médecins, rééducateurs et enseignants solidement formés et capables de *travailler en synergie* ;
- aient accès facilement à une structure de type SESSAD si le dys- est sévère, s'il existe une comorbidité, si le contexte psychologique ou sociofamilial représente une complication ;
- puissent consulter dans des délais acceptables un centre référent dans les cas de troubles rares et/ou complexes.

Nous savons qu'il s'agit de rêves car nous connaissons, et comprenons, les contraintes financières qui limitent ces perspectives.

Pourtant, certaines avancées, décisives pour l'avenir des enfants porteurs d'un dys-, ne seraient guère coûteuses. La conjonction de l'importance croissante de la scolarité dans nos sociétés et les progrès continus des neurosciences cognitives devraient générer la volonté :
- de former *maintenant* une communauté de professionnels dédiés aux troubles du développement cognitif chez l'enfant ;
- de mettre en place les conditions d'un véritable partage de connaissances entre sciences médicales et sciences de l'éducation.

Qui pourra jamais évaluer le « coût » de l'échec scolaire indu de milliers d'enfants intelligents, de leur disqualification injustifiée faute de parcours fléchés et de soutiens adaptés dans la durée ?

Vademecum

La diffusion d'informations concernant les troubles dys- s'est faite d'une façon exponentielle mais quelque peu « brouillonne », voire quelquefois superficielle, ces dernières années. Elle bouscule ceux qui nient les dys-. Elle conforte beaucoup de parents dans l'illusion suivante : « *mon enfant en difficulté à l'école est forcément un dys-* » ou « *puisqu'il est dys-, on doit le faire réussir à l'école* ». Elle insécurise les enseignants confrontés à des informations contradictoires : « *les dys-, ça n'existe pas* » versus : « *les dys-, ça demande des aménagements incontournables* », ou encore : « *c'est très important d'écrire à la main* » versus « *il est préconisé l'usage de l'ordinateur* »…

Le corolaire de ces situations (toutes dommageables pour l'enfant), c'est qu'actuellement, nombres d'élèves réellement dys- ne sont toujours pas diagnostiqués ni aidés, alors que d'autres, déficients intellectuels et/ou non disponibles pour les apprentissages, seront sommés de fournir des efforts prolongés, injustifiés et jamais récompensés, du fait d'un projet inadapté.

C'est dire l'impérieuse nécessité pour le praticien de disposer de repères fiables pour cheminer dans ces méandres des pathologies cognitives spécifiques neuro-développementales, communément appelées « dys- ».

Nous avons l'espoir que cet ouvrage lui permette :

- d'établir le distinguo entre difficultés et troubles ;
- d'affirmer le caractère grave, durable et spécifique du trouble ;
- d'écarter les diagnostics concurrents ;
- de repérer et comprendre les éventuelles associations de symptômes ou les associations de diagnostics (comorbidités).

Afin :

- de bien préciser *les besoins de chaque enfant*, aussi bien en termes de compensation, de rééducation que d'adaptations ou d'orientation ;
- d'exposer clairement aux membres de la communauté éducative la situation de handicap : l'élève ne peut satisfaire à la situation de multitâches consubstantielle à l'apprentissage scolaire ;
- de savoir évaluer la « rentabilité » des outils scolaires entraînés et, le cas échéant, d'en envisager leur contournement efficace ;
- de prendre en compte l'évolution (scolaire, sociale et personnelle) de chaque jeune pour ajuster au mieux, à chaque moment, les propositions qui lui sont faites.

Diagnostic et projet thérapeutique, indissolublement liés, doivent être fiables, argumentés au regard des connaissances scientifiques actuelles, et compris dans une dynamique qui accompagne et renforce celle de l'enfant.

Pour aller plus loin

Enfants et adolescents en difficulté d'apprentissage : quelles orientations scolaires et professionnelles. ANAE 2013 ; 122.

Un parcours de soin structuré des troubles des apprentissages. ANAE 2013 ; 125.

Glasel H. Une école sans échec. Paris : Odile Jacob ; 2013.

Pouhet A. S'adapter en classe à tous les élèves dys. Poitiers : CRDP de Poitou-Charentes ; 2011.

Quelques sites

Sur les projets d'amélioration du parcours de soins : http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Parcours_de_soins_des_enfants_atteints_de_troubles_des_apprentissages.pdf.

Le site de l'Éducation Nationale/INSHEA : www.integrascol.fr/.

Mon cerveau à l'école (informations destinées au grand public) : http://moncerveaualecole.com.

Certains sites ASH de certaines académies.

Index

A

Administrateur central, 175, 177, 194, 221, 243, 254, 262, 363
Agnosies. *cf.* Dysgnosies
Alerte, 226
Amnésie infantile, 189
Analogie, 26, 55, 65, 134, 177, 181
Anomie. *cf.* Manque du mot
Apprentissage(s)
– académiques, 15, 154, 182, 195, 225, 262
– didactiques, 199
– explicite, 13, 15, 29, 65, 157, 226
– implicite, 13, 65, 134, 157
– procédural, 134, 188
Attention
– auditive, 37, 61, 154, 223, 270
– automatique, 224, 226, 231
– conjointe, 33, 63, 126, 229, 233
– divisée. *cf.* Attention partagée
– endogène, 224
– exogène, 224, 245
– focalisée, 228
– orientation de l', 16, 128, 189, 223, 229, 324
– partagée, 229, 233
– sélective, 227, 233, 244, 270
– soutenue, 227, 233
– spatiale, 228
– visuelle, 325, 329
– visuospatiale, 126, 128, 307, 323, 334
– volontaire, 224, 226, 232
Auxiliaire de vie scolaire (AVS), 279, 397

B

Buffer épisodique, 176, 178

C

Calepin visuospatial, 176
Cartes spatiales, 125
Catégorisation, 24, 101, 194, 260, 362
Centre de référence, 2, 147, 408
Cérébelleux/euse, 68, 137, 147, 318, 334
Choix multiples, 251
Cognition
– motrice, 114
– numérique, 348
– sociale, 31, 33, 34
– spatiale, 123
Cognitive Orientation to daily Occupational Performance (CO-OP), 157
Combinatoire, 60, 68, 292
Comorbidités, 44, 46, 102, 158, 213, 281, 334, 382, 403
Compétences précoces, 10, 50, 61, 188, 297, 375
Conscience de soi, 121, 192
Contrôles, 263, 310, 337
Co-occurrences, 46, 282
Critères de dys-, 17, 34

D

Déficience intellectuelle, 20, 24, 26, 47, 75, 139, 239, 268
Dénombrement, 162, 229, 352, 360
Deux voies (de la lecture), 294
Déviances linguistiques, 17, 73, 80, 253
Diffluences, 252, 273
Double tâche, 47, 49, 135, 151, 242, 273, 334, 338
DSM, 40, 139, 272
Dysarthries, 68
Dyscalculie, 42, 47, 335, 391
– linguistique, 372
– primitive, 372, 391
– secondaire, 151, 372, 382, 391
– spatiale, 42, 151, 382
Dys-diagnostic, 42, 44, 47, 390
Dys-exécutif (syndrome), 47, 249, 333
Dysgnosie, 70, 100, 123
– des images, 161
– des signes conventionnels, 331
– des visages, 63
– digitales, 360, 380
– visuelles, 34, 161, 331
Dysgraphie, 145, 254, 334, 381
– dys-exécutive, 147, 158, 258
– dyspraxique, 42, 150, 152
Dyslexie, 47, 102, 312
– accompagnée, 332
– dysgnosique, 331
– mixte, 330
– phonologique, 44, 97, 153, 317, 404
– secondaire, 333
– visuelle, 43, 153, 154
– visuo-attentionnelle, 262, 323
Dysmnésie, 47, 192, 193
– de travail, 194, 209, 335
Dysorthographie, 320, 331, 338
– lexicale, 42

Dysphasie, 47, 53–112, 69, 79, 159, 208, 370, 386, 387
– d'expression, 83
– mnésique, 94, 387
– phonologique, 89, 90
– phonologique-syntaxique, 83, 90
– réceptive, 96
– sémantique-pragmatique, 77, 253
Dyspraxie, 42, 47, 136
– constructive, 149
– buccophonatoire, 69, 86, 92, 143
– habillage, 143
– idéatoire, 143
– idéomotrice, 149
– verbale, 92
– visuospatiale, 45, 143, 153, 165
– verbale, 92
Dys-symptôme, 42, 47, 333, 382, 391
Dys-synchronie, 30, 35

E

Émotion, 32, 86, 107, 115, 119, 173, 180, 189, 220
Empan, 175, 176, 328
– de chiffres, 190, 206
– visuo-attentionnel (EVA), 302, 325, 328
Espace, 123, 124, 125, 126, 127, 154
Examens. *cf.* Contrôles
Explicite, 14, 47, 131, 183, 276, 297, 309, 369
Exploration visuelle, 142, 229

F

Facteur g, 16, 23, 25, 47, 140, 194, 239, 245, 293, 307, 362
Faits numériques, 87, 200, 358, 363, 384, 386
Fixations, 141, 301, 333
Flexibilité mentale, 247, 248, 252, 259, 261, 273
Fluence, 89, 90, 253, 270, 273

G

Gertsmann (Syndrome de -), 380
Graphisme, 140, 144, 156, 249, 257, 263, 311, 334

H

Habituation/nouveauté, 188
Haut potentiel intellectuel, 28, 161
Hyperactivité, 233, 237

I

Identifier la nature du problème, 390
Illettrisme, 341
Images
– dysagnosie des -. *cf.* Dysgnosie
– mentales, 13, 176
– motrices, 118, 132
Imitation, 33, 121, 131, 137, 160, 189, 233, 249
Implicite, 47, 65, 125, 173, 183, 297, 309, 369
Impulsivité, 148, 196, 233, 237, 250, 261, 270, 273, 277
Inhibition, 125, 221, 231, 237, 244, 248, 249, 265, 270, 277, 370, 388
Intelligence générale. *cf.* Facteur g
Interférence, 171, 176, 190, 202, 228, 242, 246, 257, 270, 273, 363

L

Lenteur, 90, 95, 145, 150, 153, 227, 238, 264, 311, 319, 337
Lexique, 59, 63, 68, 79, 90, 154, 180, 292, 295, 309, 319, 322, 325, 358
Ligne
– analogique, 356
– numérique, 355, 376, 379

M

Manque du mot, 37, 43, 64, 79, 80, 86, 94, 201, 387
Mémoire, 169–218
– à court terme (MCT), 63, 73, 86, 171, 174, 190
– à long terme (MLT), 16, 72, 78, 87, 171, 179, 190, 199, 255, 295, 310, 363
– antérograde, 171
– consolidation, 171, 183, 261, 273
– de travail (MT), 16, 25, 38, 47, 72, 81, 87, 104, 174, 190, 191, 205, 207, 211, 221, 243, 254, 278, 306, 335, 363, 385
– de travail auditivo-verbale, 254
– de travail visuospatiale, 254
– déclarative, 171, 172, 190, 365
– didactique, 194
– encodage, 89, 185, 190, 261, 310
– épisodique, 173, 189, 199
– indiçage, 185, 255, 261, 273
– procédurale, 135, 137, 171
– prospective, 171
– rappel, 171, 185, 190, 197, 203, 255, 261, 273
– rétrograde, 171
– sémantique, 172, 180, 196, 199
– transitoire, 171, 188
Métacognition, 33, 275
Métamémoire, 171, 196
Métaphonologie, 297
Méthylphénidate, 274
Morphologie (langage), 59, 65, 309, 322, 337
Multidys-, 41, 44, 208, 214, 243, 265, 281, 285

N

Neurones miroirs, 33, 97, 121, 131, 137, 160, 318
Neurovisuel(le)(s)
– fonctions, 122
– troubles, 240, 249, 323

O

Orthographe, 310, 311

P

Parole, 61, 67, 68, 86, 90, 92, 318
Persévération, 80, 201, 249, 250, 252, 255, 258, 271, 273, 277, 387
Phonologie (gique), 68, 79, 90, 298
– boucle, 175, 194, 210
– discrimination, 59, 62, 97, 297, 318
– conscience, 297
– opposition, 62
Planification, 116, 143, 159, 177, 221, 239, 244, 248, 251, 261, 272, 277, 282, 311
Pragmatique, 31, 58, 60, 66, 68, 77, 104
Prématurité, 15, 136, 137, 194, 234
Processus *bottom up* et *top-down*, 225, 302, 323
Programmation (motrice), 97, 116, 143, 165
Progrès, 47, 323, 338, 406
Projet
– personnalisé de scolarisation (PPS), 47, 279, 398
– thérapeutique, 17, 47, 147, 155, 401
Prosodie, 61
Prosopagnosie, 163

Q

QI, 19, 21, 27, 161, 264
Questionnaires, 31, 103, 241, 268, 273, 281

R

Récit, 59, 67, 84, 181, 196, 202, 253
Récompense (circuits ou réseaux de la), 115, 225, 235
Recyclage neuronal, 15, 47, 191, 305
Réseaux lexicaux, 59, 63, 94, 201
Résolution de problèmes, 12, 16, 87, 119, 148, 157, 176, 245, 278, 369
Retard
– de langage, 74, 96
– de parole, 74

S

Saccades, 258, 300, 329, 356
Schémas narratifs, 202
Scripts, 67, 182, 202
Sémantique, 60
– réseaux, 64
Sens du nombre, 39, 47, 128, 151, 357, 371, 390
Subvocalisation, 91, 176, 294
Surdité verbale, 100
Syntaxe, 59, 65, 68, 71, 79, 83, 90, 181, 306, 358, 370
Système attentionnel superviseur (SAS), 222, 231, 237
Système mnésique. *cf.* Mémoire

T

Théorie de l'esprit (ToM), 32, 47, 66
Traitements visuospatiaux, 142
Transcodage, 123, 365, 366
Triple code (modèle du), 368
Trouble
– d'acquisition de la coordination (TAC), 47, 105, 136, 282, 334
– déficitaire de l'attention, avec ou sans hyperactivité (TDA ou TDA/H), 41, 47, 103, 135, 233, 239, 255, 387
– du spectre de l'autisme (TSA), 31, 47, 54, 76, 106, 121, 161, 229

V

Vigilance, 227, 238, 274