

CHAPITRE 1

Fonctions cognitives et apprentissages

*« 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

PLAN DU CHAPITRE

Le neurodéveloppement

Diagnostic de dys- : critères d'exclusion

Diagnostic de dys- : critères d'inclusion

Diversité des dys-

Ce livre est entièrement consacré au développement cognitif typique et pathologique de l'enfant : les troubles neurodéveloppementaux. C'est donc un ouvrage destiné aux spécialistes du neurodéveloppement, de neuropsychologie infantile, qui cherchent à faire les liens entre les connaissances scientifiques concernant le développement cognitif et la clinique développementale (📺 vidéos 01-04 : Approche neuropsychologique des dys-).

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

- Neuropsychologie (Gil, 2018) : *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 cérébrale¹, 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. Le neurodéveloppement, partie spécifique tant des neurosciences que de la pédiatrie, 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 *certain*s secteurs de la cognition. La démarche neuropsychologique s'avère la plus pertinente pour évaluer les aléas du neurodéveloppement en particulier quand les conséquences sont « scolaires ».

1. L'IRM-f, imagerie fonctionnelle (excellente résolution spatiale des activations observées lors d'une tâche donnée) est souvent complétée par des techniques de type MEG (magnétoencéphalographie), « 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.

Le neurodéveloppement

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 de ces activités routinières. En revanche, qu'une situation imprévue surgisse – les feux stop 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.

Chez l'enfant, le neurodéveloppement 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

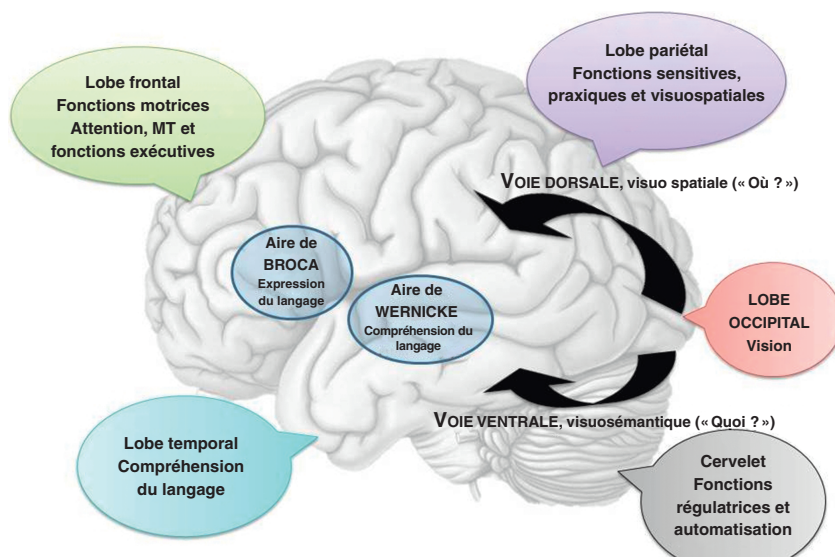


FIG. 1.1. Localisation des principales aires cérébrales. Hémisphère cérébral gauche, vue latérale.

MT : mémoire de travail. Voie ventrale, occipito-temporale (« Quoi ? ») et voie dorsale, occipito-pariétale (« Où ? », « Comment ? »)

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, 2004 ; Dehaene, 2012-2013 et 2014-2015) a permis d'entrer dans une nouvelle ère du neurodéveloppement, 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 et E. Dupoux (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. Simple-
ment, ces apprentissages ne seraient pas possibles sans un outillage men-
tal 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 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 socio-cognitif*. 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. Cela a été repris depuis par exemple pour le langage par Mimeau (2015).

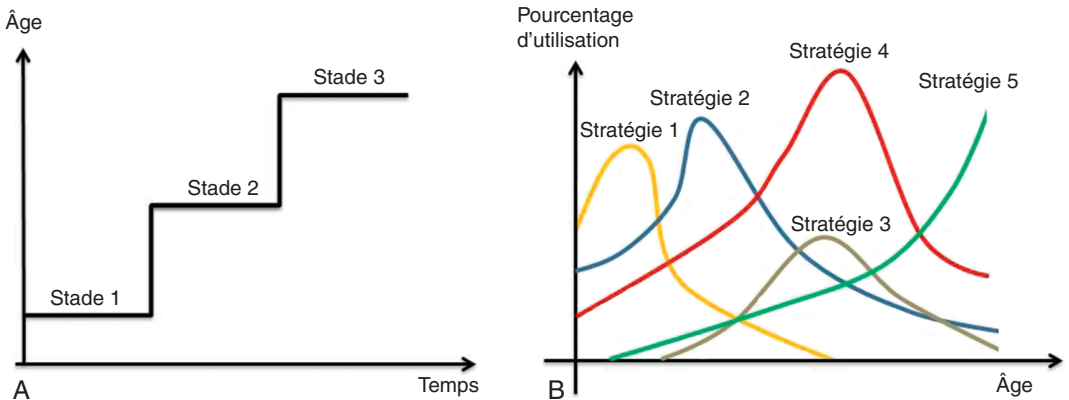


FIG. 1.2. L'organisation du développement : différentes théories.

A. Par stades : constructivisme. B. Par vagues : évolutionnisme.

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 des dernières décennies, 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 envisager 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 phonologique 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 le plan cognitif, concernant plus spécifiquement les apprentissages, 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 oculo-manuelles 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.

Dehaene (2007, 2011) 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 » poursuit 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. Évaluer le développement de l'enfant dans ces domaines suppose donc de tenir compte de son environnement culturel et socio-éducatif : les tests² 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.

2. Le choix des tests effectué par les auteurs ne prétend pas être exhaustif. L'éditeur le plus fréquent est ECPA par Pearson (<https://www.pearsonclinical.fr>). Lorsque ce n'est pas le cas, les éditeurs seront signalés en note de bas de page.