

La mémoire de l'enfant

Développement normal et pathologique

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

- CONDUITE DU BILAN NEUROPSYCHOLOGIQUE CHEZ L'ENFANT, par M. MAZEAU. *Collection Neuropsychologie*. 2008, 2^e édition, 304 pages.
- DÉMARCHE CLINIQUE EN NEUROLOGIE DU DÉVELOPPEMENT, par C. AMIEL-TISON, J. GOSSELIN. *Collection Neuropsychologie*. 2008, 2^e édition, 288 pages.
- ENFANCE ET PSYCHOPATHOLOGIE, par D. MARCELLI. *Collection Les âges de la vie*. 2009, 8^e édition, 736 pages.
- L'ATTACHEMENT. CONCEPTS ET APPLICATIONS, par N. GUEDENEY, A. GUEDENEY. *Collection Les âges de la vie*. 2006, 2^e édition, 256 pages.
- LA DOULEUR CHEZ L'ENFANT, par D. ANNEQUIN. *Collection Pédiatrie au quotidien*. 2002, 184 pages.
- LA RELAXATION THÉRAPEUTIQUE CHEZ L'ENFANT, par M. BERGÈS-BOUNES, et al. *Collection Psychologie*. 2008, 216 pages.
- LE DÉVELOPPEMENT AFFECTIF ET INTELLECTUEL DE L'ENFANT, par B. GOLSE. *Collection Médecine et Psychothérapie*. 2008, 4^e édition, 400 pages.
- LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT. ASPECTS NEURO-PSYCHO-SENSORIELS, par A. DE BROCA. *Collection Pédiatrie au quotidien*. 2009, 4^e édition, 312 pages.
- LE LANGAGE DE L'ENFANT. ASPECTS NORMAUX ET PATHOLOGIQUES, par C. CHEVRIE-MULLER, J. NARBONA. 2007, 3^e édition, 656 pages.
- NEUROPSYCHOLOGIE ET TROUBLES DES APPRENTISSAGES. DU SYMPTÔME À LA RÉÉDUCATION, par M. MAZEAU. *Collection Neuropsychologie*. 2009, 2^e édition, 320 pages.
- TROUBLES DE L'ATTENTION CHEZ L'ENFANT, par J. THOMAS, C. VAZ-CERNIGLIA, G. WILLEMS. *Collection Psychologie*. 2007, 264 pages.
- TROUBLES DU CALCUL ET DYS-CALCULIES CHEZ L'ENFANT, par A. VAN HOUT, C. MELJAC, J.-P. FISCHER. *Collection Orthophonie*. 2005, 2^e édition, 448 pages.

La mémoire de l'enfant

Développement normal
et pathologique

Ana María Soprano

Juan Narbona

Traduction et adaptation de l'espagnol

Léonard Vannetzel

Isa-Laure Lemaine

Préface de Claire Meljac



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).

La memoria del niño. Desarrollo normal y trastornos

© 2007 Elsevier Doyma, S.A.

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés pour la traduction française.

ISBN : 978-2-294-70509-0

ELSEVIER MASSON SAS - 62, rue Camille Desmoulins, 92442 Issy-les-Moulineaux cedex

Préface

Longtemps, nous avons oublié la mémoire.

Confondant deux constructions linguistiques, nous ne savions même plus comment solliciter son secours : se rappeler certains bonheurs, se souvenir de ceux que nous avons aimés.

Se rappeler : une émotion, recherche brève, action délibérée, images instantanées, moments fugitifs, flash, communication directe.

Se souvenir de ce qui a pu se passer tel jour à telle heure. Un déroulement, un processus qui s'inscrit dans le temps, détermine un destin et se construit dans une forme indirecte.

Fascinés par la technique et ses nouveautés, nous avons, avec les bonnets anciens qui protégeaient nos têtes, jeté notre mémoire par-dessus les moulins.

On ne s'étonnait plus de voir un ami vérifier dans son agenda l'exactitude de son propre numéro de téléphone et le code d'accès à l'immeuble qu'il habitait depuis plusieurs années.

La mémoire, après tout, c'était la technique des imbéciles, la science des perroquets.

Mais les imbéciles ont relevé le défi et la technique s'est vengée.

À force de faire appel à tous les instruments qui étaient censés la contenir et d'en devenir ainsi dépendants, nous avons compris que la mémoire ne pouvait être laissée à la garde des seuls ordinateurs. Sans elle, nous risquions de tomber malades, d'être atteints par une affection irréversible.

Ce fut une belle revanche.

Nous avons tous commencé à considérer les perroquets et à envier les imbéciles d'hier. Nous portions soudain un intérêt à la mémoire, négligée dans la plupart des traités de psychologie et dans les pratiques des professionnels.

En arrière, toute, comme ce fut le cas pour les Égyptiens, jadis, dans la vallée du Nil. Après avoir cru que Thot, le dieu de l'écriture et du calcul, allait leur ôter leur trésor personnel où reposaient les vieilles légendes, après avoir beaucoup protesté contre la délégation accordée à ce dieu, chargé de garder le passé, ils ont compris l'aide apportée par l'écrit à la mémoire et les modalités potentiellement illimitées de son développement. Une figure protectrice ou des directives extérieures ne retireront jamais rien à la mémoire qui sortira renforcée de ces prétendus affrontements. Les soutiens, loin de

l'étouffer, fourniront autant de tuteurs qui favorisent son expansion dans toutes les dimensions, pour peu qu'on la prenne en considération.

« Je me souviens », ont entrepris de répéter les plaques d'immatriculation ornant les voitures québécoises, référence à la devise de la Belle Province et en honneur à son passé.

« Je me souviens », reprenait¹, en écho involontaire, Georges Perec au moyen de ses évocations-invoqueries s'enchaînant les unes aux autres. Grâce à la formule amorçant l'ouverture de chaque séquence, il recréait son enfance marquée par la rupture, l'absence, la disparition (titre de l'un de ses livres). « Je me souviens » : cette incantation annonçait la survenue de quelque chose de mince, sans importance, miraculeusement arraché à son insignifiance, suscitant pendant quelques secondes, comme le dit lui-même Georges Perec, une impalpable petite nostalgie.

La mémoire, mieux qu'une magicienne, répare, comble les trous noirs et permet la marche rapide des pieds ailés... Non, la mémoire n'est pas seulement un instrument commode. Elle fournit aussi un recours contre le vol et la perte, une assurance contre la mort : celle des autres et la nôtre. Elle préserve notre personne, notre identité, à travers le temps.

Cependant, à tout rapporter à la mémoire, on court un danger de confusion. Les frontières s'effacent dans un vaste halo. Nous ne savons plus de quoi il est question.

Un effort de clarification s'imposait : il a été bien entamé par des spécialistes, tels Alain Lieury, qui pendant des années, en compagnie d'autres chercheurs cognitivistes (citons, par exemple, Pierre Lecocq et Guy Tiberghien), ont maintenu bien haut l'oriflamme de la mémoire. Grâce à leurs publications et malgré, souvent, l'absence de relais à l'adresse des universitaires ou des praticiens, elle n'a jamais totalement perdu sa place dans les écrits de psychologie en langue française.

Il n'existait pourtant pas de livre récapitulant les spécificités et les principales étapes ponctuant le développement de la mémoire de l'enfant.

Deux auteurs hispanophones, d'une part Ana María Soprano (bien connue des milieux universitaires, de la recherche et des cercles travaillant sur la neuropsychologie), argentine, et d'autre part Juan Narbona, neurologue espagnol, ont longuement et passionnément travaillé à la rédaction d'un ouvrage clair, bien informé, faisant la synthèse de ce que nous connaissons actuellement sur la mémoire de l'enfant.

Ils ont eu pour souci constant d'aider les chercheurs et les cliniciens en psychologie à avancer plus sûrement et plus rapidement dans les tâches qui étaient les leurs.

Dès sa parution en espagnol, le livre a connu un réel succès et Elsevier Masson (France) a eu l'audace de relever le défi et de mettre immédiatement en chantier la version française de ce texte.

Deux jeunes psychologues, experts tant en espagnol que dans le champ de la mémoire, ont accepté de rendre accessible ce vaste ensemble aux lecteurs

1. Cet usage du « Je me souviens » apparaît en 1978, dans les deux cas. Étrange coïncidence...

non hispanophones. Ils ont travaillé d'arrache-pied pendant plusieurs mois pour tenir le pari et, par exemple, homogénéiser en français un vocabulaire souvent flottant. De ce fait, tout en étant parfaitement fidèle à l'original, le résultat d'un tel effort devient, en quelque sorte, une véritable re-création personnelle.

Tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à une telle entreprise, n'ont qu'un seul désir : faire partager au lectorat français le plaisir qu'ils ont pu éprouver, eux-mêmes, à la découverte d'un édifice heureusement repéré dans la jungle des théories qui étouffent souvent les professionnels.

Les spécialistes francophones (psychologues, psychiatres, neurologues, neuropsychologues, orthophonistes) qui, d'une façon ou d'une autre, ont à faire avec des enfants – ils sont nombreux – trouveront enfin dans *La mémoire de l'enfant* les renseignements et surtout les mises en perspective qu'ils cherchaient en vain depuis des années.

Claire Meljac
Unité de psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent
Centre hospitalier Sainte-Anne, Paris

Liste des auteurs et traducteurs

Ana María Soprano : médecin et psychologue. Professeur de neuropsychologie à l'université de Belgrano et à la faculté de médecine (université de Buenos Aires) dans le cadre du cycle de spécialisation en neurologie infantile. Neuropsychologue, service de neurologie de l'hôpital pédiatrique Dr J.P. Garrahan, Buenos Aires, Argentine

Juan Narbona : Agrégé de pédiatrie et consultant de neurologie pédiatrique, clinique universitaire et faculté de médecine, université de Navarre, Pampelune, Espagne

Léonard Vannetzel : Psychologue, doctorant à l'université Paris-VIII, laboratoire de psychopathologie et neurosciences cognitives, service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent, hôpital de La Salpêtrière, Paris, France

Isa-Laure Lemaine : Psychologue, service de psychiatrie infanto-juvénile, établissement public de santé de Ville-Évrard, chargée d'enseignement à l'université Paris-V, laboratoire de psychologie clinique et de psychopathologie, Paris, France

Note des traducteurs

L'adaptation de ce livre à la culture scientifique française a impliqué un travail important.

Nous tenons donc à remercier en premier lieu les auteurs, qui nous ont toujours soutenus, ainsi que les chercheurs qui ont bien voulu nous accorder leur aide, particulièrement Yvette Hatwell, professeur honoraire de l'université Pierre Mendès-France (Grenoble) et Jean-Luc Roulin, maître de conférences à l'université de Savoie.

Le concours des Éditions du centre de psychologie appliquée (ECPA) a aussi été précieux, particulièrement celui de Delphine Bachelier et de Cécile Pannetier. Le docteur Michèle Mazeau a également droit à toute notre reconnaissance.

Léonard Vannetzel et Isa-Laure Lemaine

Remerciements des auteurs

Comme c'est toujours le cas avec un travail de cette ampleur, le concours de nombreuses personnalités a été nécessaire pour élaborer cet ouvrage. Les uns ont apporté des idées, les autres du matériel, des suggestions ou simplement, ce qui est tout aussi nécessaire, du soutien moral et du courage.

Nous tenons donc à remercier l'équipe de neuropsychologie du service de neurologie de l'hôpital Garrahan, et celle de la chaire de neuropsychologie clinique de l'université de Belgrano : Paula Aloy, Analía De Carlo, Elena Dutari, Ester Echeverria, Yanina González Ayrala, Lucía Maldonado, Ana Palma, Estela Pertierra et Ana Sanguinetti.

Nous remercions aussi Marta Castello, pour avoir partagé son expérience en matière d'utilisation de matériels didactiques pour la remédiation, ainsi que Patty Gutiérrez, pour ses apports sur les dernières avancées dans le domaine des technologies d'assistance.

Remercions également le professeur José Luis Velayos, agrégé d'anatomie de l'université de Navarre, lecteur critique du chapitre sur les bases neurologiques de la mémoire et auteur de plusieurs illustrations.

Nous tenons aussi à remercier Nerea Crespo et Rocío Sánchez-Carpintero, docteurs en psychologie, et collègues de l'unité de neurologie pédiatrique de la clinique universitaire de Navarre, pour leurs précieux conseils en matière de troubles de la mémoire chez l'enfant, et pour les observations qui illustrent le chapitre correspondant.

Remercions également Mme le professeur Felisa Peralta, directrice du département d'éducation de l'université de Navarre qui, par son soutien, a grandement contribué à l'aboutissement de cet ouvrage.

Par ailleurs, cette édition française n'aurait pas été possible sans l'initiative et l'énergie soutenue de Mme Claire Meljac, docteur en psychologie, et sans l'aide de Françoise Bonnet, professeur d'espagnol, pour la révision du manuscrit.

Nos remerciements s'adressent également à nos conjoints respectifs, Horacio et Conchita, qui ont non seulement soutenu notre travail avec enthousiasme, mais aussi apporté d'utiles suggestions.

Ana María Soprano et Juan Narbona

CHAPITRE 1

La mémoire humaine : nature et types

A.-M. Soprano

Introduction

À l'occasion de la commémoration de son 125^e anniversaire, la prestigieuse revue *Science*, fondée le 3 juin 1880 par Thomas Alva Edison, a publié un numéro spécial qui posait 25 questions scientifiques d'actualité. L'une d'elles faisait référence à la mémoire.

Ce que nous en savons se réduit presque entièrement à son « emballage » dans environ un kilo de tissu neuronal : il s'agit d'un bagage de données, utiles et ordinaires, à propos du monde qui nous entoure, de l'histoire de nos vies, mais aussi de chacune des compétences que nous avons pu acquérir. Cet ensemble de connaissances fait de chacun de nous un être unique.

Comprendre les mécanismes de la mémoire est un pas important vers la compréhension de nous-mêmes, mais de nombreuses questions demeurent. Par exemple, comment les souvenirs sont-ils élaborés, pour quelle raison la mémoire est-elle si labile, ou encore, comment les nouveaux circuits sont-ils intégrés aux réseaux déjà existants (Miller, 2005) ?

Nous tenons d'emblée à avertir le lecteur que donner une définition exacte de la mémoire n'est pas chose facile. Pour le grand public, la mémoire est la capacité à se souvenir, dans le sens de « se rappeler », ou de faire accéder à la conscience des épisodes du passé. Par exemple : « Je me souviens que nous avons fêté Noël chez grand-mère et qu'il faisait très froid ». Néanmoins, ce terme ne se réfère pas seulement au processus qui consiste à amener des connaissances à la conscience, mais renvoie également aux contenus et au fait de se rendre compte de les avoir stockés : « Je l'ai en mémoire ». La mémoire peut également être associée au fait d'acquérir des

connaissances ; *mémoriser* devient alors synonyme d'apprendre : « J'ai du mal à apprendre mes tables de multiplication » signifie alors « j'ai du mal à mémoriser mes tables ».

En lien avec ces représentations communément admises, et en soulignant le fait qu'il n'existe pas de définition consensuelle de la mémoire, on s'accorde généralement à la désigner comme une fonction, ou même plutôt comme un ensemble de fonctions en relation avec *la capacité d'enregistrer, d'élaborer, de stocker, de récupérer et d'utiliser des informations*. Dans cette perspective, la mémoire ne serait pas un système unitaire mais un réseau de systèmes interactifs, chacun capable d'enregistrer des informations, de les stocker, et de les rendre disponibles pour les réutiliser. Sans cette capacité, nous ne pourrions pas percevoir le monde de manière adéquate, tirer un enseignement de notre passé, comprendre le présent ou planifier l'avenir (Baddeley, 1999).

1. Les types de mémoire

On admet généralement qu'il existe trois principaux types de mémoire. Une *mémoire sensorielle*^[1], de durée très brève, de l'ordre de la milliseconde, et qui assure la continuité de la perception. Une *mémoire à court terme*, qui permet de conserver les informations en moyenne quelques secondes. Et enfin, une *mémoire à long terme* qui peut perdurer de nombreuses années. La figure 1.1 propose un panorama général de la mémoire humaine qui schématise ces trois types de mémoire et leurs interrelations.

1.1. La mémoire sensorielle

Le premier type de mémoire que nous avons mentionné est la mémoire sensorielle. Elle fait référence au stockage immédiat des informations qui relèvent des processus perceptifs.

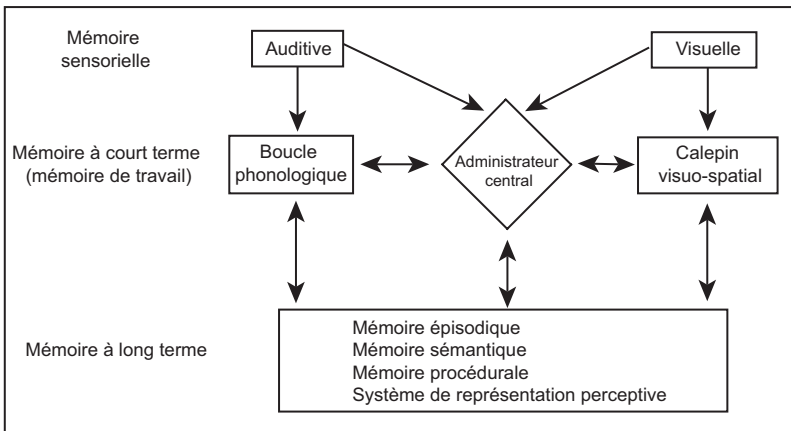


FIGURE 1.1. PANORAMA GÉNÉRAL DE LA MÉMOIRE HUMAINE.

Si, durant quelques temps, nous présentons un stimulus simple à un participant, en lui proposant par exemple de regarder durant 10–15 s un carré rouge lumineux que nous retirons par la suite, il continue à percevoir une image de même forme à ce même endroit, mais généralement bleu/vert. Cette image apparaît parfois immédiatement, parfois au bout de quelques secondes ; elle se maintient un certain temps (de 10–15 à 45–60 s), puis s'estompe progressivement et perd ses contours précis comme si elle s'étiolait, jusqu'à disparaître. Dans certains cas, elle réapparaît pour s'évanouir par la suite, définitivement. L'éclat, la netteté ou bien encore la durée des images successives peuvent varier selon les individus. Cette représentation résiduelle est appelée *image successive négative* et peut être considérée comme la manifestation la plus élémentaire de la mémoire sensorielle (Luria, 1979).

Il existe aussi les *images positives*. Il est possible de les observer lorsque nous plaçons, en pleine obscurité, un objet devant nos yeux (par exemple une main), et qu'ensuite, pendant un temps très bref (0,5 s), nous illuminons notre champ visuel avec une lumière intense. Quand la lumière s'éteint, nous percevons durant quelques secondes l'image nette de l'objet situé devant les yeux, et cette fois-ci avec ses couleurs naturelles. L'image subsiste quelques temps, puis disparaît.

Ces phénomènes ont toujours intéressé les psychophysiologues. Ils considèrent les images successives comme le produit des stimulations sensorielles et y voient la possibilité d'observer directement les traces conservées par le système nerveux, ainsi que d'étudier les modalités dynamiques de ces stimulations sensorielles.

En général, la majorité des chercheurs s'accorde à considérer la mémoire sensorielle comme un type de mémoire spécifique chargé d'enregistrer les sensations et permettant l'exploration des caractéristiques physiques des objets. L'information séjourne dans le registre sensoriel durant un temps très court (environ 1 s) avant d'être transférée, si besoin, vers d'autres mémoires plus stables. Si l'information véhiculée par le registre sensoriel n'est pas entretenue, elle disparaît du système (Ratey, 2003).

Apparemment, la mémoire sensorielle est la résultante d'une activité neuronale brève qui se maintient après qu'un stimulus lui a été transmis. Bien qu'il existe probablement autant de mémoires sensorielles que de sens, les plus étudiées sont les mémoires iconique ou visuelle, et échoïque ou auditive (Puentes, 2003).

1.1.1. La durée de la mémoire sensorielle

Des situations expérimentales ont montré que la durée de la mémoire sensorielle est particulièrement brève lorsque les stimulus¹ sont de nature non verbale (moins de 1 s), alors qu'avec un matériel verbal, cette durée peut dépasser les 2 s. Il semblerait également que la durée de la mémoire

1. Le pluriel « stimulus » est préféré à « stimuli » pour l'ensemble de l'ouvrage, en accord avec les recommandations de l'Académie des sciences (1990).

échoïque[□] (approximativement 2 s) est plus élevée que celle de la mémoire iconique[□] (environ 1 s).

Même si la mémoire sensorielle est une dimension importante de notre appareil mnésique global, il semble plus pertinent de l'étudier comme un processus perceptif à part entière (Baddeley, 1999).

2.1. La mémoire à court terme[□]

Comme son nom l'indique, la mémoire à court terme est un système permettant de stocker des informations durant de courtes périodes de temps. De nombreux travaux expérimentaux ont permis de montrer que la mémoire à court terme est un système distinct de la mémoire à long terme. Nous allons présenter trois des plus importants paradigmes.

2.1.1. Le paradigme de Brown-Peterson

La procédure consiste à présenter au participant un trigramme de consonnes (par exemple S, B, M), puis à lui demander de réaliser immédiatement une tâche d'interférence, dont la durée varie entre 0 et 18 s. Cette tâche peut consister en un comptage à voix haute et à rebours de 3 en 3 à partir d'un nombre à trois chiffres (par exemple 316). Il s'agit d'une tâche difficile qui vise à perturber la répétition du trigramme. L'objectif est de déterminer avec quelle rapidité le participant oublie les trois items à partir du moment où son attention a été détournée par la tâche d'interférence. On observe qu'il oublie presque entièrement les trois consonnes après 18 s s'il n'a pas la possibilité de les répéter. La plupart d'entre nous en avons fait l'expérience, lorsque nous sommes sur le point de raconter quelque chose à un ami au cours d'une conversation anodine et que celui-ci, changeant soudainement de sujet, se met à raconter le dernier ragot du quartier. Il arrive alors que nous oublions ce que nous voulions dire ; se le rappeler peut demander un effort considérable.

2.1.2. La courbe de position sérielle

Les nombreux travaux sur la courbe de position sérielle ont également contribué à mettre en évidence la dichotomie entre mémoire à court terme et mémoire à long terme. Pour l'essentiel, l'aboutissement de ces recherches se réfère à un fait bien connu : lorsqu'on présente une liste de mots à un groupe de participants afin qu'ils les mémorisent, et qu'immédiatement après on leur demande de les restituer dans l'ordre qu'ils veulent, la probabilité de se souvenir de chaque mot dépend de la position qu'il occupait dans la liste. La représentation graphique de ces résultats observe la forme d'un « U » (Gillet, 2004).

Connue sous le nom de courbe de position sérielle, cette représentation met en évidence que les individus se souviennent bien des mots situés en début de liste, mal ou très mal de ceux du milieu, et particulièrement bien de ceux de la fin. Le bon rappel des mots du début tient à ce qu'on appelle l'*effet de primauté*. Celui-ci a été expliqué par l'exercice de répétition

mentale de ces premiers mots (donc par leur consolidation plus importante), et par le fait qu'ils sont préservés de possibles effets d'interférence dans la mémoire à long terme. L'excellent rappel des mots situés en fin de liste est dû à ce qu'on nomme l'*effet de récence* ou de proximité : ces mots seraient directement récupérés dans la mémoire à court terme. En résumé, l'effet de primauté relèverait de la mémoire à long terme, alors que l'effet de récence relèverait de la mémoire à court terme.

Des études ont permis de dégager les variables qui affectent les effets de primauté et de récence, c'est-à-dire les variables susceptibles d'engendrer des dissociations fonctionnelles entre les zones de primauté et de récence de la courbe. Ces travaux nous semblent présenter un intérêt particulier. On a ainsi démontré que le mode de présentation d'une liste de mots, la longueur de celle-ci, la fréquence des mots et l'état mental de l'individu (amnésique ou non-porteur de trouble) affaiblissent l'effet de primauté mais n'influent pas sur l'effet de récence. À l'inverse, certaines variables, comme par exemple l'introduction d'une tâche retardant le délai de rappel des mots, affectent exclusivement l'effet de récence.

Ces expériences ont également contribué à confirmer l'importance de la répétition mentale sur l'effet de primauté et sur le transfert de l'information de la mémoire à court terme en mémoire à long terme. Elles ont également permis d'établir une distinction entre répétition d'entretien et répétition d'élaboration. La répétition d'entretien est un mode de répétition mécanique et superficiel, comme par exemple celui que nous réalisons pour retenir un numéro de téléphone jusqu'à ce que nous puissions le noter. On sait que, dans ce cas, l'information est perdue ou oubliée dès lors que nous cessons de la répéter. Au contraire, la répétition d'élaboration est un type de traitement plus complexe qui porte sur le sens d'une information, qui l'analyse et l'élabore en profondeur, jusqu'à un niveau où il est possible de la connecter à d'autres éléments déjà stockés en mémoire. Il s'agit de répéter l'information en lui accordant une attention particulière, en même temps que s'établissent des connexions entre cette information nouvelle et les connaissances qui sont déjà en mémoire. En reprenant l'exemple du numéro de téléphone, quand un numéro donné nous intéresse particulièrement et que nous voulons le mémoriser, nous mettons en jeu une série de stratégies d'élaboration, comme par exemple associer chaque chiffre ou chaque paire de chiffres à des dates historiques ou des numéros qui nous sont familiers. Nous savons que, de cette manière, nous le retiendrons de manière définitive.

2.1.3. Le paradigme de Sternberg

Il s'agit de l'un des protocoles mis en place pour identifier les processus impliqués dans la récupération de l'information stockée en mémoire à court terme. La variable dépendante (reconnaissance) est étudiée par le biais du temps de réaction (TR) qui donne des informations sur un ensemble de processus hiérarchisés sous-jacents.

La procédure d'une tâche typique de Sternberg consiste à présenter à un individu, durant 1 s, un ensemble de chiffres appelé groupe positif

(par exemple 4-9-1). Le groupe positif est généralement composé de 1 à 6 chiffres. On montre ensuite au participant un chiffre unique, appelé chiffre-test et il doit dire si OUI ou NON ce chiffre fait partie du groupe positif (il a devant lui deux touches : une pour le OUI et l'autre pour le NON). Le participant doit répondre le plus rapidement possible. On mesure le temps de latence de ses réponses (ou TR), c'est-à-dire le temps séparant l'apparition du chiffre-test et l'émission de la réponse.

D'après Sternberg, les participants réalisent au moins trois opérations essentielles dès l'instant où le chiffre-test apparaît. En premier lieu, ils identifient le chiffre ; dans un second temps, ils explorent le groupe positif stocké en mémoire à court terme (MCT) pour vérifier si le chiffre y est inclus. Enfin, ils sélectionnent la réponse appropriée et répondent. Lors de ses expériences, Sternberg a mis en évidence trois faits fondamentaux :

- a) le TR augmente à mesure qu'augmente l'amplitude du groupe positif ;
- b) le TR est une variable dépendant de l'amplitude du groupe positif ;
- c) le TR est indépendant du type de réponse (OUI/NON).

2.2. La mémoire de travail

La mémoire à court terme n'a pas seulement pour fonction de retenir l'information de manière passive, elle doit aussi la traiter activement. Ainsi la connaît-on également sous le nom de mémoire de travail (*working memory*), mémoire opérationnelle, mémoire fonctionnelle ou mémoire active.

Si nous réfléchissons un moment, nous pouvons constater que la majorité des actes mnésiques quotidiens implique de décider quel type d'informations est utile pour nous à chaque instant, puis de sélectionner ces informations parmi le vaste ensemble des connaissances disponibles. De plus, quand la nature de nos activités vient à changer, nous passons subtilement et instantanément d'une sélection à une autre, et cela à plusieurs reprises. Nous menons à bien de telles décisions (sélections et transitions) pratiquement à chaque instant de veille, la plupart du temps de façon automatique et sans effort. La mémoire mise en jeu dans ce type de changement, de décision fluide, de sélection et d'alternance a été baptisée *mémoire de travail* ou *mémoire opérationnelle*. À chaque étape de ces processus, nous devons accéder à des informations précises qui représentent seulement une infime fraction de nos connaissances totales. La capacité d'y parvenir revient à trouver immédiatement une aiguille dans une botte de foin et apparaît, de ce fait, étonnante.

Actuellement, le concept de mémoire de travail est un des thèmes de recherche les plus étudiés en neurosciences cognitives et revient constamment dans la littérature spécialisée. Comme cela peut arriver avec d'autres concepts à la mode, on utilise souvent le terme mémoire de travail de manière arbitraire et vague, ce qui est susceptible d'en altérer le sens (Goldberg, 2004). L'aspect le plus représentatif de la mémoire de travail, et qui doit être souligné, est son *incessant et rapide changement de contenu*. Il s'agirait presque d'acrobaties mentales, comme celles d'un artiste jonglant

avec cinq balles et devant les maintenir constamment en mouvement. Un seul dysfonctionnement de la mémoire de travail, et toutes les balles tombent par terre.

La mémoire de travail diffère des activités que nous associons généralement au terme de *mémoire*, c'est-à-dire apprendre une quantité donnée d'informations et la retenir. Il s'agit en fait d'autre chose : nous en avons besoin pour prendre des décisions à grande échelle, mais dépendons aussi d'elle lors des situations les plus anodines. La mémoire d'un enfant lui permet de savoir où sont ses jouets, mais aussi ses vêtements, ses livres et ses bonbons. Le matin, quand il doit s'habiller, il va chercher ses chaussures dans l'armoire et non pas dans la bibliothèque. Ces décisions, apparemment banales et sans effort, nécessitent également la mémoire de travail.

Le modèle de mémoire de travail le plus connu est *le modèle tripartite* proposé par Baddeley et Hitch en 1974. Il a été corrigé et approfondi par la suite (Baddeley, 2000 ; Colmenero, 2005). Ce modèle suppose l'existence et la coordination de trois systèmes : l'administrateur central, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. Un quatrième système a été ajouté par la suite : le *buffer épisodique* (également connu sous le nom de *mémoire tampon*).

2.2.1. L'administrateur central

L'administrateur central est considéré comme un système de contrôle qui interagit avec deux sous-systèmes : la boucle phonologique, sollicitée pour les informations auditivo-verbales, et le calepin visuo-spatial, en lien avec les informations visuelles et spatiales. L'administrateur central est principalement impliqué dans la supervision et la régulation du système de la mémoire de travail. Ses fonctions exécutives (fonctions de direction ou de pilotage) incluent la coordination de deux sous-fonctions : la focalisation et la modulation souple de l'attention ainsi que l'activation des représentations en mémoire à long terme. À ces deux sous-fonctions pourraient aussi s'ajouter l'inhibition des informations non pertinentes, la suppression active des réponses qui s'imposent de façon routinière, le suivi et la mise à jour du contenu de la mémoire de travail, l'étiquetage temporel et la codification contextuelle des informations entrantes, ainsi que la planification et le séquençage des actions volontaires.

2.2.2. La boucle phonologique

Elle a été divisée en deux sous-composantes : le stock phonologique passif et le processus (mécanisme) de répétition subvocale. Le *stock phonologique* est un « espace de stockage » dont la fonction est de maintenir les informations sous la forme d'un encodage phonologique qui s'estompe avec le temps. La *répétition subvocale* permet de maintenir actives les données emmagasinées dans le stock phonologique, de les « rafraîchir » pour les empêcher de disparaître.

Le concept de boucle phonologique a été décrit à partir des résultats des expériences qui suivent (Torgesen, 1996).

2.2.2.1. *L'effet de similarité phonologique*

Le rappel sériel immédiat de séquences verbales est affecté lorsque les items se ressemblent phonétiquement. La séquence des lettres *v, g, b* est plus difficile à retenir que la séquence *r, s, o*, indépendamment du mode de présentation de la séquence (visuel ou oral). Ceci s'explique par le fait que les items *v, g, b* partagent entre eux plus de traits phonologiques que les items *r, s, o*. Cet effet n'est pas observé si les items sont similaires visuellement mais pas auditivement.

2.2.2.2. *L'effet de bruit de fond*

Le souvenir de séquences verbales présentées visuellement peut être perturbé par un bruit de fond, si celui-ci comporte des mots dont la structure phonologique est similaire à celle des mots devant être mémorisés. Les mots du bruit de fond ne doivent pas nécessairement être significatifs ; il suffit qu'ils présentent une similarité phonologique avec ceux qui doivent être mémorisés. Cet effet ne se produit pas si le bruit de fond ne comporte pas de parole.

2.2.2.3. *L'effet de longueur des mots*

La longueur de la séquence verbale qui doit être retenue est fortement affectée par la durée de prononciation des mots. À partir d'une liste de mots conçue selon plusieurs variables (concrets/abstraites, avec/sans signification, rares/fréquents), on remarque qu'il est plus facile d'enregistrer une séquence de mots courts que de mots longs. L'étendue d'une séquence de nombres pouvant être mémorisée dans différentes langues varie directement en fonction du temps requis pour leur articulation. La vitesse articulatoire limite donc le nombre de mots pouvant être répétés mentalement ou rafraîchis en une période de temps donnée.

2.2.2.4. *L'effet de suppression articulatoire*

S'il est demandé à un individu de prononcer de manière continue le mot « de », en même temps que lui sont présentées des séquences d'items à mémoriser (visuellement ou oralement), le nombre d'items rappelés correctement diminue de manière significative. Cet effet ne survient pas s'il est demandé au participant de réaliser simultanément une tâche motrice, comme par exemple de taper sur la table. Une étude portant sur les enfants atteints de dysarthrie congénitale² confirme qu'ils disposent d'un empan mnésique^[1] relativement satisfaisant et qu'ils sont sensibles aux deux effets de similarité phonologique et de longueur des mots. Cela suggère que ces enfants sont capables d'utiliser le processus de répétition subvocale de manière normale. En effet, ce sont les niveaux centraux de la parole qui sont impliqués, et non les aspects superficiels du contrôle neuromoteur.

2. Trouble de la parole lié à un mauvais fonctionnement de l'appareil phonatoire.

En résumé, la boucle phonologique serait donc un système permettant un bref stockage de données verbales qui tiendrait autant compte des caractéristiques des items que de leur ordre d'apparition au sein d'une séquence. Ce stockage est réalisé au moyen d'un encodage qui porte sur les différents traits phonologiques des données devant être retenues. Celles-ci peuvent être activées à partir du stock phonologique, directement dans le cas d'informations auditives ou via le mécanisme de répétition subvocale si le matériel est présenté visuellement.

2.2.3. Le calepin visuo-spatial

Le calepin visuo-spatial a été divisé en une sous-composante passive, appelée stock visuel, et une sous-composante de traitement actif, appelée script interne. La fonction du *stock visuel* serait la rétention des informations visuelles n'ayant pas été modifiées par l'encodage. Le *script interne* est le processus actif qui permet la transformation, la manipulation ou l'intégration des informations spatiales stockées.

La différence entre mémoire à court terme phonologique (ou verbale) et mémoire à court terme visuo-spatiale est également repérable dans le domaine de la pathologie. Par exemple, les patients atteints par le syndrome de Down (trisomie 21) présentent un déficit spécifique de la mémoire à court terme verbale, alors que ceux qui présentent un syndrome de Williams³ montrent, au contraire, une atteinte spécifique de la mémoire à court terme visuo-spatiale (Jarrold, Baddeley et Hewes, 1999).

2.2.4. Le buffer épisodique

Le *buffer* épisodique (également appelé *mémoire tampon*) serait le quatrième système de la mémoire de travail. Il s'agirait d'un système de stockage temporaire, multimodal et capable d'intégrer en une représentation épisodique unitaire des informations issues à la fois des différents sous-systèmes et de la mémoire à long terme. Par conséquent, le buffer épisodique serait responsable du traitement simultané de différentes sources d'informations. En ce sens, le modèle de Baddeley dans sa forme révisée diffère grandement des modèles qui l'ont précédé : il accorde en effet une place importante aux processus d'intégration, et pas seulement aux sous-systèmes isolés.

Un consensus se dégage des recherches sur les bouleversements théoriques qu'a connu le concept de mémoire de travail durant ces 25 dernières années. Depuis la première proposition de Baddeley et Hitch (1974), cette notion a fait l'objet de modifications qui concernent tant sa structure que les fonctions de ses différents systèmes et sous-systèmes. Cette refonte conceptuelle a permis de mettre en évidence la richesse de ce système, le rôle fondamental que jouent les représentations stockées en mémoire à long terme, ainsi que cette caractéristique de première importance : la mémoire de travail est au service de la cognition dans son ensemble.

3. Anomalie du développement associant une dysmorphie du visage, un retard mental et une cardiopathie (70 % des cas).

2.3. La capacité de la mémoire à court terme

La capacité de la mémoire immédiate est un thème qui avait déjà été abordé par certains philosophes du XIX^e siècle. L'une des premières mesures effectuées dans ce domaine portait sur *l'empan* de chiffres, c'est-à-dire la séquence numérique la plus longue pouvant être immédiatement répétée en ordre direct. On sait que la plupart des personnes peuvent se souvenir de 6 ou 7 chiffres, mais certaines ne parviennent à en retenir que 4 ou 5, tandis que d'autres en répètent 10 ou plus.

L'empan de mémoire immédiate a traditionnellement été associé au « chiffre magique » $7, \pm 2$ (Miller, 1956). Mais selon d'autres études, cet empan chez les adultes serait plutôt de 4 ± 1 unités (« fragments » d'informations ou *chunks*). Il serait par ailleurs dépendant d'autres variables aussi complexes que les stratégies de traitement ou le focus attentionnel. Le *chunk* fait référence à une unité d'information définie subjectivement et organisée en accord avec une règle ou un modèle familier. Par exemple, une séquence de 6 lettres peut être représentée comme 6 *chunks* (U-L-B-S-O-E), mais aussi comme 1 *chunk* (BLOUSE) si l'organisation de ces lettres permet de constituer un mot (Baddeley, 1999).

En ce qui concerne la mémoire de travail visuo-spatiale, il semblerait qu'il est impossible d'appréhender plus de 3 ou 4 items de manière simultanée, bien que dans ce registre, il soit important de distinguer la *capacité* de stockage de *l'efficacité* de stockage (Vogel, McCollough et Machizawa, 2005).

Par conséquent, et bien qu'il s'agisse d'une capacité en principe relativement limitée, il est possible de l'augmenter de manière notable avec de l'entraînement et un recours à des stratégies adaptées.

Si l'on donne une liste de chiffres à un individu et qu'on lui demande de la lire à voix haute, il s'en souviendra probablement mieux que s'il l'avait fait mentalement. La raison en est que l'articulation et la perception des phonèmes énoncés transitent par la mémoire échoïque. Une autre manière d'en améliorer le rendement consiste à regrouper les chiffres selon un certain rythme. Il semble que le plus efficace serait de les regrouper de 3 en 3, en laissant un court laps de temps entre eux.

Le rôle du rythme dans la mémoire a été sous-estimé, probablement parce qu'il a été associé aux idées du XIX^e siècle : la répétition mécanique était alors considérée comme un rabâchage inutile d'informations. Le rythme contribue grandement à la mémorisation de poésies par exemple. Le cas du mathématicien Alexander Aitken peut illustrer l'apport du rythme en tant que procédé de mémorisation. L'usage d'un rythme particulier permettait à ce professeur de retenir les 1000 premières décimales du nombre Pi, 500 chiffres sans erreurs en 150 s, à raison de 5 chiffres/s séparés par une pause de 0,5 s. Après une scolarité primaire sans histoires, Aitken, à l'âge de 13 ans, ressentit une forte attirance pour les nombres. Durant les 4 années suivantes, il se lança comme défi personnel de se distinguer dans le domaine du calcul mental. Rapidement, il put effectuer des calculs mentaux

tels qu'il devint une célébrité locale. Sur demande, il pouvait donner quasi-instantanément les carrés de nombres à 3 chiffres. Il accédait aussi aux racines carrées de nombres comportant jusqu'à 5 chiffres en 2-3 s. Le calcul des carrés de nombres à 4 chiffres lui demandait environ 5 s. Aitken obtint le titre de professeur de mathématiques à Édimbourg et fut finalement élu *Fellow of the Royal Society* pour ses contributions aux mathématiques numériques, aux statistiques et à l'algèbre des matrices. Vers l'âge de 30 ans, il commença à perdre son enthousiasme pour le « yoga mental », comme il se plaisait à nommer son talent. Cette perte d'intérêt était en partie due à l'avènement des machines à calculer (vers 1930), qui rendirent son habileté « obsolète ».

2.4. Mémoire à court terme ou mémoire de travail ?

Pour certains auteurs, la mémoire à court terme et la mémoire de travail (fonctionnelle, opérationnelle ou active) sont des termes équivalents. D'autres, en revanche, établissent des distinctions et considèrent la mémoire à court terme comme un type particulier de mémoire de travail.

En principe, la mémoire à court terme se réfère au type de mémoire impliqué dans la rétention d'une petite quantité d'informations durant quelques secondes. En effet, une tâche de mémoire à court terme peut simplement exiger du participant qu'il retienne passivement les informations et qu'il les redonne de la même façon qu'elles lui ont été présentées (par exemple le subtest *Mémoire des chiffres* des échelles de Wechsler dans sa forme en ordre direct, voir chapitre 5). La tâche peut, au contraire, exiger du participant qu'il maintienne en mémoire des informations données, en même temps qu'il les réorganise ou les intègre à des informations nouvelles ou déjà apprises. Dans ce dernier cas, il s'agirait d'une tâche de mémoire de travail (par exemple le même subtest *Mémoire des chiffres* mais en ordre inverse, le subtest *Séquence Lettres-chiffres* du WISC-IV, ou bien n'importe quelle tâche de calcul mental).

La mémoire de travail (MT) pourrait aussi bien renvoyer à la mémoire à court terme (MCT) qu'à des processus d'attention, chargés de maintenir activées certaines composantes de la MCT pour en permettre le traitement. La MT pourrait être modélisée par la formule suivante : $MT = MCT + \text{attention}$. Kail et Hall (2001) ont validé cette hypothèse au moyen d'analyses factorielles. Ces chercheurs ont distingué, chez des enfants de 7 à 13 ans, des tâches qui évaluent la MCT (*empan* de chiffres, de lettres et de mots) de tâches évaluant la MT (*empan* de lecture, d'écoute et de liste de nombres). Il s'avère que les tâches de MT sont en relation avec des aptitudes de déchiffrage de mots, mais il n'en va pas de même pour les tâches de MCT. En revanche, on observe systématiquement une augmentation de la vitesse de traitement en fonction de l'âge des enfants examinés.

Baddeley (1999), au contraire, utilise indifféremment les deux termes en considérant que la mémoire à court terme ne représente pas un système unique mais un ensemble complexe de sous-systèmes interactifs, englobés par le concept de mémoire de travail.

De leur côté, Schneider et Pressley (1997) estiment que la mémoire à court terme et la mémoire de travail diffèrent : dans la première prévaut le fait de stocker et de reproduire les informations, alors que dans la seconde s'ajoute la capacité à transformer ces mêmes informations conservées par le système à court terme.

Solms et Turnbull (2004) soutiennent que la mémoire à court terme présente deux aspects : l'un est passif et l'autre actif. Ces auteurs emploient le terme de « mémoire immédiate » pour se référer à l'aspect passif (perceptif), réservant le terme de « mémoire fonctionnelle » au versant actif (cognitif).

Dans tous les cas, la tendance actuelle est de considérer la mémoire comme un processus actif, et, dans ce sens, le terme qui la représenterait le mieux serait celui de mémoire active ou mémoire de travail. Cependant, de nombreux auteurs continuent d'utiliser les termes mémoire de travail et mémoire à court terme de façon interchangeable.

2.5. La mémoire à long terme

Parmi les trois types de mémoire que nous avons évoqués, la mémoire à long terme (MLT) est celle qui se rapproche le plus de ce que le sens commun entend par « mémoire ». Elle contient les informations accumulées sur de très longues périodes de temps. Il est difficile d'imaginer une quelconque activité qui pourrait être menée à bien sans la MLT. Par exemple, se rappeler comment on parle, se souvenir de son propre nom, du lieu où l'on a grandi, de l'endroit où l'on était l'année passée ou il y a 5 min : tout cela dépend de la MLT. Contrairement à la MCT, la MLT est dotée d'une capacité illimitée. Il s'agit d'un système éminemment complexe dans lequel est stocké tout ce que nous savons à propos de nous-mêmes et du monde qui nous entoure : mots, images, concepts, associations entre concepts, classification hiérarchique d'objets, schémas, stratégies, procédures, etc.

De nombreuses distinctions ont été proposées au sujet de la MLT, la plupart dichotomiques. Nous en décrivons brièvement les plus consensuelles et les plus diffusées.

2.5.1. La mémoire épisodique et la mémoire sémantique

En 1972, le psychologue canadien Endel Tulving a établi une distinction essentielle entre la mémoire épisodique, qui est la capacité à se souvenir des expériences, et la mémoire sémantique, qui est la capacité de stockage des connaissances sur le monde.

La *mémoire épisodique* se réfère au souvenir des événements vécus par une personne. Elle stocke les informations relatives à des épisodes situés dans l'espace et dans le temps. La mémoire épisodique contient les faits biographiques, proches ou éloignés, de chacun d'entre nous. Par exemple, ce que nous avons fait dimanche après-midi, le titre de la dernière pièce de théâtre à laquelle nous avons assisté, ou ce que nous avons pris au

petit-déjeuner ce matin. C'est la mémoire mobilisée pour les événements vécus subjectivement. Grâce à cette mémoire, nous pouvons récupérer consciemment les faits de notre passé qui se sont produits en un temps et en un lieu donnés. C'est le système qui nous permet de voyager mentalement à travers le temps et d'anticiper notre avenir, toujours par le biais de l'esprit.

Certains auteurs ont proposé que la mémoire épisodique (ou mémoire des faits spécifiques qui surviennent à un moment et en un lieu précis) soit considérée comme une catégorie supérieure qui comporterait d'autres mémoires (par exemple la mémoire autobiographique, la mémoire des événements, la mémoire générique, la mémoire « collective » de Candau, 2005). Ainsi, on différencie la mémoire épisodique pour les événements quotidiens sans implication personnelle, et la mémoire autobiographique pour les événements personnellement significatifs. En réalité, cette distinction se réfère davantage au type d'informations enregistrées qu'à des systèmes mnésiques différents. En d'autres termes, parler de mémoire épisodique revient à parler de mémoire autobiographique et vice versa.

La *mémoire sémantique*, en revanche, est le système chargé de l'acquisition, de la rétention et de l'utilisation des connaissances sur le monde dans son acception la plus large, ce qui implique les faits, les concepts et le vocabulaire, indépendamment de notre expérience personnelle. Elle comprend non seulement le sens des mots, mais aussi une large gamme d'informations, notamment non verbales. À la différence de la mémoire épisodique, la mémoire sémantique est dépourvue de références spatio-temporelles et de résonance affective (Cambier, 2001). Les représentations sémantiques constituent en effet le savoir général des individus : tout ce que nous connaissons, et qui peut être décrit sous forme de propositions, relève de la mémoire sémantique. Grâce à un tel système, nous pouvons nous représenter les états, les objets et les relations entre les uns et les autres, sans que ceux-ci ne soient physiquement présents. La mémoire sémantique nous permet de disposer d'une forme de réplique ou de représentation du monde : connaître le sens d'un mot, les jours de la semaine ou encore la capitale de la France, sont des exemples de manifestations de la mémoire sémantique.

Si la dichotomie mémoire épisodique/sémantique reste valide, il faut néanmoins souligner deux points intéressants (Dalmas, 1993). Toute connaissance sémantique a été un jour épisodique. Nous avons tous appris que $2 + 2 = 4$, même si nous avons oublié le contexte d'acquisition de ce savoir, probablement parce que celui-ci n'avait pas d'importance. Nous gardons une vague idée de l'origine de nombreuses connaissances sémantiques, comme par exemple la date de la découverte de l'Amérique qu'un professeur nous a apprise au cours de la première année de collège, ou bien d'autres types de connaissances rendues compréhensibles par un enseignant ou par le biais d'une lecture. D'autre part, il y a des événements dont le statut sémantique ou épisodique n'est pas clair. De même, certains souvenirs relèvent à la fois de notre mémoire sémantique et de notre mémoire épisodique.

2.5.2. La mémoire implicite^[1] et la mémoire explicite^[1]

Ces termes ont été proposés par Graf et Schacter en 1985. La *mémoire implicite* renvoie aux informations stockées sans conscience de leurs spécificités d'acquisition spatio-temporelle. Il s'agit de ce qu'un individu a appris, sans qu'il se souvienne nécessairement de la manière, du moment et du lieu d'acquisition de ce savoir. La *mémoire explicite*, au contraire, renvoie aux souvenirs conscients de l'individu, c'est-à-dire à ses expériences personnelles.

Les manifestations de la mémoire implicite sont mises en évidence par des recherches portant sur les effets de *priming* ou d'amorçage. Le terme de *priming* se réfère à l'observation suivante : si un mot ou un objet a été vu ou entendu une fois, il sera vu ou entendu d'autant plus rapidement lors d'occasions ultérieures. Ainsi, si vous avez lu récemment le mot « lapin », vous le percevrez avec davantage d'acuité quand il sera présenté par la suite, même très brièvement.

Ce type d'apprentissage^[1] est dit *implicite* car l'attention de l'individu n'est pas focalisée sur le matériel à apprendre. Son influence se manifeste indirectement par le biais de la rapidité ou de la facilité à répondre. De tels apprentissages ne sont pas affectés par les divers facteurs influençant les tâches de reconnaissance^[1] ou de rappel^[1]. L'introduction d'un mot signifiant, en guise de stimulus, favorise l'efficacité de la reconnaissance postérieure mais n'influe pas sur le *priming*. En revanche, un changement de la présentation perceptive d'un mot, par exemple une variation de sa typographie, tend à réduire le *priming*, mais n'affecte pas le souvenir de ce mot.

Parmi les tâches permettant d'étudier les effets du *priming* perceptif, l'une des plus utilisées est la tâche de complètement de mots. Dans la phase d'étude, on demande aux participants de réaliser une tâche, par exemple de classification de mots (agréables/désagréables). Dans la phase de test, les participants doivent compléter des mots à partir de leurs trois premières lettres (trigrammes) en citant le premier mot qui leur vient à l'esprit. L'effet de *priming* se traduit par la restitution préférentielle des mots présents dans la liste initiale.

Le *priming* conceptuel peut être étudié par le paradigme d'association de mots sémantiquement liés. Des paires de mots, comme *table* et *chaise*, sont présentées au participant durant la phase d'étude. Dans la phase de test, on lui donne le premier mot de la paire, et il doit dire le premier mot qui lui vient à l'esprit. L'effet de *priming* se manifeste par l'évocation préférentielle des mots présentés dans les paires initiales.

Malgré le peu d'études réalisées auprès d'enfants, il semblerait que la mémoire implicite ne se développe pas de la même manière que la mémoire explicite. Il existerait une opposition entre la mémoire explicite, qui se développe à mesure que les enfants grandissent, et la mémoire implicite, qui ne connaît que peu ou pas de changements.

Les recherches sur l'effet de *priming* dans les tâches de complètement de mots, menées auprès d'enfants de 7, 9, 11 ans et d'adultes ont montré

qu'en augmentant l'intervalle laissé entre la phase d'étude et la phase de test, la mémoire explicite décroît aussi bien chez les enfants que chez les adultes. En revanche, l'effet de *priming* n'est pas affecté.

La question de savoir si la mémoire implicite peut être considérée comme un système mnésique^[2] spécifique n'est pas complètement résolue. Des études expérimentales effectuées auprès de patients cérébrolésés ont démontré que les mémoires implicite et explicite sont deux formes de mémoire distinctes mais pourtant interconnectées (voir chapitres 2 et 4). On pourrait envisager la mémoire implicite comme un système de mémoire inconsciente qui se développerait entièrement à un âge précoce, ce qui contraste clairement avec le système de mémoire explicite. Le système de mémoire implicite, non intentionnelle, serait une aptitude biologique primaire repérable dans toutes les cultures. La mémoire intentionnelle et explicite serait, quant à elle, une aptitude biologique secondaire, façonnée par une culture spécifique, et plus particulièrement par le système scolaire.

2.5.3. La mémoire déclarative^[2] et la mémoire non déclarative^[2] (procédurale)

Squire (1987) a établi une distinction entre la mémoire déclarative et la mémoire non déclarative. La *mémoire déclarative* se définit comme un système mnésique souple, responsable du souvenir conscient des faits et épisodes dont le contenu peut être raconté. Elle inclut les faits, les épisodes, les lieux, les relations ou encore les itinéraires de la vie quotidienne. On l'appelle ainsi parce que tout le savoir relevant de ce système peut être « déclaré », c'est-à-dire ramené à la conscience verbalement, sous forme de propositions, ou non verbalement, sous forme d'images. La mémoire déclarative comprendrait la mémoire épisodique ainsi que la mémoire sémantique. Le contenu de cette mémoire se réfère au « savoir quoi ». Toutes les connaissances que nous pouvons transmettre verbalement à d'autres personnes seraient des manifestations de la mémoire déclarative. Celle-ci est explicite et comprend un sous-système de mémoire pour les événements (la mémoire épisodique) et un autre pour les faits généraux (la mémoire sémantique). On l'étudie au moyen de tests de reconnaissance et de rappel libre.

Le concept de *mémoire non déclarative* fait référence à un ensemble de capacités d'apprentissage hétérogènes. Les acquisitions qui en dépendent se caractérisent principalement par le fait qu'elles ne peuvent pas être racontées et qu'elles ne se produisent pas nécessairement de manière consciente. Il est difficile, sinon impossible, de les exprimer et de les transmettre sous forme verbale. Leur contenu se réfère au « savoir comment ». Dans le cas de l'*apprentissage procédural* (ou *processuel*), il s'agit d'habiletés ou de capacités perceptives, motrices et cognitives acquises, auxquelles nous ne pouvons accéder que par l'action. On y inclut également l'*apprentissage émotionnel*, ainsi que le *conditionnement classique et opérant*. Ces divers types d'apprentissage ne constituent pas une seule forme de mémoire et ne

sont pas sous-tendus par un système cérébral unique. Il s'agit au contraire d'un ensemble hétérogène de sous-systèmes :

- L'apprentissage des habiletés motrices : par exemple, utiliser des couverts pour manger, boutonner sa veste, taper dans un ballon, patiner, exécuter des tâches grapho-motrices ou d'autres tâches plus complexes (utilisées en laboratoire), comme par exemple écrire en miroir.
- L'apprentissage d'aptitudes cognitives. Les habiletés cognitives impliquent l'usage de certaines règles spécifiques. Citons par exemple l'usage automatique et sans effort de la phonologie et de la syntaxe, l'aptitude à produire des concepts verbaux (par exemple nommer des objets qu'on nous présente), le chant, le calcul mental ou bien encore la résolution en laboratoire de problèmes manuels et stratégiques comme la *Tour de Hanoï* (voir chapitre 5, NEPSY). Dans ce type d'apprentissage, l'exécution est initialement laborieuse, réflexive et réalisée par essais/erreurs. Mais à mesure que l'activité se répète, on remarque que le participant met moins de temps à la réaliser. L'effort conscient produit diminue aussi progressivement, grâce à l'effet de l'apprentissage procédural.
- La mémoire des habitudes se présente comme un ensemble de dispositions et de tendances acquises de manière graduelle, qui sont spécifiques d'un ensemble de stimulus, et qui guident la conduite.
- L'apprentissage émotionnel inclut le développement des phobies et les comportements conditionnés par la peur.
- Le conditionnement classique simple et les apprentissages pré-associatifs de type habituation ou sensibilisation.

Ce qui justifie le terme de *mémoire*, dans le cas de mémoires non déclaratives, ce sont les changements observés, suite à une expérience passée, dans l'exécution ou la réalisation d'une tâche. Ces changements se réalisent sans que l'individu ait conscience d'avoir auparavant réalisé la tâche en question.

Il semblerait que ce type de mémoire soit préservé chez des patients souffrant d'amnésie, ce que tend à démontrer la réalisation de tâches perceptivo-visuelles complexes comme le paradigme de lecture en miroir, ou impliquant des stratégies cognitives élaborées comme dans l'épreuve de la *Tour de Hanoï*. Les méthodologies adoptées pour ces études sont relativement standardisées : on propose à plusieurs reprises au patient une tâche inhabituelle. Les résultats observés permettent d'obtenir une courbe d'apprentissage procédural mesurant le temps nécessaire pour réaliser la tâche lors d'essais successifs.

En résumé, implicite/explicite et déclarative/non déclarative sont des distinctions dichotomiques qui pourraient être considérées comme équivalentes. Savoir s'il s'agit de systèmes de mémoire séparés ou de différents aspects d'un même système reste une question incertaine et controversée.

2.5.4. La mémoire émotionnelle

En général, le terme de mémoire émotionnelle renvoie aux émotions élaborées via le lien avec une expérience passée, pour laquelle est éprouvée une

sensation susceptible de prévaloir sur le souvenir conscient de l'expérience elle-même. Eichenbaum (2003) propose un bel exemple de mémoire émotionnelle. Cet auteur raconte qu'un jour, une jeune femme qui portait un parfum particulier est montée dans le même ascenseur que lui. Il continue ainsi : « Au bout de quelques secondes, j'éprouvai une délicieuse sensation de familiarité et de bonheur. Je me sentis transporté dans le temps avec émotion, jusqu'à me *souvenir* du lycée. Je commençais à évoquer des filles et des garçons que je connaissais à l'époque, des camarades de classe auxquels je n'avais pas pensé depuis de nombreuses années. J'ai finalement identifié Shalimar, un parfum très répandu chez les jeunes filles au début des années soixante. » Dans cet exemple, ces derniers souvenirs sont des manifestations typiques de la mémoire déclarative, alors que le « *souvenir du lycée* » serait, quant à lui, une manifestation de la mémoire émotionnelle.

À l'heure actuelle, certains chercheurs postulent l'existence d'un circuit cérébral spécifique en charge des souvenirs émotionnels, et qui fonctionnerait parallèlement à d'autres systèmes de mémoire. Via ce système, nous pouvons parfois nous sentir nerveux, joyeux ou effrayés devant une image qui suscite un souvenir, indépendamment de ladite sensation ou avant même de pouvoir identifier son origine. Ce système intervient également dans le conditionnement de la peur et d'autres conduites relatives aux « craintes ou détresses acquises » (par exemple sursauter).

2.6. Les autres types de mémoire

2.6.1. La mémoire prospective

Le terme de mémoire prospective est utilisé pour décrire la capacité à se rappeler une action que l'on doit réaliser à un moment ultérieur, à se souvenir des choses que nous avons à faire. Elle implique donc une faculté d'autovérification et de régulation des conduites, avec l'objectif de réaliser une action ultérieure pour atteindre un but. Elle est en relation étroite avec d'autres entités, telles la mémoire de travail ou les fonctions exécutives.

Nous sommes chaque jour confrontés à une grande variété de tâches de mémoire prospective, comme fermer un robinet pour éviter que la baignoire ne déborde ou encore payer la facture d'électricité. Pour les enfants, il est important de se souvenir des devoirs qu'ils doivent faire à la maison après leur journée d'école, d'avoir en mémoire un rendez-vous avec un ami, ou une commission que leurs parents leur ont demandée. De nombreuses études suggèrent que près de la moitié des trous de mémoire du quotidien relèvent de la mémoire prospective.

On peut distinguer deux types de mémoire prospective : l'une fait référence à des événements, l'autre s'appuie sur des données temporelles. La première suppose de se souvenir d'une tâche à réaliser en fonction d'un événement précis. Si Lionel dit à l'un de ses amis : « Quand tu verras Adrien au cours de gym aujourd'hui, dis-lui de m'appeler », il lui

demande de se souvenir de réaliser une action bien précise (demander à Adrien de l'appeler) lorsque se produira un événement déterminé (le voir au cours de gym).

La mémoire prospective, s'appuyant sur des données temporelles, implique de se souvenir du fait que l'on doit réaliser une action à un moment ultérieur précis, comme par exemple sortir le gâteau du four dans 20 min ou prendre un médicament à 23 h.

L'étude de la mémoire prospective reposant sur les événements nécessite de comprendre pourquoi certains signaux ou indices sont susceptibles de réactiver spontanément le souvenir d'une action à réaliser. L'étude de la mémoire prospective liée à des données temporelles implique, quant à elle, de comprendre comment nous mettons en place des signaux qui permettront l'activation du souvenir.

Si le personnage de notre exemple, en arrivant au gymnase, se met à discuter avec Adrien du match PSG-OM et qu'il oublie la requête de son ami, la défaillance de la mémoire prospective est imputable au fait qu'Adrien est susceptible d'activer bien d'autres souvenirs que celui d'appeler Lionel. Les meilleurs déclencheurs de la mémoire prospective sont généralement des signaux très caractéristiques qui suscitent peu d'associations en mémoire à long terme. Dans une expérience d'Einstein et McDaniel, des volontaires séparés en deux groupes doivent appuyer sur un bouton quand apparaît un mot qui leur a été présenté à l'avance. Pour un groupe, le mot est *pellicule*, pour l'autre c'est [yolif], un mot sans signification. Les participants se souviennent davantage de presser le bouton avec un stimulus tel que [yolif] qu'avec *pellicule*. Les chercheurs sont parvenus à la conclusion qu'un signal comme *pellicule* suscite de nombreuses associations auxquelles les individus ont tendance à penser, oubliant ainsi la tâche à exécuter. En revanche, avec [yolif], n'étant pas distraits par des associations (ou par des informations non pertinentes), ils n'oublient pas d'appuyer sur le bouton.

Les actes mnésiques portant sur des données temporelles requièrent une plus grande capacité de conscience et d'initiative de la part de l'individu que ceux basés sur les événements, qui sont davantage automatiques ou spontanés.

Pour favoriser un souvenir prospectif, un signal doit être informatif et caractéristique à un degré suffisant. Combien de fois écrivons-nous un numéro de téléphone à composer en oubliant par la suite à qui il appartient !

L'efficacité de la mémoire prospective peut également être affectée si nous sommes distraits par d'autres événements et que nous accordons alors moins d'attention à l'événement cible (Schacter, 2003 ; Kerns, 2000).

3. Les modèles de mémoire

Pour expliquer le fonctionnement complexe de la mémoire humaine, les scientifiques ont conçu différents modèles théoriques. Nous allons commenter quelques-uns des plus répandus.

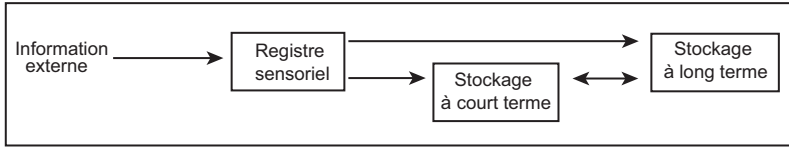


FIGURE 1.2. LE MODÈLE SIMPLIFIÉ D'ATKINSON ET SHIFFRIN (GIL, 2002).

3.1. Le modèle d'Atkinson et Shiffrin

Parmi les modèles les plus connus et les plus influents, le modèle proposé en 1968 par Atkinson et Shiffrin (figure 1.2), de l'Université de Stanford, met en évidence deux dimensions principales : les caractéristiques structurales et les processus de contrôle. Les caractéristiques structurales font référence aux composantes invariantes et permanentes du système mnésique. On peut les répartir selon trois niveaux différents : le registre sensoriel, le stock à court terme et le stock à long terme. Les processus de contrôle se réfèrent, quant à eux, aux processus mobilisés pour mettre en œuvre et disposer de la mémoire. On peut citer par exemple les processus de consolidation, de suivi, de recherche, d'encodage les schémas de décision ou encore les techniques de récupération d'informations stockées en mémoire à long terme.

Les informations externes passent tout d'abord par le *registre sensoriel*, où elles transitent durant une période de temps très courte (entre 0,5 et 4 s environ), s'effacent rapidement puis disparaissent, à moins qu'elles ne soient transférées dans le stock à court terme. Le *stock à court terme* reçoit une sélection d'informations qu'il conserve entre 15 et 30 s et qui proviennent autant du registre sensoriel que du stock à long terme. Ces informations peuvent néanmoins être maintenues plus longtemps grâce à des stratégies de contrôle et de consolidation comme la répétition mentale. Notons que les caractéristiques des informations du stock à court terme ne dépendent pas nécessairement de la forme de l'*input* sensoriel. Ainsi, par exemple, des informations présentées visuellement (comme des lettres, des chiffres, des mots) peuvent être encodées et stockées sous forme phonologique, auditive, verbale, ou encore linguistique.

Les informations relevant du troisième stock (*à long terme*) peuvent être considérées comme relativement permanentes, bien qu'à certains moments elles soient inaccessibles. La capacité de ce stock ne semble pas connaître de limites. Les informations y sont principalement encodées selon des caractéristiques sémantiques. La fonction du *stock à long terme* serait alors de permettre au système exécutif (notamment la mémoire de travail et l'attention) d'explorer ou de vérifier les informations qui entrent dans les registres sensoriels et de faire de la place aux informations en provenance du *stock à court terme*. Le flux des informations transitant entre les trois systèmes est sous le contrôle de l'individu lui-même. Il est

possible de transférer des informations du *stock à long terme* vers le *stock à court terme*, ce qui présente un intérêt notamment pour des tâches de résolution de problèmes. Il existe aussi une possibilité de transfert direct du *registre sensoriel* vers le *stock à long terme* (Ruiz Vargas, 1998, 2002 ; Eustache, 1996).

3.2. Le modèle de Craik et Lockhart

En 1972, Craik et Lockhart proposent une alternative aux modèles structuraux : ils développent un modèle des niveaux de traitements. Ces chercheurs affirment que la durée de la trace mnésique dépend de la forme de l'encodage. Un encodage superficiel du matériel a tendance à favoriser un oubli rapide, tandis qu'un encodage élaboré en profondeur permet une meilleure rétention.

Craik et Lockhart proposent que la mémoire soit considérée comme l'aboutissement des différents traitements ou analyses auxquels les informations externes sont soumises. Par conséquent, ce modèle se focalise principalement sur les processus d'encodage qui se réalisent au moment de l'entrée des informations.

La proposition centrale est qu'un stimulus entrant déclenche une série de phases de traitements hiérarchisés que l'on peut situer selon une échelle graduée en termes d'élaboration, dont les extrémités seraient d'un côté l'analyse sensorielle, et de l'autre l'élaboration sémantico-cognitive. Ainsi, la mémoire peut être considérée comme un continuum allant de résultats transitoires provenant d'analyses sensorielles jusqu'aux productions durables, fruits d'opérations sémantico-cognitives. Les stimuli seront traités à un niveau superficiel ou profond en fonction de leur nature et du temps nécessaire à l'opération de transformation. Un item transitant par un niveau profond a une plus grande probabilité d'être retenu que s'il demeure à un niveau superficiel. Supposons que nous présentons à quelqu'un une liste écrite de mots qu'il doit apprendre, par exemple : « lion, VOITURE, table et ARBRE ». Pour la moitié de la liste, nous lui demandons si les mots se réfèrent à un élément animé ou non animé ; pour l'autre moitié, s'ils sont présentés en majuscules ou en minuscules. Si l'on maintient les autres facteurs invariables, le participant se rappellera plus facilement par la suite les mots qu'il a envisagés sous l'angle animé/non animé que ceux qu'il a dû traiter selon le format des lettres. Se demander si le mot se réfère à un objet animé ou non animé nous permet d'élargir le sens de celui-ci par ce que nous en savons déjà. À l'inverse, si l'on se contente d'examiner la typographie du mot (en minuscules ou en majuscules), nous ne parvenons que difficilement à relier celui-ci avec nos connaissances préalables. D'autres expériences ont permis de montrer que le rappel ultérieur augmente quand on présente des phrases ou des histoires qui relient l'information à apprendre avec des associations ou des faits déjà connus (Schacter, 2003).

4. Les systèmes mnésiques

Un système mnésique peut être défini comme un réseau neuronal spécifique servant de support à des processus mnésiques également spécifiques. Il se caractérise surtout par le type d'informations qu'il traite, les règles qui régissent son fonctionnement et les mécanismes cérébraux qui le soutiennent (Ruiz Vargas, 2002).

En accord avec cette définition, on distingue à l'heure actuelle cinq principaux systèmes de mémoire humaine. L'un relève de la mémoire à court terme : il s'agit de la mémoire de travail. Les quatre autres dépendent, quant à eux, de la mémoire à long terme⁴ : il s'agit des mémoires sémantique, épisodique, procédurale et du système de représentation perceptive (tableau 1.1).

TABLEAU 1.1. LES SYSTÈMES MNÉSQUES

1. Mémoire procédurale Habilités et conditionnement simple
2. Système de représentation perceptive <i>Priming</i> perceptif
3. Mémoire à court terme Mémoire de travail
4. Mémoire sémantique Connaissances générales sur le monde
5. Mémoire épisodique Souvenir conscient de l'histoire personnelle

Le système de représentation perceptive (SRP) est un ensemble de sous-systèmes spécifiques de gestion dont la fonction est d'améliorer la reconnaissance des mots et des objets. Cette reconnaissance est réalisée par le biais de l'identification et du traitement des informations relatives à la forme et à la structure des stimulus. Les significations et les propriétés associatives n'interviennent pas. Le SRP permettrait d'augmenter la capacité à identifier un stimulus et jouerait un rôle essentiel dans les effets du *priming* perceptif. On sait que ces effets sont sensibles à la compatibilité du format du matériel durant la phase d'étude et dans la phase de test. En revanche, ils sont peu sensibles aux variations de profondeur de l'encodage.

En accord avec ces éléments, le SRP n'intervient pas dans les effets de *priming* conceptuel (en lien avec des modifications de la mémoire sémantique) puisqu'il relève d'un niveau pré-sémantique. Quoique distinct des

4. Précédemment commentés.

autres systèmes mnésiques, il interagit toutefois avec eux. Il inclut trois sous-systèmes :

- la forme visuelle des mots ;
- la forme auditive des mots ;
- la description structurale des objets.

Ces trois sous-systèmes se distinguent en fonction du type d'informations perceptives qu'ils traitent, mais ils présentent tous les caractéristiques suivantes : ils interviennent à un niveau pré-sémantique, sont impliqués dans les manifestations mnésiques non conscientes, sont préservés chez les patients amnésiques et relèvent de mécanismes corticaux.

Certains chercheurs ont suggéré l'existence d'un quatrième sous-système en charge de la reconnaissance faciale. Cette question est toujours débattue.

Dans une autre perspective, Tulving (1987) qualifie d'*implicites* la mémoire procédurale, le SRP, et la mémoire sémantique ; les mémoires à court terme et épisodique sont, quant à elles, considérées comme *explicites*. La mémoire procédurale^[1] est un *système d'action* qui se manifeste par des comportements indépendants de toute cognition. Les quatre autres systèmes sont considérés comme des *systèmes cognitifs*.

L'étude des aspects développementaux montre clairement que la capacité à accéder à des souvenirs spécifiques s'acquiert et se développe durant les périodes *préscolaire* et *scolaire*⁵, paraît relativement stable à l'âge adulte et décline avec la vieillesse. La mémoire implicite se développe dès les premiers mois de la vie, avec l'apparition de différents systèmes opérationnels qui sont préservés durant le reste de la vie adulte et de la vieillesse. On peut remarquer que l'âge affecte différemment la mémoire implicite et la mémoire explicite : le déclin de la mémoire avec l'âge semble toucher exclusivement les systèmes mnésiques explicites (mémoires épisodique et de travail) alors que les effets de *priming* observés dans les tâches de mémoire implicite paraissent relativement préservés chez les personnes âgées.

Certaines différences, repérables au cours du développement, confirment l'existence de systèmes de mémoire distincts.

4.3.1. La mémoire épisodique^[1] et la mémoire sémantique^[1]

On repère des différences entre la mémoire épisodique de jeunes adultes et celle d'adultes plus âgés, mais ces écarts ne se remarquent pas dans les tests de mémoire sémantique.

4.3.2. La mémoire épisodique et le SRP

On a comparé les performances de deux groupes d'enfants de 8 ans et de 12 ans lors de tâches de reconnaissance (de figures et de mots) et de

5. La période *préscolaire* correspond globalement à la tranche d'âge 3–5 ans (cycle de l'école maternelle), et la période *scolaire* à la tranche d'âge 6–12 ans (école primaire).

priming (test de figures et test de mots dégradés). Les résultats suivants ont pu être mis en évidence : alors que les effets de *priming* sont équivalents dans les deux groupes, les niveaux de reconnaissance sont significativement supérieurs chez les enfants les plus âgés.

4.3.3. La mémoire épisodique et la mémoire procédurale

Les jeunes adultes obtiennent de meilleures performances dans les tâches de mémoire épisodique. Ces différences ne se remarquent pas avec la mémoire procédurale.

4.3.4. La mémoire sémantique et le SRP

Il n'y a pas de différence observable entre jeunes adultes et adultes plus âgés lors de tâches de *priming* perceptif et de complètement de mots. Les jeunes adultes obtiennent de meilleurs résultats dans les tâches de *priming* conceptuel (production d'items de catégories sémantiques).

4.3.5. La mémoire sémantique et la mémoire procédurale

On a étudié le mode d'apprentissage de réponses (mémoire procédurale) et le mode d'apprentissage de lieux (mémoire sémantique) auprès de jeunes enfants âgés respectivement de 4, 8, 12 et 16 mois. On constate que l'apprentissage de réponses est indépendant de l'âge, contrairement à l'apprentissage de lieux pour lequel les enfants les plus âgés obtiennent un rendement significativement supérieur à celui des enfants plus jeunes.

5. La mémoire et la conscience

La correspondance entre systèmes mnésiques et types de conscience a été introduite par Tulving dans son modèle d'organisation hiérarchique (Gardiner, 2000).

La conscience *anoétique*[□] (sans connaissance) se situe à une extrémité du continuum. C'est une forme d'absence de conscience qui correspond à la mémoire procédurale. La conscience *noétique*[□] (relative à l'acte de penser) caractérise la mémoire sémantique et rend possible une conduite introspective sur le monde. Le terme *autonoétique*[□] caractérise la mémoire épisodique et signifie que l'individu se reconnaît lui-même comme une personne ayant une histoire et un devenir propres, capable de voyager mentalement au travers du temps subjectif sur un mode réflexif.

Wheeler (2000) reprend les concepts de Tulving et postule que de nombreuses difficultés mnésiques chez les jeunes enfants sont causées par des limitations de la perception consciente. Il s'appuie sur ce schéma théorique pour expliquer certains changements survenant dans le développement de la mémoire.

Selon cet auteur, seule la perception *anoétique* existerait à la naissance. Celle-ci est automatiquement sollicitée chaque fois que des stimulus expérimentés antérieurement déclenchent des réactions de comportement apprises. Il n'y a pas de perception de la récupération mnésique ; l'individu

est uniquement conscient de ce qui se produit dans son environnement physique immédiat.

La perception *noétique* (avec connaissance) accompagne la récupération en mémoire sémantique. Cette perception peut être expérimentée lorsqu'on pense par exemple à un objet physiquement absent. Les jeunes enfants l'acquièrent à partir de 8 mois environ.

La perception *autonoétique* est la perception de notre propre existence prolongée tout au long du temps subjectif. Les personnes peuvent se souvenir des expériences du passé, procéder à une introspection de pensées et d'émotions actuelles, se projeter dans l'avenir ou rêver à de possibles expériences futures. Les jeunes enfants ne peuvent avoir accès à ce type de perception. Les enfants de 3 et 4 ans disposent de nombreuses capacités, mais ils se montrent incapables de résoudre des problèmes impliquant l'examen introspectif de leurs propres états mentaux. En effet, bien que de brèves manifestations de la conscience autonoétique apparaissent vers la fin de la deuxième année, celle-ci n'atteint pas de réel niveau de maturité avant l'âge de 5 ou 6 ans au moins. La moindre perception consciente des jeunes enfants pourrait expliquer les limites que l'on constate habituellement dans l'utilisation de leur mémoire (tableau 1.2).

TABLEAU 1.2. LES RELATIONS ENTRE LA MÉMOIRE ET LA CONSCIENCE

Système mnésique	Conscience
Épisodique	Autonoétique
Sémantique	Noétique
Procédural	Anoétique

6. La mémoire, l'apprentissage et l'oubli

La propriété la plus fascinante du cerveau est peut-être sa capacité à acquérir, à conserver et à récupérer des informations. Sa capacité normale, et parfois anormale, à oublier les informations stockées n'en est pas moins surprenante. Ces phénomènes nous renvoient à trois concepts essentiels qui sont étroitement liés : l'apprentissage, la mémoire et l'oubli. L'apprentissage est le procédé par lequel le système nerveux intègre une information nouvelle. La mémoire correspond au stockage et/ou à la récupération de cette information. Enfin, l'oubli est le procédé par lequel l'information stockée s'estompe avec le temps.

Nous commencerons par analyser les relations entre mémoire et apprentissage, pour consacrer la dernière partie de ce chapitre à des considérations portant sur l'oubli, concept aussi familier qu'énigmatique.

6.1. La mémoire et l'apprentissage

L'étude scientifique de l'apprentissage commence au début des années 1880, lorsque le philosophe allemand Hermann Ebbinghaus propose d'étudier la mémoire avec une méthode expérimentale, ce qui était révolutionnaire pour l'époque (1885).

Dans le domaine de l'analyse des phénomènes sensoriels, l'utilisation inédite de techniques chronométrées a permis de quantifier des relations temporelles entre certains processus mentaux. Étant donné la difficulté à maintenir les conditions expérimentales constantes et contrôlables, l'analyse scientifique des fonctions supérieures était limitée à de simples protocoles introspectifs. Progresser dans ce domaine supposait de remplir trois conditions : concevoir des situations expérimentales homogènes, standardiser des tâches d'apprentissage en manipulant des variables actives et proposer une conception de la mémoire en tant que système causal. Ce dernier point aurait permis de vérifier la significativité des résultats obtenus par l'application de techniques mathématiques (Cabaco et Crespo, 2001).

La *première condition* a contraint Ebbinghaus à travailler sur deux aspects du contrôle expérimental.

Il a imaginé des conditions d'apprentissage et de reproduction homogènes, allant du contrôle strict des rythmes de prononciation, à la mise en place de conditions d'exécution standardisées, comme par exemple les horaires des expériences. N'oublions pas qu'Ebbinghaus était l'unique participant de ses propres recherches !

Il conçut des tâches de dénomination de syllabes sans signification, des trigrammes de type voyelle/consonne/voyelle (par exemple DAP, SOM, etc.) par lesquels il prétendait limiter les relations associatives entre les stimulus à retenir. Plus de 2000 syllabes ont été conçues et combinées en séries de longueurs variables. Ce protocole a permis de mesurer l'influence sur l'apprentissage et le souvenir ultérieur de variables telles que le nombre de répétitions, la longueur de la série ou le temps qui s'est écoulé depuis l'apprentissage. L'utilisation d'un tel matériel standardisé permet une grande quantité de combinaisons. Le recours à des stimulus simples, relativement homogènes et dépourvus de signification apparente, permet aussi de maîtriser certains biais : ceux qu'on peut repérer lorsqu'on travaille par exemple avec des textes significatifs susceptibles de parasiter les mesures (intonations, interrogations ou émotions du lecteur).

Pour satisfaire la *seconde condition*, Ebbinghaus a eu l'idée d'objectiver l'apprentissage du matériel au moyen du critère de « reproduction sans erreur ». Pour ce faire, il a envisagé deux possibilités : dans un premier temps, il a défini un apprentissage satisfaisant comme exigeant deux répétitions sans erreur. Dans un second temps, il a réduit ses exigences : une seule répétition sans erreur suffisait à garantir un apprentissage. Ce critère a non seulement rendu possible la quantification de l'apprentissage par le nombre de répétitions ou le temps passé à le réaliser, mais a aussi

permis de mettre en relation divers apprentissages entre eux, introduisant les notions de « réapprentissage » et « d'économie ». Si après avoir appris un matériel déterminé, nous laissons passer un long moment, et qu'à nouveau, nous recommençons à l'apprendre, nous observerons évidemment que le nombre de répétitions ou le temps passé diminuent de manière significative.

Il restait une *troisième condition* pour pouvoir élaborer une méthode systématique d'étude de la mémoire : Ebbinghaus était convaincu que les conclusions scientifiques devaient s'appuyer sur des méthodes statistiques adéquates. Pour obtenir une mesure quantifiée de relations de cause à effet portant sur un phénomène psychologique (par exemple le souvenir d'une série de syllabes sans signification), il fallait reproduire le phénomène en laboratoire. Le chercheur avait ainsi la possibilité de contrôler et de manipuler diverses conditions liées à l'apprentissage et à la mémorisation (nombre de répétitions, durée de l'étude). En effet, si après avoir étudié une série de syllabes de même longueur, nous obtenons des résultats globalement constants, et que nous estimons statistiquement les probabilités de commettre une erreur, alors nous parvenons à quantifier un phénomène psychologique dans ses relations de cause à effet.

Concrètement, la tâche consistait à lire des syllabes données un certain nombre de fois, au moyen de procédés techniques différents qui permettaient de varier les conditions de mémorisation. Selon ce principe, on apprend cette série de syllabes comme un tout. Le nombre de répétitions nécessaires à la mémorisation nous permet de déterminer comment celle-ci s'est produite et quels facteurs l'ont influencée. Après une seule lecture, un adulte peut répéter 6 à 7 syllabes sans signification. Les mots avec signification, ou encore mieux, en lien les uns avec les autres, peuvent être retenus en plus grande quantité car nous retenons mieux les mots quand ils font sens. Ceci étant, nous n'appréhendons pas, et ne retenons pas chacun des phonèmes ou des mots qui composent les phrases, mais nous nous souvenons de l'ensemble. Michotte, en 1912, avait déjà montré à quelle fréquence s'installe un mécanisme logique pour consolider la chaîne des représentations, et en faciliter la restitution. Une seule représentation d'une série ne permet pas de créer d'association stable. Les éléments perçus persistent de courts instants : ainsi, par exemple, les syllabes dépourvues de signification sont conservées quelque temps, en coexistant simultanément dans la conscience. Elles peuvent également être restituées, mais sont, par la suite, oubliées. L'extension de la série proposée entraîne, non pas l'augmentation, mais la diminution du nombre d'éléments retenus. Ainsi, lorsqu'on présente 4 ou 5 chiffres à un participant, il les retient tous. Pour 7 ou 8, il en retient 70 %. Pour 9 chiffres, la performance est de 40 %, et pour 10 seulement de 23 %. Quand la série proposée contient 11-13 chiffres, le nombre d'éléments retenus descend alors à 2-3 %.

En d'autres termes, si l'on dépasse la limite d'empan de syllabes propre à un individu, on diminuera ses possibilités de réussite. Ainsi, si par exemple, au lieu de 6, on lui présente 9 syllabes, alors on observe qu'il n'en

retiendra pas 6 en oubliant 3, mais que sur les 9 syllabes, à peine 2 ou 3 seront retenues (donnée qu'il convient de prendre en compte lorsqu'il s'agit d'évaluer et de prendre en charge les problèmes de mémoire chez les enfants).

Il est aussi intéressant de constater que le nombre d'éléments retenus n'augmente donc pas proportionnellement avec l'étendue de la série initiale, mais que *l'augmentation du volume de la série initiale entrave au contraire le processus de mémorisation*.

Par exemple, si près de 16 répétitions sont nécessaires pour retenir une série de 12 syllabes, nous pouvons nous poser la question suivante : dans quelle mesure doit-on augmenter le nombre de répétitions nécessaires à la mémorisation lorsqu'on augmente l'étendue de ladite série ? Ebbinghaus nous donne les proportions suivantes : pour 7, 12, 16, 24 et 36 syllabes, on a besoin de 1, 16, 30, 44 et 65 répétitions (tableau 1.3).

TABLEAU 1.3. LA RELATION ENTRE LA LONGUEUR DE LA SÉRIE ET LE NOMBRE DE RÉPÉTITIONS

Nombre de syllabes	Nombre de répétitions nécessaires pour la mémorisation
7	1
12	16
16	30
24	44
36	65

Il semblerait qu'apprendre 36 syllabes requière un effort plus intense que pour apprendre séquentiellement 3 séries de 12 syllabes, étant donné que dans le premier cas, on doit retenir simultanément les 36 syllabes, alors que dans l'autre cas, il est seulement nécessaire d'apprendre à chaque fois 12 syllabes par série. Évidemment, l'amplitude de la rétention immédiate varie aussi selon l'âge de la personne concernée et les capacités individuelles de mémorisation.

En résumé, les recherches d'Ebbinghaus ont permis plusieurs conclusions intéressantes (Gemelli et Zunini, 1961). En premier lieu, ce que l'expérience quotidienne nous montre se voit confirmé, à savoir que l'apprentissage dépend de l'entraînement. *Plus on répète une information, plus celle-ci se fixe profondément dans l'esprit*. Cependant, il n'existe pas de relation claire entre le nombre de répétitions et la qualité de fixation de celles-ci. Le premier contact avec un matériel sans signification est le plus important pour sa mémorisation, alors que pour un matériel signifiant, c'est le second contact qui prévaut, étant donné que le premier en a déjà

permis la découverte. Si l'apprentissage dépend bien de l'entraînement, la façon dont celui-ci est réparti a également des conséquences : un apprentissage modéré et continu (*apprentissage réparti*) est plus efficace qu'un apprentissage massif.

Ces recherches ont aussi permis de mettre en évidence l'influence exercée par le matériel à retenir. La position de chacun des éléments qui composent la série joue un rôle particulier. Il est plus facile de retenir le début et la fin d'une série de syllabes que la partie du milieu pour laquelle on rencontre, en général, plus de difficultés.

Le fait de fixer le matériel immédiatement avant et immédiatement après la mémorisation d'une série limite l'émergence de nouvelles associations (phénomène d'interférence proactive et rétroactive).

Il est d'autant plus facile de fixer en mémoire un matériel à apprendre que l'énonciation des syllabes ou des éléments qui le composent est rapide.

Une série composée de syllabes familières est plus facile à retenir qu'une série constituée de syllabes inconnues. De même, apprendre une série longue nécessite un plus grand nombre de répétitions que s'il s'agit d'une série courte. On retient d'autant mieux les éléments qu'ils sont présentés avec insistance et de façon soutenue. Cela vaut pour la durée de rétention : si chaque syllabe reste visible un long moment, l'efficacité mnésique augmente. Néanmoins, dans des conditions identiques, les séries sont apprises d'autant plus vite que leur lecture est rapide.

On a également pu dégager avec certitude l'importance spécifique du comportement global de l'individu. La *fatigue* représente un obstacle majeur pour l'apprentissage. C'est pourquoi les dernières heures de la journée ainsi que le moment de la digestion ne sont généralement pas favorables à la mémorisation. Il en va de même pour les sentiments douloureux, tandis qu'un sentiment agréable, s'il n'est pas trop vif, favorise l'apprentissage. Il faut surtout noter que l'intérêt favorise la rétention par le surcroît d'attention qu'il provoque.

On ne peut pas affirmer qu'il est impossible de mémoriser sans être attentif, bien qu'il existe des apprentissages implicites, automatiques et incidents. Quand il s'agit d'un *apprentissage volontaire*, la focalisation de l'attention est un facteur décisif ; c'est pourquoi les spécialistes de la mémoire recommandent fortement de tenir compte du contrôle attentionnel. Il en va de même pour la *motivation à apprendre*. Sans elle, même de très nombreuses répétitions n'auraient aucune conséquence positive observable. La motivation est un facteur de premier ordre dans l'apprentissage : elle permet à l'apprenant de persévérer dans la tâche qu'il a entreprise.

En résumé, l'intérêt et la pratique sont probablement les facteurs les plus importants pour le succès de la mémorisation.

Pour exemple, on peut citer le cas du chef d'orchestre Arturo Toscanini qui gardait en mémoire les partitions orchestrales complètes de plus de 250 compositions, ainsi que la symphonie et les livrets d'une centaine d'opéras. Un

jour, à Saint-Louis (États-Unis), quelques instants avant un concert, le premier basson fit part à Toscanini de sa consternation : il venait de s'apercevoir que la note la plus basse de son basson ne sonnait pas. Après quelques instants de profond découragement, Toscanini revint trouver le bassoniste alarmé et le rassura en lui disant que cette note n'apparaissait dans aucune des partitions du basson prévues au programme ce soir-là (Purves, 2001). Citons un cas similaire, quoique moins spectaculaire : celui du célèbre pianiste argentin Bruno Gelber. Lors d'une interview télévisée, il affirma avoir en tête plus de 45 h de musique, c'est-à-dire qu'il était capable de jouer de mémoire, sans se tromper, durant tout ce temps. Il précisa qu'il ne s'agissait pas d'une aptitude exceptionnelle, mais que n'importe quel musicien bien entraîné en était capable.

6.2. La mémoire, l'attention et l'intention

Contrairement à ce que l'on croyait depuis plusieurs années, l'attention ne semble pas indispensable pour l'encodage en mémoire. Il est donc également nécessaire d'étudier en profondeur le phénomène d'apprentissage inconscient (implicite et automatique).

Selon ce qui a été décrit précédemment, *l'apprentissage implicite* est le processus par lequel les personnes acquièrent un savoir global sur le monde, indépendamment de toute volonté consciente d'y parvenir. *La mémoire implicite* serait par conséquent l'expression d'un savoir acquis durant un épisode antérieur, à condition qu'il n'y ait pas de référence consciente ou explicite à cet épisode de l'apprentissage.

Il est démontré que, dans notre activité quotidienne, nous essayons rarement de mémoriser les informations relatives à ce qui se produit dans notre environnement, et que, malgré cela, nous nous en souvenons après coup. Cela implique d'analyser les effets de deux facteurs bien identifiés par les recherches cognitives portant sur la mémoire : l'intention et l'attention. L'implication de la conscience doit être, elle aussi, étudiée.

En psychologie, on distingue classiquement *l'apprentissage incident*^[1], qui se produit sans intention explicite d'apprendre, de *l'apprentissage intentionnel*^[2], qui se produit quant à lui lorsque l'individu tente intentionnellement d'apprendre quelque chose. Il est donc possible que l'attention n'intervienne pas toujours dans l'apprentissage. Les observations de la vie quotidienne et les recherches en laboratoire mettent en évidence qu'à certaines occasions, les éléments appris ont fait l'objet d'attention (de manière consciente), et que, d'autres fois, ils sont intégrés à la mémoire sur un mode inconscient. Par conséquent, nous pouvons distinguer l'apprentissage *conscient* (attentionnel ou contrôlé) de l'apprentissage *inconscient* (sans attention ou automatique).

Ruiz Vargas (2002) va plus loin et différencie à son tour l'apprentissage automatique de l'apprentissage implicite. Tous deux se produisent de façon inconsciente, mais ils diffèrent quant à leurs coûts attentionnels respectifs. *L'apprentissage automatique* ne requiert pas d'attention, alors que celle-ci est une condition sine qua non de *l'apprentissage implicite*.

6.3. La mémoire et l'oubli

De manière générale, l'oubli se caractérise par la perte d'informations stockées.

Si l'on nous demandait : « Qu'avez-vous fait hier ? Qu'avez-vous fait le même jour de la semaine précédente ? Le même jour il y a 1 an ? Il y a 10 ans ? », il est évidemment fort peu probable qu'on se souvienne de ce que l'on a fait à une date précise 10 ans auparavant. Il serait d'ailleurs intéressant de savoir précisément ce qu'il advient de souvenirs mémorables un jour après l'expérience, mais dont on ne peut plus se souvenir au bout d'1 an. Disparaissent-ils du système mnésique ? Restent-ils cachés en arrière-plan, dans l'attente qu'un déclencheur adéquat, une voix caractéristique ou un arôme particulier les ramènent à la mémoire ? Autrement dit, les informations qu'on oublie s'effacent-elles, auquel cas leur perte serait irréversible, restent-elles cachées, ou s'effacent-elles dans certains cas, en se dissimulant dans d'autres ?

Selon Schacter (2003), les études neurobiologiques avec des animaux prouvent largement que l'oubli peut résulter d'une perte littérale d'informations. Lorsque nous connaissons un succès ou que nous apprenons quelque chose de nouveau, il se produit des changements chimiques complexes dans les synapses qui connectent les neurones entre eux. Les expériences montrent qu'avec le temps qui passe ces modifications peuvent s'atténuer. Ainsi, les connexions neuronales permettant l'encodage des souvenirs se dégraderaient peut-être avec le temps. À moins que les souvenirs ne soient renforcés par des mécanismes de récupération et de récit postérieur, les connexions se raréfient au point qu'il devient impossible de se remémorer les souvenirs en question. Mais de nombreuses études ont également montré que les informations apparemment perdues peuvent être récupérées grâce à des signaux ou des pistes qui nous rappellent les processus d'encodage impliqués. À mesure que le temps passe, et que les interférences se cumulent, les informations s'estompent progressivement. Seul un déclencheur approprié peut mettre fin aux effets inexorables du temps, en ravivant des bribes de souvenirs à partir de connexions neuronales en constante dégénérescence.

6.3.1. Les théories de l'oubli

En accord avec ce qui a été énoncé, on peut considérer qu'il existe deux théories principales. La première postule que les traces mnésiques s'estompent et se perdent au fil du temps ; l'autre soutient que les informations ne disparaissent jamais, mais qu'elles deviennent progressivement moins accessibles.

Ce thème intéresse depuis bien longtemps philosophes et scientifiques. Pour Saint Augustin, l'oubli n'est jamais total puisque « nous ne pourrions pas retrouver un souvenir perdu si l'oubli était absolu ». Comment, et par quelles voies neuronales, certains événements appelés déclencheurs de souvenirs sont-ils à l'origine de la remémoration et de la réactualisation d'un état interne passé ? Ce processus est magnifiquement décrit par

Proust quand il raconte comment une madeleine trempée dans une tasse de thé a enclenché un processus de remémoration. La question est toujours d'actualité.

Il y a quelques années, deux psychologues de l'Université de Washington ont observé que 84 % de leurs collègues s'accordaient à considérer que « tout ce que nous apprenons est stocké de façon permanente dans notre esprit bien que certains détails particuliers ne soient pas accessibles ». Selon Purves (2001), il est très probable que les 16 % qui pensent autrement aient raison. En se basant sur des études de stimulation du cerveau, certains auteurs affirment que rien n'est oublié complètement. On a en effet prouvé que les mémoires peuvent être stimulées. Cependant, cela ne signifie pas qu'il s'agisse de « véritables mémoires », puisque des expériences vécues pendant le sommeil sont également susceptibles d'être réactivées (Baddeley, 1999).

D'autre part, on pourrait penser que si l'oubli n'existait pas, nos cerveaux seraient surchargés par un excès d'informations inutiles. En fait, le cerveau humain est doué pour l'oubli. Il existe des mécanismes peu connus qui provoquent une perte d'informations à tous les stades du processus de stockage en mémoire, y compris en ce qui concerne la mémoire à long terme. Des recherches réalisées au Royaume-Uni ont montré que lorsqu'on demande à des citoyens anglais de se remémorer l'aspect d'un penny, le souvenir est imprécis dans la plupart des cas, alors qu'ils l'ont observé des milliers de fois. On a aussi pu observer que les téléspectateurs oublient progressivement les shows télévisés qu'ils ont pu regarder.

Ces recherches, ainsi que de nombreuses autres, mettent en évidence que nous oublions facilement les éléments qui n'ont pas d'importance spécifique. La capacité à oublier les informations anodines est probablement aussi essentielle pour le fonctionnement cognitif normal que celle à retenir les informations que nous jugeons importantes. De telles conclusions sont corroborées par les difficultés que rencontrent certains individus dans la mise en œuvre des processus normaux d'inhibition de l'information. Citons le cas de Shereshevski (ou simplement « S » comme l'appelait Luria), qui pouvait répéter des séries de 30, 50, et même 70 mots ou nombres, mais qui avait pourtant des difficultés à débarrasser son esprit d'éléments parasites auxquels il ne pouvait s'empêcher de penser. Ainsi, essayer de comprendre un extrait de texte lui était extrêmement difficile, parce qu'il ne pouvait inhiber les images qui s'imposaient à son esprit. Cela avait pour effet de le déconcentrer, le forçant à reprendre depuis le début, et à repenser une nouvelle fois la totalité du passage. Citons un autre exemple, tiré de la littérature : le personnage de Borges, Funes dit « *el memorioso* », présentait la caractéristique suivante : des milliers de données mémorisées s'imposaient à son esprit, notamment lorsqu'on récitait des vers en sa présence, si bien qu'il ne pouvait accéder au sens du poème.

6.3.2. La loi du déclin

Alors qu'en pratique la quantité des informations pouvant être stockée ne connaît pas de limite, la quantité totale d'items récupérables à un moment

déterminé est limitée. Chaque élément stocké en mémoire relève de deux forces : une force de stockage et une force de récupération. La *force de stockage* est un indice de la qualité de l'apprentissage de l'item, c'est-à-dire que mieux celui-ci est appris, plus sa force de stockage est élevée. La *force de récupération* d'un item dépend, quant à elle, de son accessibilité à un moment donné. En d'autres termes, plus on sollicite une information, plus sa force de récupération se développe. La récupération d'un item augmente sa force de stockage (consolidation), ce qui le rend plus facilement accessible dans l'avenir, en même temps que d'autres items deviennent moins récupérables.

Dans une perspective adaptative, la théorie du déclin implique qu'une information non utilisée ne perde pas en force de stockage, c'est-à-dire qu'elle n'est pas éliminée de la mémoire. Cette information perd seulement en force de récupération, ce qui signifie qu'elle reste disponible en mémoire, mais qu'il sera plus difficile d'y accéder. Cette information non récupérable, et par conséquent non interférente, est cependant identifiable et peut être réapprise. Autre aspect adaptatif du système mis en évidence par la théorie : l'information qui a progressivement perdu en accessibilité ou en force de récupération, par effet de déclin, peut être retrouvée facilement si la recherche mentale s'appuie sur des techniques qui permettent de reconstruire le contexte d'acquisition de cette information.

En résumé, nous pourrions énumérer quatre causes principales qui pourraient expliquer l'oubli à long terme :

- perte réelle de l'information dans les systèmes de stockage ;
- échec de la récupération (remédiable au moyen de techniques adéquates) ;
- déformation des traces déjà existantes causées par l'incorporation de nouvelles informations (interférences) ;
- combinaison des causes précédentes.

L'oubli à court terme, autrement dit la perte d'informations récemment acquises, est un autre problème. Il n'y a pas de désaccord à ce sujet entre les auteurs puisque l'expérience quotidienne, comme la recherche expérimentale, montrent toutes deux que l'oubli se produit très rapidement, en quelques secondes. On pourrait par exemple penser à des situations du quotidien : si on nous dit un numéro de téléphone sans que nous puissions l'écrire, et que quelqu'un mentionne un autre numéro, nous oublions, partiellement ou totalement, le premier des deux dans l'instant.

6.3.3. La courbe de l'oubli

L'oubli suit une courbe déterminée : rapide au départ et diminuant graduellement par la suite, elle est plus logarithmique que linéaire. D'un autre côté, si l'on considère deux souvenirs d'une intensité équivalente, le plus ancien des deux sera le plus durable et s'oubliera moins rapidement.

La diminution de la fréquence d'association a été mise pour la première fois en évidence par Ebbinghaus, grâce à la *méthode de l'économie*, en accord avec la tâche expérimentale suivante : des participants doivent

apprendre plusieurs séries homogènes ; au bout de 20 min, ils répètent l'une d'elles autant de fois qu'il le faut pour qu'elle puisse être parfaitement récitée. Au bout d'une heure, ils en apprennent une deuxième, de forme identique ; après une autre heure, une troisième, et ainsi de suite. Les résultats de l'expérience montrent que la série apprise en premier est oubliée plus lentement, tandis que celle apprise en dernier est oubliée plus rapidement. À partir de ces éléments, on a pu montrer que si deux matériaux à mémoriser présentent une difficulté équivalente, nous nous souviendrons mieux de celui que nous avons appris en premier, ou plutôt nous l'aurons moins oublié. Des études réalisées par la suite ont confirmé ces résultats et ont montré qu'il est possible de conserver un bon souvenir d'une langue étrangère 50 ans après l'avoir apprise. Une exception à la courbe normale de l'oubli est repérable dans le cas d'habiletés spécifiques, pour lesquelles l'oubli est rare (par exemple certaines habiletés procédurales, comme faire du vélo).

6.3.4. Les défaillances de la mémoire

La mémoire joue un rôle tellement fondamental dans notre vie quotidienne que nous la tenons souvent pour acquise jusqu'à ce qu'un incident de type oubli ou distorsion attire notre attention.

Les trous de mémoire sont aussi fascinants qu'importants. Pourquoi ne se rappelle-t-on pas toujours les noms de personnes dont nous connaissons parfaitement le visage ? Comment expliquer les moments où nous égarons nos clés, notre portefeuille, ou autres erreurs de même type ? Pourquoi certaines expériences semblent-elles disparaître de notre esprit sans laisser de traces ? Pourquoi nous souvenons-nous parfois d'expériences douloureuses que nous préférerions oublier ? Que pouvons-nous faire pour contourner, empêcher ou minimiser ces aléas de nos systèmes mnésiques ?

Schacter (2003) suggère l'existence de sept types de défaillances du fonctionnement mnésique. Trois – fugacité, absence et blocage – sont considérées comme des défaillances par « omission » : nous sommes incapables de nous souvenir d'idées, d'événements ou de faits, malgré un effort pour y parvenir. Les quatre autres – méprise, suggestibilité, biais et persistance – sont des défaillances dites de « commission » : une certaine trace mnésique est activée, mais elle est incorrecte ou non adéquate.

6.3.4.1. La fugacité ou effet du temps qui passe

Il s'agit de la dégradation ou de la perte de la mémoire avec le passage du temps. Il est facile de se souvenir de ce que nous avons fait ces dernières heures, mais si l'on nous interroge à propos des activités réalisées il y a 6 semaines, 6 mois ou 6 années, la possibilité de se souvenir diminue. La majorité des oublis est observée après les premiers délais. Ils se réduisent par la suite, comme l'a découvert Ebbinghaus. Cela a été confirmé dans d'innombrables expériences.

6.3.4.2. *L'absence*

Elle suppose une rupture de la zone de contact entre l'attention et la mémoire. En général, les défaillances de la mémoire résultant d'une distraction (par exemple la perte de clés ou de lunettes, l'oubli d'un rendez-vous) ont lieu lorsque nous sommes préoccupés par des questions ou des sujets qui nous distraient, et que nous détournons notre attention de notre objectif. L'information recherchée n'est pas perdue sous l'effet du temps qui passe : soit elle n'a pas été enregistrée initialement, soit nous ne la recherchons pas dans un moment approprié, notre attention étant focalisée ailleurs.

6.3.4.3. *Le blocage*

Il suppose une recherche d'informations inaboutie alors que nous nous efforçons tant bien que mal de les récupérer. Il nous est tous arrivé de ne pas parvenir à remettre un nom sur un visage. Cette expérience déconcertante se produit même lorsque nous focalisons toute notre attention sur la tâche qui nous préoccupe, bien que le nom recherché n'ait pas disparu de notre esprit. Nous nous en rendons compte lorsque, quelques heures ou jours plus tard, le nom bloqué nous revient subitement.

Dans de nombreux sondages portant sur les erreurs de mémoire les plus fréquentes, le blocage de noms de personnes connues arrive en première position. En effet, les noms propres ne sont pas aussi bien liés avec les associations, connaissances et concepts apparentés que le sont les substantifs.

Selon la majorité des modèles portant sur l'évocation de noms, l'activation des représentations phonologiques se produit seulement après l'activation des représentations conceptuelles et visuelles. C'est pourquoi on peut fréquemment accéder aux informations conceptuelles concernant un objet ou une personne sans nécessairement parvenir à les nommer, alors que le contraire ne se produit jamais. Par exemple, certaines études montrent qu'au quotidien on se souvient fréquemment de la profession d'une personne sans se rappeler son nom. En revanche, aucune étude ne porte sur les cas où l'on se souviendrait du nom d'une personne mais d'aucune autre information conceptuelle sur celle-ci. On peut, par exemple, reconnaître la photo de Charlton Heston en se rappelant que c'est un acteur, mais sans accéder à son nom ; à l'inverse, tous ceux qui se souviendront de son nom se souviendront également de sa profession. Notons qu'il existe des exceptions pathologiques : par exemple, les troubles de la compréhension des mots, qui sont pourtant répétés correctement, dans le cadre des aphasies transcorticales sensorielles, ou encore la bonne mémoire pour la forme des mots sans en comprendre correctement le sens, ce que l'on observe chez des patients autistes.

6.3.4.4. *La méprise ou attribution erronée*

Elle consiste à associer un souvenir à une source erronée, à confondre la réalité avec la fiction. Citons un exemple d'attribution erronée : nous croyons qu'un ami nous a raconté certaines choses que nous avons en réalité lues

dans un journal. L'attribution erronée est un phénomène assez fréquent, qui peut avoir des répercussions dans le domaine judiciaire.

6.3.4.5. *La suggestibilité ou sensibilité à la suggestion*

Elle se réfère à des souvenirs élaborés sous l'effet de questions, observations ou suggestions inductives formulées au moment où une personne tente d'évoquer une expérience passée. La sensibilité à la suggestion prend une place particulière dans le domaine judiciaire, où elle peut parfois engendrer de lourdes conséquences. Nous avons tendance à penser que les souvenirs sont comparables à des photos d'album de famille qui, si elles sont bien rangées, peuvent être récupérées exactement dans le même état. Cependant, nous savons aujourd'hui que nous n'enregistrons pas les expériences comme le ferait un appareil photo. Les souvenirs fonctionnent différemment. Nous conservons de nos expériences des éléments-clés que nous stockons. Ainsi, plus que de récupérer des copies de ces expériences, nous les recréons ou les reconstruisons. Il arrive parfois qu'au cours du processus de reconstruction nous ajoutions des sensations, des croyances ou même des connaissances acquises après l'expérience.

6.3.4.6. *Le biais*

Il reflète l'énorme influence de nos connaissances et croyances actuelles sur la manière de se souvenir du passé. Nous corrigeons ou remodelons souvent des expériences à la lumière de ce que nous savons ou croyons, sans être conscients de ce processus. Le résultat peut être une interprétation déformée d'un incident spécifique ou même d'une longue période de notre vie. Le ressenti actuel prend alors le pas sur la réalité objective.

6.3.4.7. *La persistance*

C'est le souvenir répété d'informations parasites liées à des événements que nous préférierions chasser complètement de notre esprit. Nous nous souvenons de ce que nous ne parvenons pas à oublier, alors que nous le souhaiterions intensément.

6.4. La fonction adaptative de l'oubli

6.4.1. **La nécessité d'oublier**

Jules Renard écrivait dans son journal : « J'ai une mémoire admirable. J'oublie tout ! C'est si pratique ! »

Pour Candau (2002, 2005), « l'oublieuse mémoire » n'est pas seulement un lieu de dégradation, mais peut aussi être considérée comme un espace de travail. Par conséquent, il ne faut pas nécessairement considérer l'oubli comme une privation ou un déficit. L'oubli est une censure mais peut aussi constituer un atout permettant à une personne ou à un groupe d'individus de construire ou de restaurer une image d'eux-mêmes globalement satisfaisante. Kierkegaard pense que le souvenir se doit d'être exact, mais aussi joyeux. Nous pourrions même proposer qu'un souvenir soit joyeux

avant même d'être exact, ce qui impliquerait d'oublier les aspects les plus pénibles d'un événement passé. On pourrait souhaiter oublier jusqu'au souvenir d'un événement heureux s'il contient simultanément le souvenir de sa propre perte. À l'inverse, dans certaines situations particulièrement tragiques, se refuser à oublier un souvenir douloureux peut devenir une raison de vivre à part entière.

Il n'existe pas d'art de l'oubli équivalent à l'art de la mémoire. Un tel art pourrait cependant être utile, même si ce n'était que pour décider de nous détourner de ce qui nous gêne dans notre passé. Cependant, notre cerveau se charge de se débarrasser de milliards d'informations inutiles. Nous oublions davantage que nous nous souvenons. La quasi-impossibilité d'oublier observée chez certains individus dotés d'une mémoire hypertrophiée (comme dans les cas déjà mentionnés de « S » et de Funes) peut les plonger dans un univers chaotique et dans une confusion hallucinatoire qui les empêche de donner sens aux événements mémorisés, ou pire encore, à leur propre vie.

Dans certaines situations, il faut savoir oublier. Oublier, par exemple, le souvenir de la douleur ou de la mort d'un être cher. Si l'oubli est douloureux, c'est parce qu'il constitue néanmoins une forme de mémoire : la paix spirituelle est uniquement atteinte lorsque nous oublions que nous avons oublié. C'est ce qui se passe avec les chagrins d'amour. Sans l'oubli, notre capacité d'adaptation se verrait fortement diminuée.

Dans ce sens, l'oubli, l'art d'oublier, d'inhiber ou de supprimer les informations inutiles, peut être aussi essentiel que la capacité à stocker les informations pertinentes.

Notre système mnésique n'est pas sélectif en première instance, mais il a plutôt tendance à enregistrer potentiellement tout ce que nous expérimentons, ce qui ne signifie pas pour autant que tout ce que nous expérimentons reste stocké de manière permanente. C'est précisément la raison pour laquelle tout ce qui transite par notre mémoire n'est pas nécessaire ou pertinent. Le système mnésique est protégé par l'action de divers mécanismes dont la fonction est d'éliminer une partie des informations inutiles ou non pertinentes (en inhibant, bloquant ou supprimant leur récupération ou peut-être en les détruisant). Par conséquent, nous devons reconnaître la grande valeur adaptative de l'oubli, et son rôle-clé pour le bon fonctionnement de la mémoire humaine. Précisons bien que l'oubli doit être considéré comme le résultat ou le produit des différents mécanismes dont dispose le système mnésique pour fonctionner efficacement, mais jamais comme un mécanisme en soi.

La mémoire humaine est à la fois puissante et fragile, et cette fragilité se reflète au travers de la grande variété d'erreurs mentionnées précédemment (illusions, confusions, distorsions, changements, encodages déficients échecs dans la récupération, récupérations excessives). En d'autres termes, la mémoire humaine est faillible, et il est probable que cette faillibilité, c'est-à-dire, que de nombreux oublis, n'aient aucune valeur adaptative. Ils sont le résultat de défaillances ou d'utilisations peu efficaces des mécanismes

fondamentalement impliqués dans les processus de récupération, mais aussi d'encodage et de consolidation.

La mémoire des individus, contrairement à celle des machines, n'est pas un gardien neutre du passé, et ne peut pas l'être. La mémoire humaine est un système dynamique qui recueille, garde, modèle, change, complète, transforme et nous fait revivre l'expérience passée, individuelle et collective, après nous avoir fait parcourir les interminables méandres de notre identité personnelle (Ruiz Vargas, 1997).

Références

- Atkinson RC, Shiffrin RM. Human memory: a proposed systems and its control processes. En : Spence KW, Spence JT, eds. *The psychology of learning and motivation*. New York : Psychology Press, 1968.
- Baddeley AD. *Essentials of human memory*. Hove : Psychology Press, 1999.
- Baddeley AD. The episodic buffer : a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*. 2000 ; 4 : 417-23.
- Baddeley AD, Hitch GJ. Working memory. In : Bower GA, ed. *Recent Advances in Learning and Motivation*. New York : Academic Press; 1974 ; 8 : 47-89.
- Cabaco A, Crespo A. *Psicología de la memoria : aspectos históricos, desarrollos básicos y ámbitos aplicados*. En : Sánchez Cabaco A, Beato Gutiérrez MS, eds. *Psicología de la memoria*. Madrid: Alianza, 2001.
- Cambier J. *La mémoire*. Paris : Le Cavalier Bleu, 2001.
- Candau J. *Anthropologie de la mémoire*. Paris : Armand Colin ; 2005.
- Colmenero JM. *La memoria*. Jaén : Del lunar, 2005.
- Craik FIM, Lockhart RS. Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1972 ;104 : 671-84.
- Dalmas F. *La memoria desde la neuropsicología*. Montevideo: Roca Viva, 1993.
- Ebbinghaus H. *Über das Gedächtnis*. Leipzig : Dunker, 1885.
- Eichenbaum H. *Neurociencia cognitiva de la memoria*. Barcelona : Ariel, 2003.
- Ellis A, Young A. *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona : Masson, 1992.
- Eustache F. Contribution de l'étude de la pathologie humaine aux théories structurales de la mémoire. En : Eustache F, Lechevallier B, Viader F, eds. *La Mémoire*. Bruxelles: De Boeck, 1996.
- Gardiner J. On the objectivity of subjective experiences of auto-noetic and noetic consciousness. En : Tulving E, ed. *Memory, Consciousness, and the Brain*. London: Psychology Press, 2000.
- Gemelli A, Zunini G. *Introducción a la psicología*. Barcelona : Luis Miracle, 1961.
- Gil R. *Neuropsicología*. Barcelona : Masson, 2002.
- Gillet P. La mémoire de travail. En : Billard C, Touzin M, eds. *Troubles spécifiques des apprentissages. L'état des connaissances*. Paris : Signes, 2004.
- Goldberg E. *El cerebro ejecutivo*. Barcelona : Crítica, 2004.
- Graf P, Schacter DL. Implicit and explicit memory for new associations in normal subjects and amnesic patients. *Journal of Experimental Psychology : learning, memory and cognition*. 1985 ; 11 : 501-18.
- Jarrold C, Baddeley AD, Hewes AK. Genetically dissociated components of working memory: evidence from Down's and Williams syndrome. *Neuropsychology*. 1999 ; 37 : 637-51.

- Kail R, Hall L. Distinguishing short-term memory from working memory. *Memory & Cognition*. 2001 ; 29 : 1-9.
- Kerns K. The CyberCruiser : an investigation of development of prospective memory in children. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2000 ; 6 : 62-70.
- Luria AR. *Atención y memoria*. Barcelona : Fontanella, 1979.
- Miller GA. The magical number seven, plus or minus two : some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*. 1956 ; 63 : 81-97.
- Miller G. How are memories stored and retrieved? *Science*. 2005 ; 309 : 92.
- Puente Ferreras A. *Cognición y aprendizaje*. Madrid : Pirámide, 2003.
- Purves D, Augustine G, Fitzpatrick D, Katz L, LaMantia A, McNamara J. *Invitación a la neurociencia*. Madrid : Médica Panamericana, 2001.
- Ratey J. *El cerebro: manual de instrucciones*. Barcelona : Random, 2003.
- Ruiz Vargas JM. ¿Cómo funciona la memoria? El recuerdo, el olvido y otras claves psicológicas. En : Ruiz Vargas JM, ed. *Claves de la memoria*. Madrid : Trotta, 1997.
- Ruiz Vargas JM. *Psicología de la memoria*. Madrid : Alianza, 1998.
- Ruiz Vargas JM. *Memoria y olvido. Perspectivas evolucionista, cognitiva y neurocognitiva*. Madrid : Trotta, 2002.
- Schacter D. *Los siete pecados de la memoria*. Barcelona : Ariel, 2003.
- Schneider W, Pressley M. *Memory development between two and twenty*. 2.^a ed. New Jersey : Erlbaum, 1997.
- Solms M, Turnbull O. *El cerebro y el mundo interior*. Bogotá : Fondo de Cultura Económica, 2004.
- Squire LR. *Memory and Brain*. New York : Oxford University Press, 1987.
- Torgesen J. A model of memory from an information processing perspective. En : Lyon R, Krasnegor N, eds. *Attention, Memory and Executive Function*. Baltimore : Brooks, 1996.
- Tulving E. Episodic and semantic memory. En : Tulving E, Donaldson W, eds. *Organization of memory*. New York : Academia Press, 1972.
- Tulving E. Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology*. 1987 ; 6 : 67-80.
- Vogel E, Mccollough A, Machizawa M. Neural measures reveal individual differences in controlling acces to working memory. *Nature*. 2005 ; 438 : 500-3.
- Wheeler M. Varieties of consciousness and memory in the developing child. En : Tulving E, ed. *Memory, Consciousness and the Brain*. Philadelphia : Psychology Press, 2000.

CHAPITRE 2

Les bases neurologiques de la mémoire

J. Narbona

Introduction

Dans la perspective neurocognitive, l'*apprentissage*^[1] est le processus par lequel les expériences entraînent des modifications au sein du système nerveux. Par conséquent, l'individu modifie ses stratégies cognitives et son comportement. Il expérimente son environnement, et cette interaction avec ce qui l'entoure interviendra dans ses modalités de réponses ultérieures, en renforçant des systèmes synaptiques déjà constitués et/ou en créant de nouvelles synapses. Les réseaux cérébraux enregistrent, gardent et récupèrent l'information. Ainsi, la probabilité d'activer une représentation similaire à l'expérience passée est élevée. Il en découle une facilité à produire sur le moment l'image de l'événement originel, face à des données extérieures ou des états internes en relation avec celui-ci. La *mémoire* correspond à ce qu'on apprend et se réfère aux structures cérébrales qui nous permettent de le faire. Enfin, l'expérience est nécessaire pour que certains composants du génome neuronal s'expriment et génèrent des changements chimiques et structuraux dans le système nerveux au niveau des synapses qui rendent possible la mémoire à long terme.

1. Les bases cellulaires de la mémoire

Le postulat énoncé par Hebb, en 1949, a été vérifié par de récentes expériences. Selon cet auteur, si une synapse est activée de manière répétée en même temps que le neurone postsynaptique génère des potentiels d'action, des changements se produiront dans la structure chimique, voire dans la

morphologie de la synapse qui, à son tour, s'en trouvera renforcée. C'est le principe le plus élémentaire de l'apprentissage associatif. En neurophysiologie expérimentale, l'augmentation des potentiels excitateurs sur le neurone postsynaptique à la suite d'un apprentissage est appelée *potentialisation à long terme* ; ce phénomène a été observé au cours d'expériences en laboratoire sur des hippocampes isolés du reste du cerveau (Bliss et Lømo, 1973).

Pour identifier les bases cellulaires de la mémoire, c'est-à-dire les variations neurochimiques qui modifient de façon durable la perméabilité des synapses, on a réalisé un travail expérimental de grande ampleur sur des animaux dotés d'un système nerveux très simple, comme le mollusque marin *Aplysia Californica* (Kandel, 2000), et sur des mammifères qui, parce qu'ils sont dotés d'un hippocampe, peuvent réaliser des apprentissages plus complexes. En résumé, durant un apprentissage associatif, un « second messenger » comme l'AMP¹ cyclique est activé ; à son tour, il déclenche une phosphokinase qui facilite des changements transitoires dans les protéines des canaux par lesquels un flux d'ions traverse la membrane neuronale. Ce phénomène est à l'origine d'une variation de perméabilité de ces canaux ioniques et de la modification transitoire qui s'ensuit dans le fonctionnement de la synapse (*mémoire à court terme*). Si la stimulation associative est répétée plusieurs fois, le « second messenger » active dans le génome la transcription de certains facteurs régulateurs de la phosphokinase, en produisant l'activation durable de celle-ci et les modifications permanentes qui s'ensuivent dans la structure protéinique (Inda, Delgado et Carrion, 2005), voire dans la morphologie des terminaisons neuronales (*mémoire à long terme*), avec la multiplication et la réorganisation spatiale des connexions synaptiques observables par microscopie électronique (Yuste et Bonhoeffer, 2004). Ces modifications chimiques et morphologiques des membranes neuronales dans la synapse sont à la base du processus de *consolidation* de la mémoire ; de plus, chaque fois qu'une synapse ainsi modifiée se remet en marche, il se produit de nouveaux changements qui renforcent sa fonction et la rendent plus complexe (*reconsolidation* de la mémoire ; Dudai, 2004). Il en résulte que les expériences les plus lointaines dans la biographie d'un individu, si elles ont été sollicitées (rappelées) tout au long de la vie, sont plus résistantes à l'oubli² que les expériences les plus récentes ou les moins réutilisées (loi de Ribot², en ce qui concerne la mémoire déclarative ; les habitudes cognitives et les habilités motrices, pour la mémoire non déclarative).

1. Adénosine monophosphate.

2. Principe scientifique énoncé par Ribot en 1881 (voir Schacter et Tulving, 1982) selon lequel les informations nouvellement mémorisées disparaissent avant les anciennes. En d'autres termes, la mémoire devient plus résistante avec le passage du temps, c'est-à-dire avec l'expérience. D'après Ribot, cette loi est la manifestation psychologique d'une loi plus générale applicable à l'ensemble des faits biologiques : les structures formées en dernier lieu sont les premières à disparaître.

2. Mémoire à court terme et mémoire de travail

La durée de la mémoire à court terme n'est pas exactement définie mais ses limites sont de l'ordre de quelques secondes. Comme cela a été exposé dans le chapitre 1, il existe une *mémoire à court terme simple* (ou « passive ») qui permet de se rappeler les faits enregistrés quelques secondes après, dans le même ordre ou dans la même disposition spatiale, par exemple une séquence de mots ou de gestes. En revanche, la *mémoire de travail* (mémoire « active » ou « opérationnelle ») suppose la manipulation d'éléments récemment acquis, et leur intégration à une action en cours. Elle permet d'utiliser et de réélaborer temporairement une information nouvelle, tout en la mettant en relation avec les éléments du contexte et avec les représentations en provenance de la mémoire à long terme. Cette étape donne une continuité et une cohérence aux tâches cognitives et aux conduites conscientes.

La mémoire de travail et l'attention sont les deux fonctions à la base du *système exécutif* (Wheeler, Stuss, Tulving et Toward, 1997 ; Sanchez-Carpintero et Narbona, 2001), qui est principalement sous-tendu dans son aspect neurobiologique par les cortex préfrontal et pariétal postérieur, tout en faisant intervenir les ganglions striés, le thalamus, le système réticulé activateur ascendant et les colliculi (Fletcher et Henson, 2001 ; Fuster, 2001). La mémoire à court terme est un prérequis de la mémoire à long terme explicite ou déclarative puisque celle-ci suppose l'acquisition et la récupération conscientes des représentations. Dans ce sens, la région préfrontale (au sommet de la hiérarchie neurobiologique du système exécutif) et la formation hippocampique (dont la fonction principale est la mémoire associative) sont les deux structures cérébrales qui permettent la connexion entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. Comme l'ont suggéré Johnson et Raye (1998), les structures préfrontales contribuent à évaluer la vraisemblance et le sens d'une proposition ou d'une perception ambiguë grâce à la confrontation avec des souvenirs récupérés en mémoire à long terme. C'est ainsi que, dans le cas d'une pathologie du lobe frontal, le patient peut faire un usage inadéquat de sa mémoire ce qui le conduit à de fausses interprétations et à des fabulations (voir chapitre 4).

3. Anatomie fonctionnelle de la mémoire à long terme

3.1. La mémoire explicite (déclarative)

Le support anatomophysiologique de la *mémoire explicite* correspond au circuit classique de Papez (figure 2.1) : pour l'essentiel, l'information de tout le cortex cérébral associatif tertiaire, dans lequel est établie la représentation des informations, est transmise jusqu'à l'hippocampe d'où elle est à nouveau projetée, au travers du thalamus, sur le cortex associatif. L'*hippocampe* est une formation qui présente une structure plus simple que

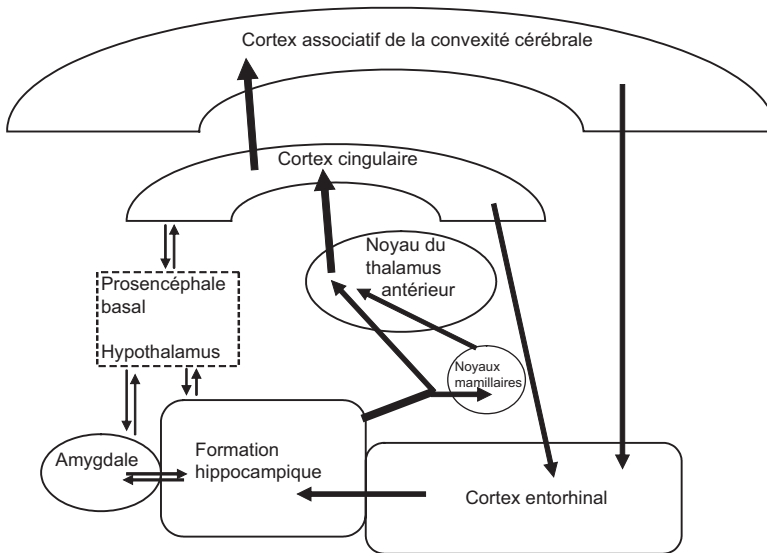


FIGURE 2.1. STRUCTURES ET CONNEXIONS DU CERVEAU MÉSTRAL IMPLIQUÉES DANS LA MÉMOIRE DÉCLARATIVE.

celle du néocortex (archicortex). Situé dans la face interne (ou face mésiale) des lobes temporaux, il se prolonge avec le *cortex entorhinal* d'un côté, et avec le *cortex périrhinal* et *parahippocampique* de l'autre. L'hippocampe a l'aspect macroscopique d'un petit cheval de mer, d'où son nom ; de plus, par sa forme tordue qui ressemble à une corne de caprin, il a classiquement reçu l'appellation de « corne d'Ammon » (*Cornu Ammonis*). À partir des initiales CA ont été créés les sigles de quatre zones différentes correspondant à la division du cortex hippocampique. Ici, seules les CA1 et CA3 nous intéressent. Un amas de neurones granuleux est situé dans les profondeurs de la formation hippocampique : il constitue la *circonvolution dentelée*.

L'anatomie fonctionnelle de la formation hippocampique et des structures adjacentes peut être synthétisée comme dans la figure 2.2.

Le *cortex entorhinal* reçoit l'information du cortex parahippocampique et périrhinal où converge toute l'information issue des aires associatives de la convexité cérébrale. L'information est envoyée depuis le cortex entorhinal, via un faisceau d'axones éférents (*voie perforante*), jusqu'à la *circonvolution dentelée* ; de là part un autre groupe d'axones (*fibres moussues*) qui se projette sur les neurones de la zone CA3 du cortex hippocampique. Celle-ci, à son tour, envoie ses axones éférents sur la zone CA1. La voie de sortie part de là, directement ou en passant par le *complexe subiculaire* (*piliers antérieurs du trigone*), jusqu'à l'*aire basale du cerveau* et le *noyau antérieur du thalamus*, directement ou en passant auparavant par les *corps mamillaires* de l'hypothalamus postérieur. À partir du noyau antérieur du thalamus, des éférences partent vers le *cortex cingulaire* qui, à son tour, se

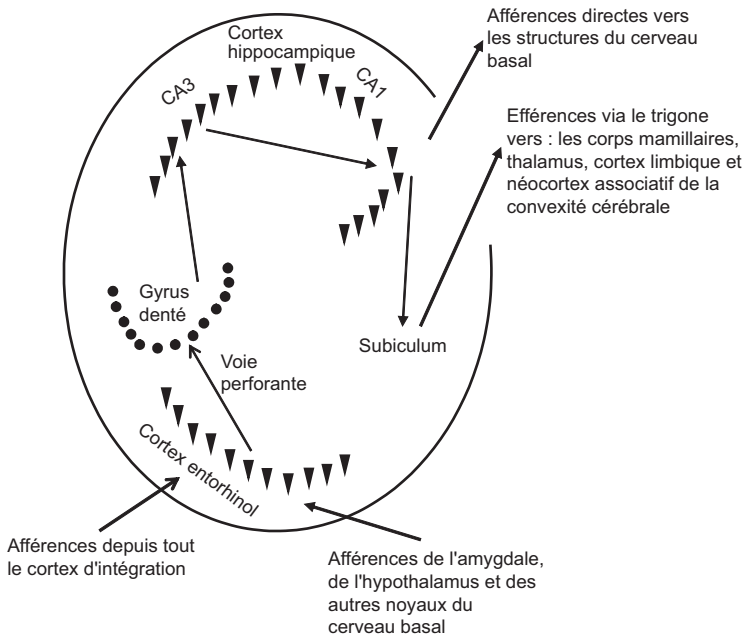


FIGURE 2.2. SCHÉMA DE LA FORMATION HIPPOCAMPIQUE.

projette sur le cortex associatif de la convexité cérébrale (Crosson, 1992). Ainsi, l'information nouvelle et celle dont l'individu dispose déjà en mémoire à long terme se mettent en relation et créent de nouvelles mémoires efficacement contextualisées (figure 2.2).

En ce qui concerne la potentialisation à long terme dans l'hippocampe, les canaux ioniques avec des *récepteurs de type N-méthyl-D-aspartate (NMDA)* ont une importance spécifique. Ils s'activent en présence de glutamate et sont voltage-dépendants : à l'état de repos, le canal ionique est bloqué par un ion de magnésium (Mg^{+}), mais si la membrane postsynaptique est dépolarisée, cet ion est déplacé et permet l'entrée de l'ion calcium (Ca^{+}) et l'activation qui s'ensuit du neurone postsynaptique. La libération de glutamate est massive dans les cas d'activité épileptique continue ou en cas d'hypoxie. Ainsi, l'hippocampe, riche en récepteurs NMDA, est spécialement fragile face à ces agressions puisque la précipitation excessive de Ca^{+} vers l'intérieur du cytoplasme peut compromettre la vitalité neuronale. Ce phénomène est connu sous le nom d'excitotoxicité (Rothman et Olney, 1987).

L'activité de l'hippocampe est modulée à partir d'autres structures cérébrales au travers de voies utilisées par des neurotransmetteurs divers. Une des voies les plus importantes provient de l'aire septale médiale et, en utilisant l'*acétylcholine* comme neurotransmetteur, elle organise le rythme θ -hippocampique qui conditionne la potentialisation et la dépression à long terme (Stewart et Fox, 1990). La *dopamine*, quant à elle, possède des effets facilitateurs de la potentialisation à long terme grâce à ses récepteurs

dopaminergiques dans CA1 et dans le subiculum (Gasbarri, Sulli, Innocenti et al., 1996). La *noradrénaline* possède également un effet facilitateur sur les synapses des axones des neurones entorhinaux (voie perforante) avec les cellules granulaires de la circonvolution dentelée (Bramham, Bacher et Sarvey, 1997). En revanche, la *sérotonine* a un effet inhibiteur de la potentialisation à long terme dans la formation hippocampique (Sandler et Ross, 1999).

Conformément à ce qui a été énoncé, le chemin général que suit l'information dans la formation hippocampique est unidirectionnel : cortex entorhinal → gyrus denté → CA3 → CA1 → complexe subiculaire → sortie vers l'aire basale du cerveau et le thalamus antérieur. Toutefois, il existe aussi des connexions en sens inverse : cortex entorhinal ← complexe subiculaire et cortex entorhinal ← CA1. De la même manière, à l'intérieur des portions corticales CA3 et CA1 s'établissent des circuits récurrents (Amaral et Insausti, 1990). Ils permettent une première manipulation et potentialisation à long terme des informations nouvelles qui sont importantes pour l'individu. Ces circuits favorisent aussi, ce qui est capital, l'association de ces informations avec d'autres relevant du contexte actuel ou des mémoires plus anciennes du même individu. Ainsi, la formation hippocampique, grâce à ses relations avec le système exécutif, constituerait un microsystème à l'intérieur du cerveau. Sa principale fonction serait d'associer les informations, en les situant dans le contexte spatio-temporel de la personne concernée. De cette manière, chez l'homme, les rappels ne sont pas des « clones » parfaits des représentations originelles comme ceux que restitue un ordinateur ; ils sont élaborés et consolidés en fonction du monde intérieur de l'individu et de l'ensemble de son système de représentation.

3.2. La mémoire implicite et ses modalités

La *mémoire à long terme implicite, ou non déclarative* est, quant à elle, en charge de l'apprentissage et de l'utilisation, non nécessairement conscients, des formes de relation fondamentales de l'individu avec le monde : les *habiletés procédurales* (automatismes moteurs, maîtrise des règles phonologiques et grammaticales du langage, des stratégies cognitives de routine, etc.), le *priming* (facilitation de la reconnaissance préférentielle de la donnée ciblée entre différentes données, via une expérience antérieure, non intentionnelle), les principaux modes de *réactivité émotionnelle* de l'individu et le *conditionnement* classique et opérant (voir chapitre 1). La mémoire implicite ne requiert pas de traitement conscient ni d'opération systématique pour l'acquisition comme pour le souvenir.

Dans le substrat neurologique de la mémoire implicite sont impliquées des structures du cerveau basal (noyau *accumbens*, noyaux septaux, substance innommée) : elles reçoivent l'information de l'amygdale temporale et se connectent avec l'hypothalamus et la portion magnocellulaire du noyau dorsomédian du thalamus. Celui-ci reçoit également des afférences des portions antérieures du corps strié et se projette sur le cortex cingulaire antérieur ainsi que sur le cortex de la convexité prémotrice et pariétale

supérieure, lesquels se projettent à leur tour sur les structures amygdalo-temporo-mésiales (Crosson, 1992 ; Carlson, 2006).

Dans un but didactique, il convient de différencier, dans cet ensemble, d'une part le *sous-système strié-(et cérébelleux)-thalamo-cortical* dont la principale fonction relève de l'apprentissage procédural moteur et cognitif, et, d'autre part, le *sous-système amygdalo-diencéphalo-cortical* qui intervient dans l'apprentissage émotionnel et dans le conditionnement (figure 2.3).

Ces deux systèmes de mémoire à long terme, explicite et implicite, fonctionnent selon une relation en parallèle, en recevant et en envoyant des informations au cortex associatif tertiaire (préfrontal, périsylvien et cingulaire rétrosplénial) dans lequel se produit la reconnaissance des informations et les facilitations synaptiques correspondantes.

4. Le développement neurobiologique des systèmes mnésiques

4.1. Le développement encéphalique postnatal humain : aspects généraux

Durant la vie postnatale, le cerveau humain subit d'importants changements qui participent à sa configuration morphofonctionnelle. Ces changements se produisent à un rythme particulièrement soutenu durant les deux premières

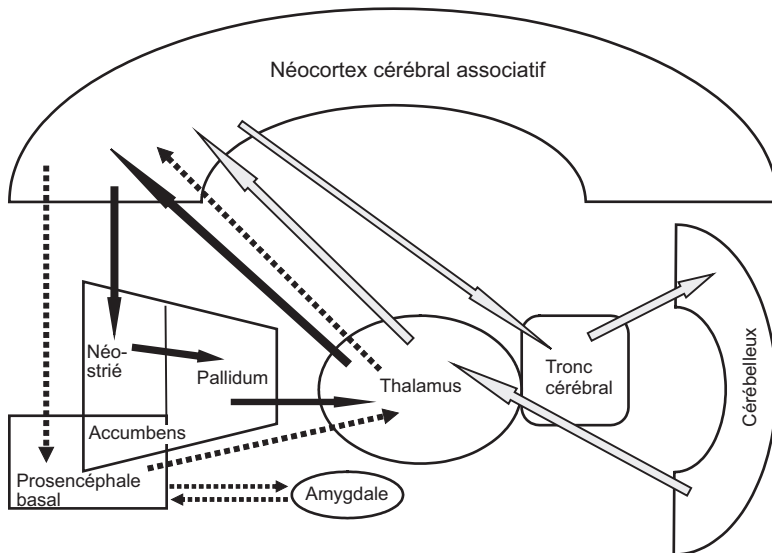


FIGURE 2.3. SCHÉMA DES STRUCTURES ET DES CIRCUITS CÉRÉBRAUX QUI SOUS-TENDENT LES APPRENTISSAGES IMPLICITES. Le circuit qui comprend l'amygdale et le cerveau basal est représenté par des flèches discontinues. Les connexions du circuit cortico-strié-thalamo-cortical sont indiquées par des flèches noires, et celles du circuit cortico-cérébelleux-thalamo-cortical par des flèches grises.

années de vie, et à un rythme plus lent jusqu'à la fin de l'adolescence (Narbona et Fernández, 2007). Il est nécessaire de souligner d'abord quelques aspects de la maturation biologique cérébrale dans l'espèce humaine.

La *longueur totale des dendrites apicales et la complexité de leurs ramifications* augmentent progressivement jusqu'à la cinquième année de vie pour se stabiliser par la suite (Simonds et Scheibel, 1989 ; Koenderink, Wylings et Mrzljak, 1994 ; Koenderink et Wylings, 1995). Le grand nombre de synapses existant vers 2 ans de vie postnatale (nécessaire pour la première organisation du plancher cérébral) se réduit progressivement (il se divise par deux) tout au long de l'enfance et de l'adolescence pour se stabiliser par la suite, grâce aux processus programmés « d'élagage » dendritique et de mort neuronale. Ceux-ci permettent de diminuer le « bruit de fond » de l'activité bioélectrique cérébrale et d'établir des circuits chaque fois plus sélectifs par le biais de l'apprentissage (Huttenlocher et Dabholkar, 1997). Alors que la *myélinisation des réseaux dendritiques intracorticaux* achève son développement autour de l'âge de 5 ans, elle se poursuit dans la région préfrontale et dans l'hippocampe jusqu'à la fin de l'adolescence (Yakovlev et Lecours, 1967 ; Brody, Kinney, Kloman et Gilles, 1987, 1988 ; Benes, Turtle, Khan et Farol, 1994 ; Giedd, Vaituzis, Hamburger et al., 1996).

La *latéralisation fonctionnelle hémisphérique des fonctions complexes*, comme le langage et l'intégration visuo-spatiale, tient probablement à des effets d'économie biologique. De récentes études par résonance magnétique fonctionnelle ont permis de montrer que la dominance de l'hémisphère gauche dans le traitement du matériel linguistique apparaît déjà chez les bébés de 3 mois (Dehaene-Lambertz, Dehaene et Hertz, 2002), et que cette dominance se renforce progressivement jusqu'à la fin de l'enfance et même au cours de l'adolescence (Ahmad, Balsamo, Sachs et al., 2003 ; Wood, Harvey, Wellard et al., 2004). Enfin, si les composants droits et gauches du circuit de Papez interviennent respectivement de manière préférentielle dans la consolidation et la récupération de la mémoire explicite verbale et visuelle, cette préférence fonctionnelle s'établit progressivement tout au long de l'enfance, et les possibilités de suppléance controlatérale, quand l'un des deux hippocampes est lésé, sont de meilleure qualité chez les individus jeunes, comme le montrent les résultats postchirurgicaux dans le traitement de l'épilepsie temporelle (voir chapitre 4).

L'hippocampe, les cortex entorhinal, périrhinal et parahippocampique, ainsi que le cortex associatif tertiaire préfrontal et périsylvien, possèdent déjà un fonctionnement efficace, quoiqu'immature, au cours de la première année de vie extra-utérine humaine. Cependant, tout au long des années suivantes jusqu'à l'âge adulte, ils continuent de faire l'objet de changements maturatifs.

4.2. Le développement du système temporo-mésial

La chronologie maturative des structures temporo-mésiales liées à la mémoire chez l'être humain n'est que partiellement connue. Les caractéristiques morphologiques et histochimiques de l'hippocampe et du cortex entorhinal

sont similaires à celles d'un adulte dès le commencement du deuxième semestre de vie extra-utérine (Kretschman, 1986 ; Graterón, 1997 ; Seress, 2001 ; Graterón, Cebada, Marcos et al., 2003). Bien que les connexions entorhino-hippocampiques et intra-hippocampiques soient myélinisées à la fin de la première année de vie, le processus de myélinisation poursuit son développement jusqu'à la fin de l'adolescence dans les régions subiculaires et présubiculaires (Benes, Turtle, Khan et Farol, 1994). L'augmentation de la taille de la formation hippocampique se poursuit durant toute l'enfance et l'adolescence, ce qui est probablement dû au progrès de la dendritogénèse et de la myélinogénèse qui s'ensuit. Grâce à des techniques de volumétrie par résonance magnétique, on a constaté que la croissance de tout le lobe temporal, en particulier de l'hippocampe, est, conjointement avec la région préfrontale des hémisphères, plus lente et prolongée que celle des autres structures cérébrales. Ainsi, le volume de l'hippocampe à l'âge de 4 ans, évalué par résonance magnétique, est encore approximativement la moitié de ce qu'il représente à l'âge adulte (Giedd, Vaituzis, Hamburger et al., 1996 ; Szabo, Willie et Siavalas, 1999 ; Pfluger, Weil, Weis et al., 1999 ; Utsonomiya, Takano, Okazaki et al., 1999).

4.3. Le système préfrontal : la mémoire de travail et les fonctions exécutives

Des résultats expérimentaux montrent que la mémoire à court terme intervient précocement chez l'être humain. On a ainsi démontré, grâce au *Visual Paired Comparison Test*, que les bébés de 3 mois sont capables de retenir une information visuelle durant 10 s (Diamond, 1990). Mais la consolidation des mémoires explicites à long terme n'a pu être mise en évidence qu'à partir de la deuxième année de vie (Bauer, 1996 ; Jambaqué, Dellatolas, Dulac et Signoret, 1991). Dans les tranches d'âge postérieures, l'efficacité mnésique augmente de manière linéaire, rapidement durant les années *préscolaires*³ et à un rythme plus lent par la suite, jusqu'au début de l'adolescence (Siegel, 2001), parallèlement avec le développement des stratégies cognitives générales. De plus, certaines observations de cas d'amnésie chez des enfants (voir chapitre 4) nous conduisent à considérer que le développement de la mémoire explicite à long terme, et celui des aptitudes de raisonnement, sont relativement indépendants entre eux. Le développement des aptitudes de raisonnement, en revanche, dépend principalement de l'intégrité de la mémoire de travail et de l'ensemble des fonctions exécutives.

La croissance en masse des structures *préfrontales* (révélatrice de sa complexité fonctionnelle progressive durant l'enfance) a été étudiée grâce à la volumétrie par résonance magnétique : le rapport entre le volume de la région préfrontale et celui de tout le lobe frontal se duplique dès la naissance jusqu'à l'âge de 18 ans, la vitesse de croissance étant maximale durant

3. La période *préscolaire* correspond globalement à la tranche d'âge 3–5 ans (cycle de l'école maternelle) et la période *scolaire* à la tranche d'âge 6–12 ans (école primaire).

les périodes préscolaires et scolaires (Kanemura, Aihara, Aoki et al., 2003). Cette croissance dépend surtout de l'augmentation de la myéline intracorticale et sous-corticale. De même, comme cela se produit dans d'autres régions associatives du cerveau, l'épaisseur relative du cortex/substance blanche diminue dès la petite enfance jusqu'à la fin de l'adolescence.

4.4. Les systèmes strio-cortical et cérébello-cortical

La mémoire implicite procédurale est repérable dès le deuxième semestre de vie sous forme d'habiletés motrices qui mettent en jeu les systèmes cortico-striés-thalamo-corticaux et cortico-cérébello-thalamo-corticaux. On peut également repérer, dès cet âge, les marques d'attachement et les manifestations de peur en présence d'étrangers, de même que d'autres réactions à forte coloration émotionnelle qui attestent de l'activité des relations amygdalo-diencephalo-corticales (Siegel, 2001).

La participation du cervelet, non seulement dans l'apprentissage moteur mais aussi dans le développement des compétences émotionnelles et sociales complexes, est postulée à partir de l'étude neuropsychologique d'enfants atteints d'accidents vasculaires ou de tumeurs cérébelleuses (Koh, Turkel et Baram, 1997 ; Shamahman et Sherman, 1998). On a supposé que le vermis interviendrait dans l'apprentissage émotionnel, tandis que les hémisphères cérébelleux joueraient un rôle dans certains aspects du système exécutif : l'hémisphère cérébelleux gauche, connecté avec le lobe frontal droit (voie cortico-ponto-cérébelleuse), interviendrait dans la mémoire séquentielle visuo-motrice (Riva et Giorgi, 2000). L'hémisphère cérébelleux droit, via ses connexions avec le lobe frontal gauche, serait, quant à lui, impliqué dans la mémoire auditive séquentielle à court terme, et peut-être dans la mémoire de travail phonologique elle-même. On a ainsi observé des déficits verbaux et des troubles d'apprentissage de la lecture chez des enfants présentant une apraxie oculo-motrice congénitale, caractérisée par un déficit des mouvements rapides du regard dû à une anomalie génétique des structures ponto-cérébelleuses (Jan, Kearney, Groenveld et al., 1998 ; Vargas et Narbona, 2002).

5. La dichotomie mémoire procédurale /mémoire déclarative

Le modèle dichotomique d'une opposition entre mémoire procédurale et déclarative fait actuellement office de référence pour expliquer la physiologie de certaines fonctions cérébrales supérieures et la physiopathologie des troubles spécifiques du langage et des apprentissages (voir chapitre 4). En ce qui concerne le langage, Ullman (2004) inclut dans la maîtrise des apprentissages des processus qui permettent l'automatisation des règles phonologiques (forme sonore des mots) et syntaxiques dans le langage oral, ainsi que l'automatisation des règles de décodage visuo-verbal (formes visuelles des mots) dans la lecture. D'autre part, cet auteur considère que le

lexique de mots et de morphèmes grammaticaux, tant qu'ils se réfèrent à un signifiant, relève de la mémoire déclarative, ainsi que le sens même de l'ordre des mots dans la phrase, ou encore la concordance entre les formes visuelles et le signifié dans le langage écrit.

Références

- Ahmad Z, Balsamo LM, Sachs BC, Xu B, Gaillard WD. Auditory comprehension of language in young children. Neural networks identified with fMRI. *Neurology*. 2003;60:1598-605.
- Amaral D, Insausti R. The human hippocampal formation. En: Paxinos G, ed. *The human nervous system*. San Diego: Academic Press, 1990.
- Bauer PJ. What do infants recall of their lives? Memory for specific events by one to two-year-olds. *American Psychologist*. 1996;51:29-41.
- Benes FM, Turtle M, Khan Y, Farol P. Myelination of a key relay zone in the hippocampal formation occurs in the human brain during childhood, adolescence, and adulthood. *Archives of General Psychiatry*. 1994;51:477-84.
- Bliss TPV, Lømo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *Journal of Physiology*. 1973;232:331-56.
- Bramham CR, Bacher-Svendsen K, Sarvey JM. LTP in the lateral perforant path is α -adrenergic receptor-dependent. *Neuroreport*. 1997;7:19-24.
- Brody BA, Kinney HC, Kloman AS, Gilles FH. Sequence of central nervous system myelination in human infancy. I: An autopsy study of myelination. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*. 1987;46:283-301.
- Carlson NR. *Fisiología de la conducta*. 8.^a ed. Madrid: Pearson, 2006;483-94.
- Crosson B. *Subcortical functions in language and memory*. New York: Guilford Press, 1992.
- Dehaene-Lambert G, Dehaene S, Hertz-Pannier L. Functional neuroimaging of speech perception in infants. *Science*. 2002;298:2013-5.
- Diamond A. Rate of maturation of the hippocampus and the developmental progression of children's performance on the delayed non-matching to sample and visual paired comparison tasks. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1990;608:394-426.
- Dudai Y. The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram? *Annual Review of Psychology*. 2004;55:51-86.
- Fletcher PC, Henson RNA. Frontal lobes and human memory. Insights from functional neuroimaging. *Brain*. 2001;124:849-81.
- Fuster JM. The prefrontal cortex – an update: Time is of the essence. *Neuron*. 2001;30:47-54.
- Gasbarri A, Sulli A, Innocenti R, Pacitti C, Brioni JD. Spatial memory impairment induced by lesion of the mesohippocampal dopaminergic system in the rat. *Neuroscience*. 1996;74:1037-44.
- Giedd JN, Vaituzis AC, Hamburger SD, Lange N, Rajapakse JC, Kaysen D, et al. Quantitative MRI of the temporal lobe, amygdala, and hippocampus in normal human development: ages 4-18 years. *Journal of Comparative Neurology*. 1996;366:223-30.

- Graterón L. Desarrollo posnatal de la corteza entorrinal humana: Estudio citoarquitectónico e inmunohistoquímico. Tesis Doctoral (ed.: Insausti R). Pamplona: Universidad de Navarra, 1997.
- Graterón L, Cebada-Sanchez S, Marcos P, Mohedano-Moriano A, Insausti AM, Muñoz M, y cols. Postnatal development of calcium-binding proteins immunoreactivity (parvalbumin, calbindin, calretinin) in the human enthorhinal cortex. *Journal of Chemical Neuroanatomy*. 2003; 26:311-16.
- Hebb DO. The organization of behaviour. New York: Willey-Interscience, 1949.
- Huttenlocher PR, Dabholkar AS. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*. 1997;387:167-78.
- Inda MC, Delgado-Garcia JM, Carrion AM. Acquisition, consolidation, reconsolidation and extinction of eyelid conditioning responses require de novo protein synthesis. *The Journal of Neuroscience*. 2005;25:2070-80.
- Jambaque I, Dellatolas G, Dulac O, Signoret JL. Validation de la Batterie d'Efficiencie Mnésique-BEM-144 chez l'enfant d'âge scolaire. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*. 1991;3:125-35.
- Jan JE, Kearney S, Groenvelde M, Sargent MA, Poskitt KJ. Speech, cognition and imaging studies in congenital ocular motor apraxia (OMA). *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1998;40:95-9.
- Johnson MK, Raye CL. False memories and confabulation. *Trends in Cognitive Sciences*. 1998;2:137-45.
- Kandel ER. Cellular mechanisms of learning and the biological basis of individuality. En: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, eds. *Principles of neural science*. 4.^a ed. New York: Mc Graw-Hill, 2000;1247-79.
- Kanemura H, Aihara M, Aoki S, Araki T, Nakazawa T. Development of the prefrontal lobe in infants and children: a three-dimensional magnetic resonance volumetric study. *Brain and Development*. 2003;25:195-9.
- Kinney HC, Brody BA, Kloman AS, Gilles FH. Sequence of central nervous system myelination in human infancy. II: Patterns of myelination in autopsied infants. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*. 1988;47:217-34.
- Koenderink MJT, Wylings HBM. Postnatal maturation of layer V pyramidal neurons in the human prefrontal cortex: a quantitative Golgi analysis. *Brain Research*. 1995;678:233-43.
- Koenderink MJT, Wylings HBM, Mrzljak L. Postnatal maturation of the layer III pyramidal neurons in the human prefrontal cortex: A quantitative Golgi analysis. *Brain Research*. 1994;653:173-82.
- Koh S, Turkel SB, Baram TZ. Cerebellar mutism in children: report of six cases and potential mechanisms. *Pediatric Neurology*. 1997;6:218-9.
- Kretschman HJ, Kamradt G, Krauthausen I, Sauer B. Growth of the hippocampal formation in man. *Bibliography on Anatomy*. 1986;28:27-52.
- Lemieux L, Liu RSN, Duncan JS. Hippocampal and cerebellar volumetry in serially acquired MRI volume scans. *MRI*. 2000;18:1027-33.
- Narbona J, Fernandez S. Fondements neurobiologiques du développement du langage. En: Chevrie-Muller C, Narbona J, eds. *Le langage de l'enfant*. 3.^a ed. Paris: Masson-Elsevier, 2007 (en prensa).
- Pfluger T, Weil S, Weis S, Vollmar C, Heiss D, Egger J, et al. Normative volumetric data of the developing hippocampus in children based on magnetic resonance imaging. *Epilepsia*. 1999;40:414-23.
- Riva D, Giorgi C. The cerebellum contributes to higher functions during development. Evidence from a series of children surgically treated for posterior fossa tumours. *Brain*. 2000;123:1051-61.

- Rothman SM, Olney JW. Excitotoxicity and the NMDA receptor. *Trends in Neuroscience*. 1987;10:299-302.
- Sánchez-Carpintero R, Narbona J. Revisión conceptual del sistema ejecutivo y su estudio en el niño con trastorno por déficit de atención e hiperactividad. *Review of Neurology*. 2001;33:47-53.
- Sandler VM, Ross WN. Serotonin modulates spike back-propagation and associate [Ca²⁺]_i changes in the apical dendrites of hippocampal CA1 pyramidal neurons. *Journal of Neurophysiology*. 1999;81:216-24.
- Schmahmann JD, Sherman JC. The cerebellar cognitive affective syndrome. *Brain*. 1998;121:561-79.
- Seress L. Morphological changes of the human hippocampal formation from mid-gestation to early childhood. En: Nelson CA, Luciana M, eds. *Handbook of developmental cognitive neuroscience*. Cambridge: MIT Press, 2001; 45-58.
- Siegel DJ. Memory: An overview, with emphasis on developmental, interpersonal, and neurobiological aspects. *Journal of Child and Adolescent Psychiatry*. 2001;40:997-1011.
- Simonds RJ, Scheibel AB. The postnatal development of the motor speech area: A preliminary study. *Brain and Language*. 1989;37:42-58.
- Stewart M, Fox SE. Do septal neurons pace the hippocampal theta rhythm? *Trends in Neuroscience*. 1990;13:163-8.
- Szabo CA, Wyllie E, Siavalas EL. Hippocampal volumetry in children 6 year or younger: assessment of children with and without complex febrile seizures. *Epilepsy Research*. 1999;33:1-9.
- Ullman MT. Contributions of memory circuits to language: the declarative /procedural model. *Cognition*. 2004;92:231-70.
- Utsonomiya H, Takano K, Okazaki M, Mitsudome A. Development of the temporal lobe in infants and children: analysis by MR-based volumetry. *American Journal of Neuroradiology*. 1999;20:717-23.
- Vargas L, Narbona J. Apraxia oculomotora congénita y trastornos de aprendizaje: reflexiones sobre 6 pacientes. *Acta Pediátrica Española*. 2002;60:669-74.
- Wheeler MA, Stuss DT, Tulving E. Toward a theory of episodic memory: the frontal lobes and autoeotic consciousness. *Psychology Bulletin*. 1997;121:331-54.
- Wood AG, Harvey AS, Wellard RM, Abbott DF, Anderson V, Kean M, et al. Left hemisphere language cortex activation in normal children. *Neurology*. 2004;63:1035-44.
- Yakovlev PI, Lecours AR. The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. En: Minkowski A, ed. *Regional development of the brain in early life*. Oxford: Blackwell, 1967;3-70.
- Yuste R, Bonhoeffer T. Genesis of dendritic spines: Insights from ultrastructural and imaging studies. *Nature Reviews*. 2004;5:24-34.

CHAPITRE 3

Le développement de la mémoire de l'enfant

A.-M. Soprano

« La vie n'est pas celle qu'on a vécue, mais celle dont on se souvient et comment on s'en souvient pour la raconter. »

Gabriel García Márquez

« Je me vois entrer dans la maison de mes grands-parents. J'allai jusqu'à la cuisine en courant et je m'arrêtai devant un meuble. Un meuble très particulier parce que sur sa dernière étagère, la plus haute, se trouvait le bocal de bonbons. Et derrière moi se tenait ma grand-mère, attentionnée, prête à m'attraper les gourmandises désirées. J'avais 3 ans. »

(Souvenir personnel de l'auteur)

Certaines personnes affirment se souvenir d'épisodes vécus à l'âge de 18 mois. D'autres confient que leurs souvenirs commencent à l'âge de 8 ans. Mais en dehors des cas extrêmes, la majorité des personnes situent leurs premiers souvenirs entre leur troisième et leur quatrième année. Cependant, cela ne signifie pas pour autant que les enfants de moins de 3 ans n'ont pas de mémoire. Donc...

1. Quand commence la mémoire ?

Dès le début de leur existence, les êtres humains présentent des aptitudes suffisamment développées pour reconnaître des images, des sons et des odeurs en lien avec les événements qu'ils rencontrent. Un contact de 12 h est suffisant pour que le bébé identifie la voix de sa mère. Les bébés nourris au sein la reconnaîtront très rapidement par l'odeur. Tout indique que, dès le début, les nourrissons identifient très bien les aspects thermotactiles et

gustatifs relevant des soins maternels, par exemple la chaleur et la texture du sein de la mère ou la tiédeur et le goût de son lait.

Comment vérifier scientifiquement ces manifestations secondaires ? En d'autres termes, *comment savoir si les bébés ont de la mémoire ?*

La plupart des méthodes utilisées pour étudier la mémoire chez l'adulte implique une verbalisation de la part des participants. Elles sont donc totalement inadaptées pour les bébés, ce qui constitue une difficulté essentielle dans l'investigation de la mémoire du nourrisson. Il convient donc d'identifier des modalités de réponse propres au bébé, ce pour quoi les chercheurs ont mis au point différentes techniques.

1.1. Les méthodes pour étudier la mémoire du bébé

1.1.1. La préférence visuelle et l'habituation/réaction à la nouveauté

Ces techniques sont utilisées depuis plus de 30 ans pour approcher les aspects relevant de l'organisation perceptive et cognitive de l'enfant, et ont également été adaptées à l'étude de la mémoire. Si un enfant reconnaît un stimulus, visuel par exemple, après avoir été familiarisé avec celui-ci, il regardera davantage un stimulus nouveau. Son désintérêt pour le stimulus familier indique qu'il l'a mémorisé. Avec ce type de protocole, on a pu prouver que les bébés de 4 jours sont capables de reconnaître une forme présentée immédiatement après une phase dite « de familiarisation ». Vers le même âge, ils sont capables de distinguer le visage de leur mère de celui d'une étrangère. À 5 mois, ils peuvent reconnaître des photographies de visages 2 semaines après les avoir vues (Vauclair, 2004).

1.1.2. Le conditionnement opérant

Le *paradigme du renforcement conjugué* est l'une des techniques de conditionnement les plus utilisées, surtout depuis la fin des années 1970. En voici le principe : le bébé est couché, un ruban attaché à sa cheville le relie à un mobile suspendu au-dessus de son berceau. Ce mobile est constitué de différents objets que l'expérimentateur peut faire varier en nombre, forme, taille et couleur. Chaque mouvement du ruban fait bouger le mobile. L'expérience se déroule dans l'environnement familier des bébés. Les temps de conditionnement sont relativement brefs (environ 30 min) et il est possible de comparer le comportement d'enfants soumis au conditionnement à ceux d'autres enfants constituant des groupes témoins (Rovee-Collier, 1999).

Le *test du mobile* convient à des enfants âgés de 2 à 6 mois. Il présente moins d'attrait pour les bébés plus âgés et est habituellement remplacé par le *test du train* qui remplit les mêmes objectifs auprès des enfants de 7 à 12 mois. Dans ce cas, le mobile est remplacé par un petit train qu'on met en mouvement en actionnant un levier.

1.1.3. Le paradigme d'imitation

En tenant compte de la tendance naturelle du bébé à imiter des actions réalisées par des membres de son entourage, des concepts intéressants ont

vu le jour sur la base de ce paradigme. Ainsi, on parle d'imitation différée si, à la suite d'une action ou d'une séquence d'actions effectuées devant l'enfant, celui-ci est capable de reproduire cette séquence d'actions, de manière immédiate ou après un délai variable. Les résultats de ce type de recherches ont montré que, dès l'âge de 6 mois, les enfants présentent des comportements d'imitation différée après un délai de 24 h (Kail, 1994).

2. La mémoire durant la première année de vie

Il a été prouvé, par le biais des méthodes précédemment décrites, que la mémoire de reconnaissance^[4] est active pratiquement dès la naissance et qu'elle poursuit sa maturation durant la première année de vie. Les bébés de 2 mois sont capables de reconnaissance mais à un moindre degré de rétention que des bébés plus âgés. Ainsi, à 2 mois, ils apprennent tout de suite que battre des pieds peut actionner un mobile attaché à leur cheville par un ruban. Ils peuvent conserver cette information pendant 3 jours. À cet âge, les bébés sont encore sensibles aux changements de l'environnement. Il suffit de modifier n'importe quel aspect de l'objet (couleur ou forme) pour qu'ils cessent de le reconnaître après 24 h. À 6 mois, ils sont déjà capables de conserver l'information durant 14 jours, et si, avant le retest, l'expérimentateur présente à l'enfant une partie des éléments du dispositif original (renforcement), le temps de rétention peut aller jusqu'à 28 jours (Vauclair, 2004). Cette augmentation de la durée de rétention est liée à l'âge mais aussi à la croissance graduelle de la vitesse de traitement mnésique.

Cependant, ces conduites ne remplissent pas encore les critères requis pour parler de souvenir. Dans ce sens, il est important de souligner la distinction entre mémoire de *reconnaissance* et mémoire de *souvenir*. Se souvenir revient à réactiver une structure cognitive renforcée par une expérience passée, en l'absence de toute donnée perceptive qui la sous-tend. Le souvenir est, par définition, une conduite consciente. Pour la reconnaissance, le participant doit simplement dire s'il identifie ou non un stimulus physiquement présent. En revanche, en ce qui concerne le souvenir, le stimulus est absent et doit être récupéré en mémoire.

Pour résumer les données expérimentales commentées, il est évident que la faculté de *reconnaissance* est présente dès la naissance, et qu'elle se développe considérablement durant les 6 premiers mois. En revanche, l'apparition du *souvenir* n'est pas aussi facile à situer.

2.1. La naissance du souvenir

Pour Mandler (1996), la capacité à se souvenir est présente dès l'âge de 6 mois même si ses manifestations à cette période sont encore très rares. Les véritables indices de souvenirs d'événements passés commencent à être observables vers l'âge de 8 ou 9 mois. En effet, on a montré en laboratoire, comme au travers de récits quotidiens, que les bébés sont capables de reproduire des conduites observées le jour précédent, comme réaliser

des actions nouvelles ou se souvenir du lieu où a été caché un objet. En utilisant le *paradigme de recherche d'objets*, on a observé qu'à l'âge de 7 mois les bébés peuvent rechercher des objets qui n'apparaissent pas dans leur champ visuel. Par exemple, si on place un jouet devant le bébé et qu'on le couvre d'un tissu par la suite, les bébés de 7 mois arriveront à le récupérer mais pas ceux de 5 ou 6 mois.

L'absence de langage constitue bien évidemment un obstacle à la réalisation des évaluations. Par conséquent, les chercheurs se sont efforcés de créer des tâches qui mettent en jeu des processus cognitifs identiques à ceux impliqués dans les souvenirs de nature verbale, mais qui ne requièrent pas de réponse verbale. L'imitation d'actions séquentielles spécifiques est ainsi considérée comme une technique adéquate pour y parvenir. Lors de la mise en œuvre de ce paradigme, l'expérimentateur réalise un certain nombre d'actions avec des jouets pendant que le bébé l'observe. Après un délai, on remet les jouets au bébé. Ou bien il joue avec eux à sa manière, ou bien il reproduit les actions précédemment réalisées par l'adulte. Avec cette méthode, on a clairement mis en évidence que les enfants de 11 mois accèdent à un souvenir « immédiat » de l'événement. Ceux de 13 mois sont capables d'en avoir un souvenir « après coup ». Même après un délai d'une semaine, ces enfants peuvent se souvenir d'événements auxquels ils n'ont assisté qu'une seule fois. Lorsque le délai est plus important (1 mois ou plus), ils sont capables de se souvenir, à condition que l'expérience ait été répétée à plusieurs reprises ou que des indices en aient facilité la récupération, ou les deux (Bauer, 1996).

On peut supposer qu'aucun élément verbal n'intervient dans ce souvenir, mais le comportement des bébés met en évidence qu'ils pensent à l'événement passé : ils cherchent l'objet à l'endroit exact où il a été placé ou ils imitent ce qu'ils avaient observé. Ce comportement ne peut être expliqué ni par le seul apprentissage^[1] ni par les mécanismes perceptifs.

Les témoignages de parents d'enfants âgés de 6 à 8 mois et portant sur les réactions négatives de bébés en consultation pédiatrique apportent d'autres éléments pour comprendre le fonctionnement de la mémoire chez le bébé. Le bébé peut se souvenir de l'expérience déplaisante d'une piqûre jusqu'à 1 mois après qu'elle a été réalisée. Ceci constitue plus qu'un simple acte de reconnaissance. Il s'agirait d'une mémoire semi-épisodique dans laquelle la reconnaissance du lieu de consultation serait l'amorce ou l'indice provoquant le souvenir de la piqûre (Nelson, 1996a).

En conclusion, nous pouvons considérer que les balbutiements de la mémoire déclarative^[2] se manifestent vers l'âge de 8 mois. Pour cela, aucune verbalisation n'est nécessaire. Puisque les structures du souvenir sont si précoces, elles reposent nécessairement sur des expériences non verbales.

2.2. L'amnésie infantile

À la garderie, la plupart des enfants sont capables de rendre compte verbalement d'événements qui se sont produits durant leur deuxième année de

vie, et bien que la majorité des adultes n'aient pas de souvenir précédant la période de 3 ans, il semblerait que les plus jeunes puissent y accéder. Même s'il est établi que les enfants sont capables de se souvenir, il n'y a pas de preuve que ces souvenirs survivent au passage de la petite enfance à l'enfance et qu'ils soient intégrés au système de mémoire autobiographique ou personnel postérieur. Ce phénomène, lié à l'impossibilité pour les adultes de se souvenir d'expériences concrètes de leur enfance, est connu sous le nom d'« *amnésie infantile* » (West et Bauer, 1999). Il se produit de la même manière chez les êtres humains et chez les animaux (chiens, renards, rats, souris, grenouilles).

Freud a été le premier auteur à décrire la rareté des souvenirs de la petite enfance. Il a décrit cette « amnésie » comme un voile sur notre enfance la plus éloignée et qui nous sépare d'elle. Probablement parce qu'il travaillait avec une population clinique, Freud croyait que ce phénomène était dû au refoulement d'événements traumatiques, et plus particulièrement du conflit ayant trait à la première identification sexuelle des enfants.

Depuis, le phénomène de l'amnésie infantile a été largement confirmé. Une méthode simple pour le vérifier (Baddeley, 1999) consiste à sélectionner un événement important pour l'enfant et qui puisse être à la fois daté et vérifié avec exactitude par un tiers. La naissance d'un frère, par exemple, est un événement qui remplit ces conditions et qui a déjà fait l'objet de nombreuses études. Dans l'une d'entre elles, des enfants de 4, 6, 8 et 12 ans ont été interrogés à propos de la naissance de leur frère, événement intervenu alors qu'ils avaient entre 3 et 11 ans. Des questions de ce type leur ont été posées : « Qui s'est occupé de toi lorsque ta mère était à l'hôpital ? Quels cadeaux a reçu le bébé ? Quels cadeaux as-tu reçu toi ? », etc. Les mêmes questions ont été posées aux mères des enfants. Les enfants âgés de moins de 3 ans au moment de l'événement ne se souviennent pratiquement de rien. Ceux qui avaient entre 3 et 5 ans se souviennent pratiquement autant que les plus âgés.

Certains auteurs (Fivush et Hamond, 1996) ont remis en question les recherches qui invitent les enfants à se souvenir de situations déterminées (comme dans l'exemple précédent relatif à la naissance d'un frère) et qui, par conséquent, ne leur laissent pas la liberté de se souvenir de ce qu'ils trouvent eux-mêmes intéressant. Il est important d'identifier les éléments dont les enfants choisissent de se souvenir.

Dans cette lignée, les travaux de Nelson (1996b) apparaissent particulièrement riches. Il a enregistré les monologues précoces d'Emily depuis l'âge de 21 jusqu'à 36 mois. Emily avait toute liberté de se souvenir de ce qu'elle souhaitait. Dans de telles conditions, on a pu constater que ses souvenirs se focalisaient sur des faits routiniers. Des événements exceptionnels, comme Noël ou la naissance de son frère, n'ont été que très rarement mentionnés. Elle préférerait raconter des faits récurrents de la vie quotidienne, comme aller chez sa baby-sitter ou à la crèche. De plus, elle semblait particulièrement sensible aux perturbations de ces routines, comme le jour où elle a dû aller à l'école dans une autre voiture que celle de sa famille qui était en panne.

C'était une petite fille très bavarde et, vers 2 ans, elle pouvait raconter des événements relativement longs et complexes (comprenant au moins six actions consécutives dans l'ordre chronologique exact). Curieusement, lorsqu'à l'âge de 6 ans les chercheurs ont de nouveau rencontré Emily, ils se sont rendu compte que l'enfant était incapable de se souvenir de ce dont elle avait parlé avec une telle profusion à l'âge de 2 ans et demi.

Face à cette situation, en apparence très contradictoire, Nelson propose les explications suivantes. Pour tout organisme vivant, la fonction principale de la mémoire consiste à servir de guide pour l'action. Non seulement le système mnésique^[1] des mammifères sous-tend l'action en cours, mais il sert également à anticiper les actions ultérieures. Les expériences passées servent de base à l'appréhension des expériences futures. Pour y parvenir, le type d'indices le plus pertinent relève d'événements qui se répètent fréquemment et, en conséquence, le type de mémoire le plus utile (et le plus banal) est celui qui se focalise sur des éléments familiers quotidiens : c'est le type de mémoire généralement sollicité pour les événements qui se concrétisent sous la forme de scénarios.

Évidemment, une action qui ne se produit qu'une seule fois n'a que peu d'utilité pour guider l'action et prédire le futur. Ainsi, la mémoire des faits isolés est moins fonctionnelle que celle d'événements répétés. Mais comment savoir si un épisode nouveau est singulier ou seulement le premier d'une série ? Il est impossible aux jeunes enfants de le savoir. Il serait donc idéal de se souvenir d'aspects spécifiques de l'événement durant un certain temps au cas où celui-ci viendrait à se répéter, avec pour but que le souvenir puisse alors orienter l'action et être retenu pour son usage futur.

Le système mnésique en lui-même peut même comporter un « déclencheur » du type : « Si cela se répète sous X laps de temps (jours, semaines), le conserver pour un emploi futur ; sinon, l'oublier ». Une seule répétition d'une expérience (rétablissement) conduit au souvenir de cette expérience, tandis qu'une expérience non répétée est oubliée durant la même période de temps. Cependant, on ne sait pas précisément combien de temps reste conservé en mémoire un élément qui n'a été rétabli qu'une seule fois.

Quoi qu'il en soit, les souvenirs spécifiques d'événements isolés et les souvenirs d'événements répétés finissent par s'intégrer à un système de mémoire autobiographique qui est capable de les conserver durant des années, et même des décennies. Comment cela se produit-il ? Le système de mémoire change-t-il d'une certaine façon, à un certain moment, de telle sorte qu'il permette de retenir indéfiniment certains souvenirs spécifiques ?

Pour expliquer ce changement, on peut supposer que les souvenirs isolés finissent par être reconnus comme importants pour d'autres raisons que celles d'orienter l'action et d'anticiper le futur. Il semblerait que cette importance puisse être révélée par un outil social tel que le langage, qui permet d'expliquer et de partager une expérience avec d'autres personnes. En d'autres termes, l'« amnésie infantile » est dépassée lorsque les enfants apprennent que leurs souvenirs peuvent être *partagés avec d'autres personnes*.

Soulignons un autre aspect fonctionnel pertinent pour la compréhension du souvenir des enfants : ils se souviennent de ce qui les *intéresse* et leurs

intérêts relèvent notamment de questions de sécurité et de confort. Cette dimension est en lien avec celle des événements récurrents, étant donné que les soins (manger, dormir et se laver), ainsi que l'attention et l'affection des personnes qui les prodiguent, occupent une place privilégiée dans la vie des enfants. La stabilité de ces éléments est fondamentale pour eux. Bien sûr, d'autres intérêts existent, d'autres aspects de l'expérience qui ont une importance fonctionnelle pour les enfants parce qu'ils sont divertissants, terrorisants, excitants ou intrigants, et ce, même s'ils ne se reproduisent jamais.

Une autre composante fonctionnelle relève de l'importance du souvenir pris dans le contexte de l'activité, c'est-à-dire sa pertinence quant à un but, à une *proposition significative*.

2.2.1. Les influences culturelles dans le développement de la mémoire

La mémoire occupe certaines fonctions pour l'enfant, mais la culture (notamment l'éducation parentale) en valorise d'autres, comme par exemple : raconter une histoire cohérente, dire la vérité, avoir les idées claires, se souvenir de détails particuliers, et souligner certaines parties d'un événement et pas d'autres. Ainsi donc, le problème auquel est confronté l'enfant, lorsqu'il apprend à participer à des conversations faisant appel à des souvenirs, est celui de la coordination de deux systèmes fonctionnels, le sien et celui de la culture. Parvenir à cette coordination requiert du temps (Nelson, 1996b).

Une autre possibilité peut être prise en compte. Au lieu d'établir l'importance culturelle des souvenirs, et de promouvoir un format narratif approprié pour les transmettre, partager des souvenirs avec d'autres personnes par le biais du langage peut finir par constituer une forme de rétablissement qui permet la persistance d'un souvenir spécifique au-delà du déclencheur supposé de l'« oubli »¹. Le rétablissement par des moyens verbaux n'est possible qu'à partir d'un certain niveau de maîtrise du langage, qui permet à l'enfant de construire la représentation mentale d'un événement à partir du récit verbal d'une autre personne. L'essentiel n'est pas la simple capacité à évoquer des événements, mais la capacité à utiliser une représentation linguistique amenée par une autre personne comme base pour établir une représentation cognitive personnelle. Cette capacité semble commencer à fonctionner un peu après l'âge de 3 ans. Selon certaines études, elle se développerait progressivement.

Pour les enfants de moins de 3 ans, partager un souvenir ne suffit pas à produire une réactivation de ce souvenir. L'échec d'Emily dans la récupération de ses souvenirs précoces pourrait s'expliquer par le fait que ses récits semblaient destinés à faciliter sa compréhension, à intégrer l'information à son système de connaissances générales. Ceci implique qu'avant un certain stade de développement, l'explication de l'enfant agit comme un *mécanisme de compréhension*, mais n'est pas effective en tant que mécanisme réactivateur puisque expliquer ne constitue pas un mécanisme spécifique pour potentialiser le souvenir. Par conséquent, les premières explications que l'enfant se

raconte à lui-même ne doivent pas être considérées comme des répétitions, mais comme *l'élaboration d'un savoir*.

Bien que réitérer l'expérience d'une partie d'un événement prolonge le souvenir de cet événement chez les très jeunes enfants, il apparaît plutôt qu'il existe une limite dans la durée de vie du souvenir réactivé. Ainsi, la question n'est pas de savoir si la narration verbale de souvenirs réactive simplement ces souvenirs et permet leur persistance ou si elle participe de l'importance sociale de ces souvenirs et, en conséquence, les conserve pour leur fonction socialement appréciée. Il apparaît, en fait, que ces facteurs interviennent tous deux.

De la même manière, tous nos souvenirs perdurables de la première enfance ne se partagent pas avec les autres, comme l'ont montré les études psychanalytiques. Ce dont on se souvient dépend de l'importance personnelle qu'on y accorde, de l'importance pour l'image de soi (bonne ou mauvaise) et pour le sens de notre propre histoire. Il ne fait aucun doute que se raconter des souvenirs dans un cadre privé revient à les partager avec d'autres personnes. Les souvenirs qui ne sont racontés ni publiquement ni dans un cadre privé durant de nombreuses années peuvent en apparence s'estomper, mais ils peuvent éventuellement être récupérés via certaines pistes ou indications correctes. D'où la nécessité de réaliser davantage d'études interculturelles et interlinguistiques pour clarifier ces points. Ainsi, nous pourrions nous demander, par exemple, si les enfants sourds, ne connaissant pas le langage des signes, mettent plus de temps à établir un système autobiographique de souvenirs parce qu'il leur manque les moyens nécessaires pour raconter leurs souvenirs à d'autres personnes. Nous pourrions également nous demander si les cultures dans lesquelles on valorise le fait de raconter des histoires, et dans lesquelles on encourage les enfants à participer à ce type d'activité, contribuent à l'amélioration de leurs souvenirs initiaux. Dans ce cas, celles qui découragent la participation des enfants retarderaient l'établissement de leur système de mémoire autobiographique.

2.2.2. Les influences sociales et les styles parentaux

On suppose généralement que nous n'avons pas besoin d'apprendre à nous souvenir : la mémoire se développe naturellement, comme tout organe physique. Cependant, aussi basiques que puissent paraître certains aspects du souvenir, plusieurs auteurs pensent que, en lien avec des fonctions spécifiques de la mémoire, les enfants peuvent avoir à « apprendre à se souvenir ». Pour cette raison, l'appui social est important.

De nombreux chercheurs ont montré qu'il existe différentes modalités de co-construction du souvenir et que chaque mère a tendance à en privilégier certaines. Comparons deux styles conversationnels différents dans ce domaine : certaines mères commentent l'expérience et posent à leur enfant des questions qui l'invitent à enrichir sa narration. D'autres échangent simplement de manière pragmatique. Les enfants des premières se montrent davantage capables de raconter l'expérience vécue. Prenons pour exemple la visite d'un musée : les enfants de mères privilégiant le style narratif se

souviennent mieux de l'expérience que les enfants pour lesquels les mères se contentent simplement de désigner les objets ou de répondre à leurs sollicitations. Autre fait remarquable : les enfants se souviennent de ce qui a fait l'objet de commentaires conjoints mais ne se souviennent pas de ce que leur mère a commenté seule, ou de ce qu'ils ont commenté de leur côté (Tessler, 1996, cité par Nelson, 1996b). Ces éléments montrent bien l'importance du contexte social dans le souvenir d'une expérience, tant dans le partage de l'expérience elle-même que dans le fait d'en partager le souvenir.

2.2.3. Comment expliquer l'« amnésie infantile » ?

Au regard de toutes ces données, l'amnésie infantile doit évidemment être envisagée comme un phénomène complexe qui ne saurait faire l'objet d'une seule et simple explication. *Comment se fait-il que les adultes se souviennent si peu de leurs premières années de vie ?* Différentes hypothèses (non exclusives) ont été proposées pour répondre à cette question.

- *Les facteurs de développement neuronal (neuromaturationnels)* : durant les premières années de vie, le cerveau – et plus particulièrement l'hippocampe – ne serait pas assez mature pour permettre l'émergence de la mémoire explicite.
- *Les facteurs émotionnels* : le refoulement des pulsions sexuelles de l'enfant envers ses parents expliquerait l'amnésie infantile (argument peu soutenable à l'heure actuelle).
- *Les facteurs linguistiques* : les expériences vécues stockées durant la première enfance demeurent intactes chez les adultes mais ne peuvent être récupérées parce que les indices contextuels, qui guident normalement la récupération, changent radicalement de l'enfance à l'âge adulte. La mémoire précoce ne pourrait se transmettre a posteriori sous forme verbale (mode de transmission caractéristique de la mémoire épisodique). En d'autres termes, il serait impossible de reconstituer des événements pré-verbaux sous forme narrative.
- *Les facteurs cognitifs* : dans un premier temps, les expériences vécues sont remémorées comme des habitudes ou des scénarios au service de la compréhension et de la construction du savoir, et non comme manifestation de la mémoire autobiographique.
- *Les facteurs sociaux* : l'« amnésie infantile » est dépassée en interagissant et en partageant des souvenirs avec d'autres personnes.

3. La mémoire de l'enfant à la période préscolaire¹

La majorité des études classiques sur la mémoire est basée sur des expériences destinées aux adultes, notamment des listes dont il faut se rappeler.

1. La période *préscolaire* correspond globalement à la tranche d'âge 3–5 ans (cycle de l'école maternelle) et la période *scolaire* à la tranche d'âge 6–12 ans (cycle de l'école primaire).

À partir d'une liste de 8–10 mots qu'il faut rappeler immédiatement après sa présentation, les enfants de 3 ans se souviennent de 2 mots, et ceux de 5 ans de 4 ou 5 mots. Ces résultats laisseraient penser que la mémoire de l'enfant d'âge préscolaire est relativement déficiente. Mais, en général, les recherches en laboratoire ont sous-estimé les réelles capacités de la mémoire chez les enfants entre 3 et 5 ans. Si, à la place d'une liste arbitraire, on demande par exemple aux enfants de retenir une liste de courses pour préparer un pique-nique à l'école, le rendement mnésique augmente de manière surprenante. Ceci signifie que les enfants d'âge préscolaire sont capables de se souvenir de nombreuses informations générales et spécifiques, contrairement à ce que l'on pensait avant. Il faut pour cela qu'ils bénéficient de conditions de motivation et d'intérêt adéquates, dans des contextes qui leur sont naturels et familiers, avec un objectif clair et compréhensible. Ainsi, la mémoire de l'enfant d'âge préscolaire serait plus proche de la mémoire « naturelle » de la première enfance que de la mémoire « culturelle » de l'âge scolaire (Nelson, 1996c).

On perçoit quelques prémices de la *mémoire autobiographique*[□] entre l'âge de 3 ans et demi et l'âge de 4 ans. Il s'agit du souvenir séquentiel des événements significatifs de la vie d'un individu, en opposition avec l'« amnésie infantile ». Ainsi, contrairement aux enfants de 2 ans et demi qui manifestent généralement peu d'intérêt à raconter leurs expériences passées, les enfants de 4 ans commencent à s'y intéresser et se montrent capables de le faire. Cependant, contrairement à l'adulte, l'enfant peut avoir différents souvenirs du même événement parce qu'il focalise son attention sur différents aspects de la même situation. L'enfant ne perçoit pas les faits comme l'adulte et ne peut retenir d'informations que si elles ont été répétées régulièrement ou s'il s'agit d'événements particulièrement marquants (Bauer, 1997).

Il faut tenir compte de l'aspect suivant dans l'analyse des résultats d'expériences : à cet âge (préscolaire), les aptitudes verbales des enfants ne sont pas encore suffisamment structurées et les informations verbales ne sont généralement obtenues qu'avec l'aide des adultes. De ce fait, les méthodes impliquant la sphère verbale peuvent souvent amener à sous-estimer les capacités mnésiques de l'enfant jusqu'à l'âge de 6 ans et parfois plus. Le changement important qui va se produire dans le développement de la mémoire (et de la cognition) à la période scolaire est précisément lié à l'usage progressif du langage en tant qu'outil pour penser (Nelson, 1996b).

3.1. Quel empan du souvenir chez les jeunes enfants ?

L'ambiguïté inhérente aux communications verbales est l'un des principaux obstacles rencontrés lorsqu'on élabore une théorie précise sur la nature et l'empan du souvenir chez les jeunes enfants.

Les jeunes enfants parviennent parfois à se souvenir d'événements avec assurance, grâce à l'aide et aux indications des adultes. Par ailleurs, soulignons que les adultes donnent parfois des indications erronées qui peuvent

interférer avec la production verbale adéquate jusqu'à perturber le processus de souvenir en lui-même (Principe, Ornstein, Baker-Ward et Gordon, 2000 ; Holliday et Hayes, 2002). De plus, les adultes ont tendance à ne pas laisser beaucoup de temps aux enfants pour qu'ils finissent de dire ce qu'ils pensent. Cette tendance perdure même lorsque les enfants acquièrent une fluidité verbale supérieure à celle couramment observée chez les enfants d'âge préscolaire. Une étude montre que les professeurs interrogeant des élèves en classe élémentaire n'attendent leur réponse qu'1 s seulement en moyenne. En demandant aux pédagogues de patienter 2 s supplémentaires, on observe une forte augmentation de la quantité des informations restituées par les enfants (Rowe, 1974).

En conséquence, comment pouvons-nous savoir si un enfant ne se souvient pas de quelque chose ou si seulement il ne l'exprime pas à voix haute ? Comment déterminer si l'acte de verbalisation à propos d'un souvenir interfère avec d'autres aspects des données en question, ou s'il influence la signification que l'enfant s'efforce de lui donner ?

Lors d'expériences dans lesquelles des enfants de 5 ans peuvent utiliser des poupées pour rappeler des événements antérieurs, on a observé qu'ils se souviennent de deux fois plus de choses lorsqu'ils mettent en scène l'événement que lorsqu'ils l'expliquent verbalement (Goodman, Rudy, Bottoms et Aman, 1997).

3.2. Quelle durée du souvenir chez les jeunes enfants ?

Les enfants âgés de 4 ans se souviennent de faits remontant à au moins 1 an et demi. L'essentiel des données de la littérature met l'accent sur le fait que les expérimentateurs imposent une limite temporelle. Nous pouvons néanmoins supposer qu'il n'y a pas de limite temporelle au temps pendant lequel l'enfant peut se souvenir de quelque chose (au-delà de son âge chronologique bien sûr). Dès l'âge de 4 ans, le souvenir de la naissance d'un frère n'est pas altéré, et ce, pour une durée de 16 ans (Sheingold et Tenney, 1982).

En résumé, les enfants d'âge préscolaire se souviennent bien plus qu'ils ne peuvent l'exprimer ; ils verbalisent des informations non pas tant de manière spontanée qu'en réponse à des questions posées par les adultes. L'effort de mise en mots peut même interférer avec l'activité de souvenir elle-même. Par conséquent, il est essentiel de distinguer à cet âge la capacité à se souvenir de la capacité à communiquer ce dont on se souvient.

4. La mémoire chez les enfants et les adolescents

Il semble évident qu'à mesure que les enfants grandissent, ils se souviennent plus rapidement et de manière plus efficiente. Cependant, il existe une controverse : les changements évolutifs dans le développement de la mémoire reflètent-ils une augmentation de la capacité du système mnésique ? Ou alors, ce qui se développe avec l'âge relèverait-il plutôt d'une utilisation

plus efficiente de cette capacité ? Dans le premier cas il existerait un espace mental dont la capacité augmente avec l'âge de manière linéaire, d'1 unité à 3 ans, à 7 unités à 15 ans. La seconde alternative va dans le sens des auteurs qui soutiennent que la répétition, l'organisation ou l'élaboration sont des stratégies qui augmentent l'amplitude du souvenir. Pour rendre compte des différences évolutives, ces auteurs insistent également sur l'importance du savoir de base dont dispose l'enfant.

En fait, pour les enfants de 4 ans et plus, peu de données permettent de corroborer l'hypothèse d'une évolution de la capacité de traitement global. Les changements évolutifs relèveraient davantage de l'interaction de différents facteurs, parmi lesquels deux auraient une importance spécifique : l'utilisation de stratégies et le capital de connaissances antérieures (Marchesi, 1999).

4.1. Le développement de stratégies mnémotechniques

Les recherches portant sur le développement des stratégies mnémotechniques ont une longue histoire. Depuis les travaux de John Flavell et de ses collaborateurs dans les années 1960, jusqu'à nos jours, des centaines de recherches ont été menées pour approfondir le sujet. Les auteurs s'accordent généralement sur le fait que le terme *stratégies* est utilisé pour désigner des opérations ou des procédures cognitives, potentiellement conscientes, directement destinées à améliorer le rendement mnésique.

On peut distinguer *quatre phases* dans le développement des stratégies durant l'enfance. Durant la *première phase*, l'enfant présente une « déficience de méthode » : il n'initie pas de stratégie spontanément et n'en utilise pas non plus même s'il y est entraîné. Lors de la *seconde phase*, l'enfant présente une « déficience d'appropriation » : il n'utilise pas de stratégie spontanément mais peut y parvenir s'il y est entraîné ou s'il est invité à le faire. Dans la *troisième phase*, l'enfant présente une « déficience d'utilisation » qui se produit généralement durant la première étape d'acquisition d'une stratégie, lorsque celle-ci est utilisée sans pour autant améliorer le souvenir. La *quatrième phase* nécessite l'utilisation mature et efficiente d'une stratégie; elle se produit en fin de scolarité primaire et même au-delà.

On distingue traditionnellement les stratégies de stockage des stratégies de récupération. Cette distinction est quelque peu arbitraire puisque, dans la pratique, les deux stratégies fonctionnent de manière combinée.

4.1.1. Les stratégies de stockage

4.1.1.1. Les stratégies de répétition (ou consolidation)

La stratégie de répétition est une des stratégies les plus étudiées par les chercheurs. La répétition simple consiste à se représenter à de nombreuses reprises les items à retenir, mentalement ou à voix basse (subvocalisation). Les recherches montrent classiquement que l'usage spontané de la répétition, en tant que stratégie pour apprendre une liste de mots, apparaît généralement vers l'âge de 7 ans. À 10 ans, 85 % des enfants y ont recours.

Une fois que cette stratégie est acquise, le nombre de mots retenus par les enfants est croissant avec l'âge. Cette augmentation reflète des changements dans la vitesse de prononciation de mots. À 10 ans, un enfant présentant un développement satisfaisant atteint déjà 80 % de la vitesse observée chez un adulte.

À noter également : avec l'âge, la répétition devient plus flexible et active. Chez les plus jeunes enfants, elle semble essentiellement consister en une répétition mécanique des mots d'une liste. Ces enfants rencontrent une difficulté importante : le coût cognitif requis pour maintenir à l'esprit les items présentés auparavant peut facilement excéder la capacité fonctionnelle de leur mémoire de travail^[4]. Ils doivent, en outre, veiller au contrôle de l'inhibition et résister aux interférences. Néanmoins, dans certaines situations, les jeunes enfants sont capables d'employer des stratégies de répétition active s'ils y sont initiés, s'ils présentent une motivation importante pour l'apprentissage, ou encore lorsque le matériel est particulièrement significatif ou familier. Les adolescents, en revanche, modifient la répétition pour l'adapter à la structure du matériel à retenir, ou pour optimiser les résultats de la tâche (Kail, 1994).

4.1.1.2. Les stratégies d'organisation

Généralement, les stratégies d'organisation observent un développement similaire à celui des stratégies de répétition, bien que l'acquisition de la répétition soit plus précoce. Les limites de la mémoire de travail expliquent pourquoi nous ne pouvons apprendre de nombreuses données simultanément. Cependant, si ces données sont regroupées en catégories, le rendement est meilleur. L'organisation sémantique représente l'un des modes d'apprentissage les plus efficaces. Dans une recherche effectuée par Lieury (1997) auprès d'élèves de trois niveaux scolaires différents, on observe que les enfants de 6 ans parviennent à apprendre 90 % d'une liste de 39 mots après trois essais lorsque les mots sont regroupés en catégories. Lorsqu'ils sont mélangés, les enfants n'en retiennent que 60 %. Par ailleurs, Lieury a également montré que l'organisation sémantique n'est efficace qu'à partir d'un certain âge. Ainsi, les élèves de 10 ans (CM1–CM2) ne bénéficient pas de l'effet d'organisation sémantique, ce qui peut s'expliquer par l'absence des connaissances requises. En effet, on ne peut bénéficier de l'effet d'organisation que si les concepts sont suffisamment maîtrisés et déjà organisés dans la mémoire sémantique.

4.1.1.3. Les stratégies d'élaboration et d'association

Le recours à ce type de stratégies a été spécialement étudié via l'apprentissage de paires de mots associés, et particulièrement de mots sans lien entre eux. Par exemple, pour les mots « vache » et « rivière », un moyen serait de répéter simplement les mots avec ou sans la conjonction. Une stratégie d'élaboration possible consisterait à établir un lien direct entre les termes de la paire. Dans ce cas, ce pourrait être « la vache se baigne dans la rivière ». On pourrait également identifier un attribut partagé par les deux

termes, comme par exemple la couleur, la forme, etc. Dès l'âge de 4 ans les enfants peuvent générer une imagerie mnésique lorsqu'on leur présente des paires d'images. Ils doivent néanmoins recevoir une aide et un étayage importants de leur entourage pour y parvenir. Par exemple, un recours facilitateur consisterait à présenter les paires avec des jouets au lieu de mots. Plus les enfants grandissent, moins ils ont besoin d'aide. Le développement de l'imagerie mnésique se poursuit de manière progressive jusqu'à la fin de l'école primaire.

L'utilisation des stratégies d'élaboration augmente avec l'âge, et particulièrement à l'adolescence. Les enfants de 11 ou 12 ans sont capables de les assimiler mais ne les généralisent pas autant que les adolescents. Dans tous les cas, il ne s'agit pas d'une stratégie universellement utilisée : seuls 20 à 30 % des adultes y ont recours.

4.1.2. Les stratégies de récupération

Entre 4 et 12 ans, on remarque des différences évolutives dans l'utilisation efficiente des stratégies de récupération. L'usage spontané de stratégies de récupération simples comme, par exemple, le recours à des indices d'association externes, s'observe dès la crèche et durant les premières années de scolarité. Les stratégies de récupération complexes, comme la réorganisation de l'information stockée, combinée avec une recherche exhaustive et une évaluation approfondie, n'appartiennent pas au répertoire de stratégies utilisées par les enfants avant les dernières années de la période scolaire et l'adolescence. La plupart des évolutions en matière de récupération mnésique relève de la capacité à explorer le système de mémoire à long terme^[1] de manière adaptée, c'est-à-dire de manière sélective, flexible, exhaustive et systématique, en accord avec les exigences du problème à traiter et du matériel à récupérer.

Généralement, cette faculté se développe tardivement chez l'enfant, surtout en ce qui concerne l'exploitation de pistes mnésiques internes. Comme les procédures de stockage et de récupération ne peuvent être étudiées de façon isolée, il est difficile de faire la part entre ce qui relève du stockage et ce qui relève de la récupération malgré d'ingénieuses tentatives visant à évaluer leur importance respective. On a montré que, dès la deuxième année de vie, les enfants utilisent des stratégies simples lors de situations ordinaires. Un exemple typique serait de demander à des enfants ce qu'ils pourraient faire pour ne pas oublier d'apporter leur sac de sport au collège le lendemain. Les plus jeunes enfants n'utilisent que des indices externes. À la crèche, tous les enfants sont déjà capables d'utiliser au moins un indice. Le répertoire d'indices s'enrichit avec l'âge.

Une part importante des recherches existant sur ce sujet se centre sur l'utilisation de l'information catégorielle pour guider le processus de récupération. Les jeunes enfants répondent aux indices par association et fournissent le plus souvent un seul élément de réponse. Les enfants plus âgés et les adultes partent de l'indice pour étendre la recherche mnésique.

Une tendance évolutive équivalente est observée lorsqu'on demande à des enfants de résoudre d'hypothétiques problèmes de récupération auxquels ils pourraient être confrontés, par exemple, comment ils feraient pour se souvenir de la date d'un événement précis. Tous les résultats montrent que l'usage de stratégies est peu fréquent avant l'âge de 6 ou 7 ans, mais que, par la suite, les enfants sont capables d'y recourir plus fréquemment et de façon plus efficace.

4.1.3. Les stratégies d'étude

Lorsqu'il s'agit de textes, contrairement à ce qui se produit avec des séries de dessins ou de mots, le but n'est généralement pas le souvenir littéral des phrases ou des mots tels quels. L'objectif est de se souvenir des points principaux ou du sens du passage. *Prendre des notes, souligner, résumer ou écrire une synthèse*, sont autant de stratégies permettant de se souvenir de textes riches en informations, de la même manière que la répétition et l'usage de relations catégorielles représentent des stratégies favorisant le souvenir de groupes de dessins et de mots.

La capacité d'apprentissage mnésique verbal comme visuel augmente clairement avec l'âge. Le développement de la mémoire, et en particulier de la mémoire de travail, est corrélé avec l'enrichissement du lexique et avec la compréhension de la lecture (Seigneuric, Ehrlich, Oakhill et Yuill, 2000). Mémoire et cognition sont étroitement liées. Il a été montré que des élèves de tout âge, confrontés à une tâche d'apprentissage de texte, sont capables d'avoir recours à différents types de procédés et de stratégies. Cependant, seuls les adolescents les plus âgés se sont montrés capables d'utiliser les habiletés subtiles et complexes nécessaires pour extraire d'un vaste ensemble d'informations les composantes-clés, considérées comme essentielles pour l'apprentissage (Kail, 1994).

Par ailleurs, des études longitudinales (Schlagmüller et Schneider, 2002) ont montré que le développement des stratégies n'est pas aussi linéaire qu'on le pensait auparavant, et qu'il observe une importante variabilité. Seuls 8 % des enfants observeraient un développement graduel. La majorité le fait par « bonds ». Soixante-dix pour cent des individus qui avaient recours à une stratégie spécifique à un âge très précoce cessaient par la suite de l'utiliser pour la redécouvrir plus tard. Ceux qui commençaient à l'utiliser plus tardivement (8–10 ans) la conservaient tout au long de l'étude.

La connaissance métacognitive déclarative d'une stratégie se développe avant l'usage réel de celle-ci. En période de transition, les enfants montrent qu'ils disposent d'une connaissance approfondie des avantages liés à une stratégie organisatrice 6 mois avant de commencer à y avoir recours.

En ce qui concerne la métamémoire, les progrès réalisés engendrent des changements qualitatifs dans les processus de contrôle (stratégies) vers l'âge de 8–10 ans. L'usage simultané de stratégies multiples augmente le rendement mnésique. En accord avec les recherches mentionnées plus haut, les stratégies les plus efficaces sont l'organisation, la répétition (ou consolidation) et l'autovérification.

4.2. Le développement des connaissances de base, les intérêts et les motivations

Il est clairement établi que le rendement mnésique est très lié au développement des connaissances de base. Ces connaissances incluent de complexes réseaux associatifs de représentations verbales (mots, concepts, etc.) et visuelles (images). Elles pourraient être comparées à un dictionnaire mental d'objets et de relations entre ces objets, dont la quantité et la complexité augmentent avec l'âge.

L'augmentation du capital de connaissances influe sur la mémoire : si les items stockés sont représentés de façon plus riche et plus précise, l'accès à la mémoire sémantique en est facilité. Lors de tâches impliquant un matériel familier, comme certains programmes de télévision destinés à un jeune public, les enfants observent un meilleur rendement que les adultes qui ne les connaissent pas. De plus, une base de connaissances solide augmente spécifiquement la vitesse de traitement pour le matériel connu et permet un usage plus efficient, voire automatique, des stratégies mnémotechniques.


Les études portant sur la mémorisation de contes montrent que la connaissance du contenu facilite la compréhension et le souvenir de l'histoire. La connaissance des séquences d'actions humaines, des motivations et des intentions des personnages, des caractéristiques des lieux où l'histoire se déroule, etc., sont autant de savoirs qui ne concernent pas directement l'intrigue de l'histoire mais qui sont pourtant utilisés pour la comprendre et s'en souvenir. Le manque de connaissances préalables concernant le contenu du conte peut engendrer une régression vers des formes de souvenirs plus infantiles.

L'intérêt, la motivation, ainsi que d'autres aspects de nature affectivo-émotionnelle, jouent également un rôle important et influent de manière significative sur la nature du souvenir.

4.3. Le développement de la mémoire à court terme

De manière générale, l'appellation mémoire à court terme (MCT) renvoie spécifiquement à des caractéristiques temporelles et fait référence au système qui permet de retenir une quantité d'informations limitée durant une période brève, ne dépassant pas quelques secondes. Comme cela a été montré dans un précédent chapitre (voir chapitre 1), il existe différents modèles théoriques. Ici, nous nous appuyerons principalement sur le modèle de Baddeley en utilisant indistinctement les notions de mémoire à court terme et de mémoire de travail, mais en distinguant tour à tour deux modalités principales : verbale et visuelle.

4.4. Le développement de la mémoire à court terme verbale

Le développement de la mémoire à court terme verbale serait en partie assimilable au développement de la boucle phonologique  dans le

modèle de la mémoire de travail^[4] de Baddeley. Comme cela a été montré dans le chapitre 1, la boucle phonologique comporte deux composantes : le stock phonologique et le processus de répétition subvocalique. D'un point de vue développemental, on considère que le stock phonologique est déjà présent chez les jeunes enfants dès l'âge de 2 ou 3 ans, mais le processus de répétition subvocalique n'apparaît que vers l'âge de 7 ans (Gathercole, 1998).

Il est intéressant de constater que les enfants entre 3 et 5 ans sont très sensibles aux effets de similitude phonologique entre les mots (« voix », « bois ») et à leur longueur. Par exemple, « éléphant », « téléphone », « médicament » seront plus difficiles à récupérer que « pain » ou « lune », même si tous ces mots sont familiers à un enfant de 3 ans. Cependant cet effet ne se remarque pas si les items sont présentés sous forme picturale, par des illustrations. Il semblerait que, chez les jeunes enfants, les items visuels ne sont pas réencodés sous forme phonologique. Ils sont seulement enregistrés selon leurs caractéristiques visuelles. L'indice d'articulation et l'*empan* mnésique ne présentent pas de corrélation positive jusqu'à l'âge de 7 ans. Inversement, ces mêmes enfants sont sensibles à la similitude perceptive entre les images. Par exemple, ils rencontrent davantage de difficultés pour mémoriser les images d'objets courants relativement proches dans leur aspect, comme « peigne », « clé », « crayon » ou « couteau », que pour des objets plus différents comme « kangourou », « police », « banane » ou « parapluie ». Cet effet n'est pas observable chez les enfants plus âgés capables de procéder à un double encodage (phonologique et visuel) qui favorise une meilleure mémorisation.

Bien que le principal changement évolutif dans la mémoire à court terme se produise autour de l'âge de 7 ans, on observe que l'*empan* mnésique augmente également avant cet âge (période de pré-répétition) lorsque les enfants commencent à utiliser la stratégie de répétition subvocalique. Une explication possible est que l'amélioration de l'articulation favorise une énonciation plus rapide des items et, par conséquent, permet de réduire le temps durant lequel l'oubli peut se produire.

De toutes les manières, les changements évolutifs de la boucle phonologique ne suffisent pas à expliquer totalement la raison pour laquelle l'*empan* mnésique augmente avec l'âge. D'autres changements interviennent également, parmi eux le stock de connaissances lexicales en mémoire à long terme. On sait que les listes de mots familiers sont mieux mémorisées que les listes de mots d'usage peu courant. Il en va de même si l'on compare des listes de mots réels avec des listes de pseudo-mots qui ne diffèrent pas dans leur aspect phonologique et articulatoire. Ceci montre l'importance des connaissances lexicales à long terme de mots familiers. En comparant l'*empan* mnésique d'enfants de 6 et 10 ans, on a constaté chez les enfants les plus âgés une différence considérable entre la mémorisation de mots et celle de pseudo-mots. Ceci pourrait s'expliquer par le stock de connaissances lexicales à long terme qui est plus important et plus stable chez les enfants de 10 ans. L'augmentation du vocabulaire serait alors un facteur incident.

Un autre facteur de changement serait lié à l'augmentation de la vitesse du processus d'articulation comme du processus de récupération des mots en mémoire. Cette question a été étudiée de manière approfondie par Cowan (1999). En observant des enfants du cours élémentaire (7–8 ans), du cours moyen (9–10 ans) et du collège (11–12 ans), cet auteur a mis en évidence au moins deux processus distincts impliqués, tous deux en lien avec l'*empan* mnésique, mais sans relation entre eux. Il montre que, même si la durée de prononciation des chiffres est relativement constante, la durée des pauses ou des silences entre les mots peut varier. Les pauses correspondent au temps que l'enfant consacre à chercher et à récupérer en mémoire à court terme le mot à rappeler. Généralement, lorsqu'on augmente la longueur de la série à mémoriser, la durée des pauses augmente également car la tâche de récupération mnésique devient plus complexe. Cependant, on a également montré que, pour une série donnée, les pauses entre les mots sont plus courtes chez les participants présentant les *empans* les plus élevés. Les pauses les plus longues sont corrélées avec les *empans* les plus réduits.

Cowan remarque que le taux de récupération (mesuré par les pauses entre les mots de listes correctement rappelées) et le taux d'articulation (apprécié par la rapidité de prononciation des chiffres) sont corrélés avec l'*empan* mnésique mais ne sont pas corrélés entre eux. Non seulement ces deux facteurs sont indépendants entre eux, mais ils se développent également à un rythme différent. Le taux d'articulation évolue plus rapidement entre le cours élémentaire et le cours moyen, tandis que le taux de récupération change davantage entre le cours moyen et le collège.

Selon ce mode d'évolution, les corrélations entre l'*empan* mnésique et la vitesse d'articulation s'observent principalement durant le cours élémentaire. La corrélation entre l'*empan* et la vitesse de récupération est surtout repérable au collège. On ne remarque pas de différence notable dans la vitesse de récupération des enfants du cours élémentaire. La majorité d'entre eux observe un niveau assez proche, bien que loin d'être optimal. Les enfants du collège ne présentent pas de différence dans le taux d'articulation ; la plupart n'ont pas de difficulté dans ce domaine. En accord avec ces découvertes, la théorie de la vitesse unique de la mémoire de travail devrait être réenvisagée en intégrant la notion de vitesses multiples. Les différentes vitesses ne se développent pas en parallèle. Leurs rythmes diffèrent selon les âges.

Un autre aspect à prendre en compte est que l'augmentation de la vitesse de récupération pourrait également être reliée au fait qu'elle favorise l'utilisation de stratégies adéquates. La vitesse serait une condition nécessaire, mais non suffisante, à l'augmentation de l'*empan*. Ainsi, au cours moyen, la vitesse augmente mais ne se traduit pas particulièrement par une augmentation de l'*empan*, comme ce qui est observable au collège. Un type particulier de stratégie est employé, mais un seuil minimal de vitesse de traitement est nécessaire pour que la stratégie puisse être utilisée de façon efficiente. Une stratégie possible serait de rafraîchir les items en mémoire

de travail, en focalisant l'attention sur eux ou en les réexaminant un par un à la manière d'un scanner. Une autre stratégie consisterait à regrouper les items, ce qui dépend également de la rapidité de recherche des items en mémoire de travail.

Entre le cours moyen et le collège, les enfants développent généralement une vitesse de récupération suffisante pour utiliser de telles stratégies, mais seuls certains d'entre eux parviennent à tirer profit de son utilisation. Ainsi, l'augmentation de la vitesse de récupération avec l'âge n'entraîne pas de manière systématique et immédiate l'augmentation de l'*empan*. À l'inverse, l'augmentation du taux d'articulation, qui est indépendant de la vitesse de récupération, est corrélée avec l'augmentation de l'*empan*.

Une autre explication possible serait que la convergence entre *empan* et rapidité d'articulation pourrait être due à l'influence mnésique de certaines habiletés associées au processus d'articulation rapide. Il pourrait s'agir par exemple de la relation entre le processus d'articulation et l'aptitude à lire ou à extraire rapidement des informations de la mémoire phonologique.

En résumé, l'augmentation de l'*empan* auditivo-verbal durant l'enfance relève de différents facteurs parmi lesquels on trouve le développement des habiletés phonologiques, l'augmentation de la vitesse des processus d'articulation comme de récupération, l'utilisation de stratégies (particulièrement la répétition subvocalique), et pour finir, l'enrichissement du vocabulaire (stock lexical et connaissances de base). Ainsi, vers la fin de l'école primaire, le rendement des enfants se rapproche déjà de celui des adultes.

4.5. Le développement de la mémoire à court terme visuo-spatiale

La capacité à retenir, durant de brèves périodes de temps, des informations concernant les caractéristiques visuo-spatiales d'événements serait gérée par un système de la mémoire de travail nommé calepin visuo-spatial^[2]. Ce système a été beaucoup moins étudié que la boucle phonologique, notamment en raison de la difficulté à concevoir du matériel encodable uniquement sous forme visuo-spatiale. De nombreux types d'images, figurant par exemple des objets familiers, peuvent être encodés en mémoire de travail en utilisant des représentations phonologiques et sémantiques. Il est difficile de procéder à une mesure « pure » de la mémoire de travail visuo-spatiale.

Deux épreuves pourraient satisfaire ces critères : le test des cubes de Corsi et le test des patrons visuels². En utilisant ces techniques lors de nombreuses recherches, on a montré que le rendement augmente avec l'âge chez des enfants entre 5 et 12 ans. Il convient donc de se demander si la capacité du calepin visuo-spatial augmente réellement durant l'enfance, ou si ce qui évolue ne serait pas au contraire l'efficacité des stratégies utilisées pour retenir l'information.

2. Cet outil anglo-saxon pourrait trouver un équivalent français dans les épreuves visuo-spatiales de la BEM 144, Batterie d'Efficiences Mnésiques 144, voir chapitre 5.

Lors d'expériences utilisant des images d'objets à retenir, on a mis en évidence que les enfants les plus jeunes encodent sous forme visuelle. En revanche, après 8 ans, ils utilisent préférentiellement la voie phonologique pour mémoriser ces mêmes images. Lors d'une étude intéressante, Hitch, Halliday, Schaafstal et Schraagen (1988) ont mesuré les effets de la similarité visuelle et de la longueur des mots dans des tâches de mémorisation d'objets chez des enfants entre 5 et 10 ans. Les résultats sont les suivants : les enfants qui ont nommé les objets ont obtenu de meilleurs résultats que ceux qui ne l'ont pas fait. Seuls les enfants de 5 ans ont été affectés par la similarité visuelle des items, ce qui suggère que l'encodage visuel pour maintenir l'information en mémoire a été utilisé uniquement par les enfants de cet âge. Le groupe d'enfants plus âgés a été affecté par la longueur du nom des objets, ce qui indique qu'ils ont utilisé la voie phonologique pour encoder.

Les auteurs supposent que les enfants les plus jeunes conservent les informations selon leur forme, leur orientation et d'autres détails relatifs à leur apparence externe. Lorsque des objets différents partagent des caractéristiques visuelles similaires, les enfants peuvent rencontrer des difficultés dans le processus de reconstruction des items en mémoire. Cependant, à mesure qu'ils grandissent, les enfants changent de mode d'encodage : ils nomment les objets plutôt que de les retenir en fonction de leur apparence, ce qui leur permet de conserver l'information au moyen de la répétition phonologique.

Dans d'autres recherches, on utilise la technique de la « suppression articulatoire ». Les participants doivent répéter une syllabe en continu, par exemple [de], afin de produire une interférence avec l'activité de la boucle phonologique et, par conséquent, d'éviter l'encodage phonologique de l'information visuo-spatiale. On observe que la suppression articulatoire affecte le rendement des enfants de 10 ans, tout comme celui des adultes. En revanche, on n'observe pas d'effet chez les enfants de 5 et 7 ans.

Bien que les effets de la suppression articulatoire soient modérés, il semble évident que les enfants les plus âgés comme les adultes tendent également à utiliser, s'ils en ont l'opportunité, la voie phonologique pour retenir du matériel visuo-spatial.

Pour quelles raisons les enfants les plus jeunes n'utilisent-ils pas la voie phonologique dans ces situations ? On peut penser que les enfants les plus jeunes sont « dépendants du mode de présentation ». Si le stimulus est présenté sous forme verbale, l'encodage se fait sous forme phonologique ; s'il est présenté sous forme visuelle, l'encodage l'est également. Pour encoder l'information visuelle, les enfants les plus âgés sont capables d'avoir recours aux deux types d'encodage de manière simultanée.

On pourrait aussi penser que la capacité à transposer une information d'une forme visuelle à une forme phonologique est étroitement liée à l'acquisition de la lecture. L'apprentissage de la lecture serait un facteur important qui favoriserait l'utilisation des processus phonologiques dans des tâches visuo-spatiales.

Le développement de « l'administrateur central[□] », qui rend possible l'usage flexible de stratégies plus évoluées, joue également un rôle important dans les changements évolutifs de la mémoire.

De toutes les manières, l'encodage visuel n'est jamais totalement abandonné. Il continue d'influer sur la mémoire immédiate en ce qui concerne le matériel présenté visuellement, même après que se sont développées les stratégies d'encodage phonologique.

Il semblerait que le développement de la mémoire de travail n'implique pas de substituer un type de stratégie d'encodage à un autre, mais plutôt d'utiliser les deux sous le contrôle des mécanismes d'attention et d'inhibition.

Quels sont les autres mécanismes responsables de l'augmentation de l'utilisation de stratégies, observée avec l'âge dans les épreuves de Corsi et dans le test des patrons visuels ? D'autres capacités évoluent également avec l'âge et peuvent exercer une influence sur la mémoire de travail.

4.5.1.1. Les connaissances de base

L'influence des connaissances de base sur la mémoire de travail visuo-spatiale a été clairement mise en évidence dans la célèbre recherche de Chi (1978). Les enfants disposant de connaissances sur les échecs se souviennent plus facilement de la position des pièces sur l'échiquier que des adultes ignorant tout de ce jeu. Ceci n'est valable que si le placement des pièces respecte les règles conventionnelles des échecs.

De même, on pense que la connaissance de figures et de principes géométriques peut intervenir dans la mémoire de travail via la mémoire à long terme. Ces connaissances géométriques seraient, en quelque sorte, équivalentes aux connaissances phonologiques et lexicales pour la mémoire de travail phonologique.

4.5.1.2. Les stratégies

En ce qui concerne la mémoire de travail phonologique, ce thème a été largement étudié et, bien qu'à première vue on puisse supposer que l'information visuo-spatiale peut aussi être répétée en mémoire, le processus impliqué est encore peu connu.

4.5.1.3. La vitesse de traitement

Il semble logique que les changements de la vitesse de traitement dépendent de la maturation neurologique. Un traitement plus rapide réduit le temps nécessaire à la mémorisation et limite donc les effets de l'oubli (Chuah et Maybery, 1999). Ainsi, les enfants qui se montrent les plus rapides lors des épreuves de Corsi et des patrons visuels sont également ceux qui mémorisent le mieux. À partir d'études impliquant des adultes, on a montré qu'il existe une influence générale, plus que spécifique, de la vitesse de traitement sur les tâches de mémoire de travail visuo-spatiale.

4.5.1.4. Les capacités attentionnelles

On peut penser que les variations de l'attention lors de tâches de mémoire de travail visuo-spatiale affectent le rendement des informations qui peuvent être prises en compte à un moment donné. L'inhibition des informations non pertinentes joue également un rôle important dans cette tâche. Ces processus d'attention et d'inhibition semblent sous la dépendance de l'administrateur central du modèle de Baddeley.

4.5.1.5. Synthèse

L'augmentation du rendement de la mémoire de travail visuo-spatiale au cours de l'enfance peut être attribuée à différents facteurs. D'une part, les enfants les plus âgés transfèrent l'information visuelle sous forme de code phonologique, qui est lui-même en lien avec l'acquisition de la lecture. D'autre part, comme dans le développement de la mémoire verbale, les connaissances de base interviennent, ainsi que le recours à des stratégies (par exemple la répétition visuo-spatiale), la maturation neurologique et les changements correspondant en termes de capacités attentionnelles et de vitesse de traitement (Pickering, 2001).

Pour clore ce chapitre, nous proposons de commenter deux autres aspects de la mémoire qui ont fait l'objet de recherches longitudinales spécifiques, la métamémoire et la mémoire prospective.

4.6. Le développement de la métamémoire

La métamémoire correspond au savoir relatif à la mémoire elle-même. Elle fait référence à des processus d'autorégulation, de sélection et d'évaluation apparentés dans une certaine mesure aux processus centraux de la théorie métacognitive. Celle-ci inclut la théorie de l'esprit mais peut également se référer à d'autres concepts relevant de théories plus traditionnelles comme l'introspection systématique.

La métamémoire met en jeu différentes variables liées aux *individus*, aux *tâches*, aux *stratégies* et à leurs interactions réciproques.

- La variable *individu*. Elle fait référence au degré de compréhension dont dispose un enfant sur les qualités de ses propres capacités mnésiques et de celles des autres personnes (portées et limites).
- La variable *tâche*. Elle implique la connaissance des facteurs qui rendent une tâche plus facile ou plus difficile (matériel familier ou non familier, association proche ou lointaine entre les différents items, listes courtes ou longues, etc.).
- La variable *stratégie*. Elle renvoie à la possibilité d'expliquer le recours aux stratégies de stockage et de récupération.

Un autre concept intéressant, connu sous le nom d'« expérience métacognitive », intervient également : il fait référence aux situations pendant lesquelles émergent de nouveaux *insights* cognitifs. Citons par exemple le cas d'un élève qui souligne un texte déterminé pour l'apprendre et qui se

rend compte, après avoir utilisé cette méthode, qu'il a dépensé beaucoup d'efforts pour peu de résultats. Ce constat peut être qualifié d'« expérience métacognitive » : l'étudiant a en effet gagné en *insight* (auto-connaissance) à propos de l'utilité de la stratégie utilisée.

Globalement, il existe une certaine corrélation entre la métamémoire et le rendement mnésique. On peut raisonnablement supposer que les personnes disposant d'une « bonne mémoire » sont plus habiles à prédire leur propre rendement que les personnes ayant « mauvaise mémoire ». Néanmoins, il semblerait que cette corrélation puisse varier en fonction de l'aspect considéré. Les corrélations observables sont plus élevées pour le rappel^[1] que pour la reconnaissance^[2] et, chez les enfants les plus jeunes, elles sont plus importantes dans un cadre familier qu'en situation de laboratoire. Elles varient également en fonction du type de tâche à réaliser. On a ainsi pu montrer que la prédiction est meilleure lors de tâches plus difficiles, parce que celles-ci requièrent l'intervention de processus de contrôle plus spécifiques pour obtenir de meilleurs résultats. Par exemple, la prédiction est de moins bonne qualité pour des listes de souvenirs catégorisables que pour des souvenirs non catégorisables, justement parce que ces derniers sont moins faciles à apprendre.

Les études longitudinales sur la métamémoire ont abordé différentes questions (Marchesi, 1999 ; DeMarie et Ferron, 2003). Dans l'une d'entre elles, on s'est demandé à quel moment les enfants se rendent compte que les problèmes sollicitant la mémoire diffèrent des autres types de problèmes, et qu'ils requièrent un ensemble de conduites adéquates pour les résoudre. Autrement dit : quand intervient la conscience de la nécessité d'avoir recours à certaines actions pour se souvenir ? Les premières recherches dans ce domaine ont montré que les jeunes enfants ne comprennent pas réellement, lorsqu'on leur demande de mémoriser un ensemble d'items, qu'il s'agit en fait d'une invitation à réaliser une série d'actions susceptibles de faciliter leur souvenir ultérieur. Par la suite, d'autres études ont remis en cause cette conclusion. Elles ont mis en évidence que les enfants d'âge préscolaire comprennent bien qu'ils doivent faire quelque chose pour se souvenir par la suite des items. Néanmoins, ils ne savent pas quelles actions réaliser et se contentent simplement de regarder et de pointer du doigt, ce qui n'affecte pas le souvenir postérieur. En utilisant des méthodes adéquates, qui minimisent l'importance des requêtes faites à l'enfant, il est possible de montrer qu'il existe un certain savoir métamnésique chez les enfants d'âge préscolaire, comme par exemple le contrôle de certaines conduites mentales ou la possibilité de distinguer l'important du superflu lors d'histoires en images.

Un autre des problèmes abordés porte sur l'identification des facteurs susceptibles de faciliter la mémorisation ou, au contraire, de la perturber. Les enfants d'âge préscolaire réalisent des prédictions peu fiables sur leurs capacités et leur efficacité mnésiques, bien qu'ils aient intuitivement conscience que ces capacités augmentent avec l'âge. À 7 ans, les enfants savent déjà que la familiarité des items est un facteur important, susceptible de déterminer

le souvenir postérieur. Les jeunes enfants sont capables de faire la distinction entre le rappel et la reconnaissance. Cependant, ils ne comprennent pas pourquoi la reconnaissance est plus facile et ils ont des difficultés à justifier leur choix dans la procédure utilisée.

En ce qui concerne le contrôle de leur propre mémoire, les enfants peuvent à 6 ans se rendre compte qu'une information n'a pas été bien apprise, mais ils n'y consacrent néanmoins pas plus de temps qu'à l'étude d'une information mieux connue. Ce n'est qu'à partir de l'âge de 8 ans qu'on s'attarde plus longuement sur ce dont on se souvient le moins. Alors que certains travaux montrent qu'à partir de l'âge de 9 ans les progrès dans la prédiction de résultats vont de pair avec un souvenir plus efficace, d'autres recherches observent des tendances beaucoup moins marquées. Le développement de la métamémoire serait une condition nécessaire, mais non suffisante, pour générer de meilleures capacités mnésiques. Il existe certaines situations dans lesquelles intervient uniquement un traitement automatique de l'information, indépendamment de toute influence de la connaissance sur la mémoire.

Dans d'autres cas, on peut constater un développement insuffisant de la métamémoire (chez les jeunes enfants), ou une non-utilisation de celle-ci malgré sa disponibilité, lorsque l'enfant n'identifie pas les liens entre sa connaissance des mécanismes mnésiques et le recours à des conduites mnésiques concrètes. Il existe aussi d'autres situations dans lesquelles on constate une plus grande probabilité d'observer l'influence effective de la métamémoire : lorsque l'objectif mnésique à atteindre présente un intérêt important et que sont en jeu des facteurs personnels et motivationnels.

D'autre part, les expériences croisant des facultés mnésiques et d'autres prérequis cognitifs nécessaires apportent de précieux éléments à propos du développement de la métamémoire. L'accumulation d'expériences mettant en jeu différentes tâches de rappel, ainsi que le *feedback* fait au participant sur ses propres résultats, contribuent fortement à l'acquisition d'habiletés métamnésiques.

En résumé, bien qu'on observe des manifestations métamnésiques dès la période préscolaire, le développement de la métamémoire est plus remarquable durant l'école primaire, et davantage encore vers l'âge de 11–12 ans. Ce développement n'atteint cependant pas son terme durant l'enfance, mais il se poursuit pendant l'adolescence et jusqu'au début de l'âge adulte (Schneider, 1997).

4.7. Le développement de la mémoire prospective

La mémoire rétrospective se réfère au fait de se souvenir d'informations précédemment acquises, comme par exemple se souvenir du contenu d'un livre, du nom d'une personne ou de ce qu'on a fait la veille. Inversement, la mémoire prospective (MP) fait référence au fait de se souvenir que l'on doit réaliser une action dans le futur, comme par exemple se souvenir d'offrir un cadeau à un ami, de passer un coup de téléphone à deux heures de l'après-midi, ou de prendre un médicament avant de se coucher.

Les défaillances de la mémoire prospective sont relativement fréquentes et peuvent représenter 50 à 70 % des défaillances mnésiques observables dans la vie quotidienne.

Il est intéressant de constater que lorsque les parents font des commentaires sur les trous de mémoire de leurs enfants, ils semblent en général davantage préoccupés par les actions qu'ils omettent de réaliser que par les oublis d'informations antérieures. La mémoire prospective est une composante importante des activités quotidiennes, de telle sorte que le fait d'oublier l'action qu'on avait l'intention de réaliser à un moment donné peut avoir des conséquences désagréables et être source de perturbations sérieuses dans la vie de tous les jours, à la maison ou à l'école.

Cependant, il existe peu de travaux portant sur le développement de la mémoire prospective chez les enfants. Kvavilashvili, Kail et Messer (2006) ont procédé à une recension exhaustive de la littérature portant sur ce thème et se sont rendu compte que, sur les 150 travaux publiés durant la période 2001–2005 sur la MP, seulement 4 % correspondaient à des études longitudinales. Ces données sont d'autant plus étonnantes lorsqu'on considère l'importance de la MP dans la vie quotidienne, étant donné que les enfants doivent fréquemment transmettre des messages, réaliser régulièrement certaines tâches domestiques, apporter des affaires au collège, se laver les dents, etc.

En ce qui concerne les tâches permettant d'étudier la MP en laboratoire, on distingue couramment les tâches basées sur des événements et les tâches d'ordre temporel. Dans les premières, l'objectif est d'accomplir une tâche en lien avec un autre fait qui constitue ainsi un indice externe. Par exemple, un enfant doit transmettre un message à son père dès que celui-ci rentre du travail. Lorsque le père revient à la maison, sa présence constitue un indice mnésique. Pour les tâches basées sur le temps, par exemple passer un coup de téléphone dans un délai de 30 min, il n'existe pas de piste externe, ce qui nécessite donc un effort d'autocontrôle supplémentaire.

Pour évaluer la MP temporelle, Kerns (2000) a mis au point un programme informatique de type jeu vidéo nommé *Cyber Cruiser*. L'enfant simule la conduite d'une voiture en plein trafic. L'objectif est de remplir le réservoir d'essence chaque fois que le voyant signale qu'il est presque vide (zone rouge). Si l'enfant ne remplit pas le réservoir au moment approprié, il perd les points accumulés. Le jeu dure 5 min, durant lesquelles le joueur doit remplir le réservoir 5 fois quand – et seulement quand – le voyant indique la zone rouge. En utilisant cet outil chez des enfants présentant des troubles de l'attention avec hyperactivité (Kerns et Price, 2001), ainsi que chez des enfants présentant une atteinte cérébrale traumatique chronique (McCauley et Levin, 2004), on a montré que ces groupes cliniques rencontraient davantage de difficultés que les groupes « contrôle » dans les tâches de MP impliquant une estimation du temps.

En ce qui concerne le développement de la MP, on a montré que des enfants de 2, 3 et 4 ans sont capables d'observer jusqu'à 80 % de réussite dans des tâches de MP, avec un intervalle de temps oscillant entre 5 min

et 8 h, à condition que les tâches soient intéressantes et que leur degré de difficulté soit adapté à l'âge de l'enfant (par exemple, faire en sorte, pour un enfant, qu'il rappelle à sa mère de lui acheter une glace lorsqu'ils iront au supermarché).

Parmi les différents facteurs qui affectent la MP, la variable « âge » n'intervient pas chez les enfants d'âge préscolaire. Les enfants de 2, 3 et 4 ans présentent des résultats similaires. À l'inverse, ils paraissent sensibles à la variable « interruption ». Ainsi, on est souvent amené à interrompre une action en cours, par exemple en passant un coup de téléphone alors qu'on est en train de regarder la télévision. Parfois, cette interruption n'est pas nécessaire et il serait possible d'attendre la fin de l'émission pour téléphoner. Les interruptions engendrent une augmentation de la mobilisation attentionnelle et peuvent entraîner une défaillance du processus de remémoration. Les plus jeunes enfants paraissent davantage sensibles que les plus âgés aux effets de cette interférence (Kvavilashvili, Messer et Ebdon, 2001).

Il existe des controverses en ce qui concerne les mécanismes impliqués dans la MP. Pour certains auteurs, il s'agit de mécanismes automatiques qui ne requièrent pas beaucoup d'efforts conscients. Ainsi, des études réalisées auprès d'enfants âgés de 10 à 14 ans ont montré qu'ils étaient incapables de décrire les stratégies utilisées pour appréhender les données temporelles, ce qui corrobore l'hypothèse selon laquelle il s'agirait de processus inconscients. En revanche, d'autres auteurs assimilent directement la MP aux stratégies de suivi et d'autorépétition. Il est probable que ces deux processus interviennent. Il s'agit en général de tâches automatiques, mais lors de situations bien précises – lorsque l'objet n'a pas d'importance particulière pour l'individu – il est nécessaire de déployer des stratégies spécifiques comme la répétition périodique du but et le contrôle du temps qui passe.

La MP est un domaine qui mériterait de plus amples recherches. À l'heure actuelle, et dans une perspective développementale, il semble que l'évolution de la MP depuis l'âge préscolaire jusqu'à l'âge scolaire est plus graduelle que l'évolution de la mémoire rétrospective. Les changements intervenant durant la petite enfance sont discrets et difficiles à identifier. Les différences commencent à se manifester plus clairement à partir de l'âge de 9 ans seulement.

5. Conclusion

Le développement de la mémoire résulte du développement de nombreuses structures reliées et interagissant entre elles. La mémoire comprend autant d'aspects que l'esprit présente de caractéristiques, et tous sont amenés à se développer. Ce sujet est d'autant plus complexe que, pour comprendre l'évolution de la mémoire, il ne suffit pas d'en analyser chaque aspect de façon isolée. Il faudrait également explorer les interactions des différents types de mémoire entre eux, mais aussi – et cela serait peut-être encore plus complexe – l'implication de différents types de variables, comme le

développement de l'intelligence et des émotions, ainsi que les changements observables dans les domaines neurobiologique, familial, scolaire, social et culturel en général. Un chemin prometteur sur lequel la science commence à peine s'engager.

Références

- Baddeley A. *Essentials of Human Memory*. Hove: Psychology Press; 1999.
- Bauer P. What do infants recall of their lives? Memory for specific events by one to two-year-olds. *American Psychologist*. 1996;51:29-41.
- Bauer P. Development of memory in early childhood. En: Cowan N, ed. *The development of memory in childhood*. Hove: Psychology Press; 1997.
- Chi MTH. Knowledge structure and memory development. En: R. Siegler, eds. *Children's thinking: Whats develops?* Hillsdale: Erlbaum; 1978.
- Chuah YML, Maybery MT. Verbal and spatial short-term memory: two sources of developmental evidence consistent with common underlying processes. *International Journal of Psychology*. 1999;34:374-7.
- Cowan N. The differential maturation of two processing rates related to digit span. *Journal of Experimental Child Psychology*. 1999;72:193-209.
- DeMarie D, Ferron J. Capacity, strategies, and metamemory: tests of a three-factor model of memory development. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2003;84:167-93.
- Fivush R, Hamond N. La memoria autobiográfica durante los años de preescolar: hacia una reconceptualización de la amnesia de la infancia. En: Fivush R, Hitch GJ, Halliday MS, Schaafstal AM, Schraagen J. *Visual working memory in young children*. *Memory and Cognition*. 1988; 16:120-32.
- Hudson J, eds. *Conocimiento y recuerdo en la infancia*. Madrid: Visor; 1996.
- Gathercole S. The development of memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 1998;39:3-27.
- Goodman G, Rudy L, Bottoms B, Aman C. Inquietudes y memoria de los niños: Cuestiones de validez ecológica en el estudio del testimonio ocular infantil. En: Fivush R, Hudson J, eds. *Conocimiento y recuerdo en la infancia*. Madrid: Visor; 1996.
- Holliday R, Hayes B. Automatic and intentional processes in children's recognition memory: the reversed misinformation effect. *Applied Cognitive Psychology*. 2002;16:1-16.
- Kail R. *El desarrollo de la memoria en los niños*. Madrid: Siglo veintiuno; 1994.
- Kerns K, Price K. An investigation of prospective memory in children with ADHD. *Child Neuropsychology*. 2001;7:162-71.
- Kerns K. The CyberCruiser: an investigation of development of prospective memory in children. *Journal of the Interntional Neuropsychology Society*. 2000;6:62-70.
- Kvavilashvili L, Kyle F, Messer D. Prospective memory in children: Methodological issues, empirical findings and future directions. En: Kliegel M, McDaniel M, Einstein G, eds. *Prospective memory: cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives*. Mahwah: Erlbaum (en prensa).
- Kvavilashvili L, Messer D, Ebdon P. Prospective memory in children: the effects of age and task interruption. *Developmental Psychology*. 2001;37:418-30.
- Lieury A. *Mémoire et réussite scolaire*. Paris: Dunod; 1997.

- Mandler J. El recuerdo y su expresión verbal. En: Fivush R, Hudson J, eds. Conocimiento y recuerdo en la infancia. Madrid: Visor; 1996.
- Marchesi A. El desarrollo de la memoria. En: Palacios J, Marchesi A, Carretero M. Psicología Evolutiva 2. Desarrollo cognitivo y social del niño. Madrid: Alianza; 1999.
- McCauley S, Levin H. Prospective memory in pediatric traumatic brain injury: a preliminary study. *Developmental Neuropsychology*. 2004;25:5-20.
- Nelson K. Language in cognitive development. New York: Cambridge University Press; 1996a.
- Nelson K. Recordar, olvidar y amnesia de la infancia. En: Fivush R, Hudson J, eds. Conocimiento y recuerdo en la infancia. Madrid: Visor; 1996b.
- Nelson K. Memory development from 4 to 7 years. En: Sameroff A, Haith MM, eds. The five to seven years shift. Chicago: The University of Chicago Press; 1996c.
- Pickering S. The development of visuo-spatial working memory. *Memory*. 2001;9:423-32.
- Principe G, Ornstein P, Baker-Ward L, Gordon B. The effects of intervening experiences on children's memory for a physical examination. *Applied Cognitive Psychology*. 2000;14:59-80.
- Rovee-Collier C. The developmental of infant memory. *Current Directions in Psychological Science*. 1999;8:80-5.
- Rowe MB. Wait-time and rewards as instructional variables, their influence on language, logic and fate-control. *Journal of Research on Science Teaching*. 1974;2:81-94.
- Schlagmüller M, Schneider W. The development of organizational strategies in children: evidence from a microgenetic longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2002;81:298-319.
- Schneider W, Pressley M. Memory development between two and twenty. 2.^a ed. New Jersey: Erlbaum; 1997.
- Seigneuric A, Ehrlich MF, Oakhill J, Yuill N. Working memory resources and children's reading comprehension. *Reading and Writing. An Interdisciplinary Journal*. 2000;13:81-103.
- Sheingold K, Tenney Y. Memory for a salient childhood event. En: Neisser U, ed. *Memory observed: Remembering in natural contexts*. San Francisco: W. H. Freeman; 1982.
- Vauclair J. *Développement du jeune enfant*. Paris: Belin; 2004.
- West T, Bauer P. Assumptions of Infantile Amnesia: are there differences between early and later memories? *Memory*. 1999;7:257-78.

CHAPITRE 4

Les amnésies chez les enfants et les adolescents

J. Narbona

Introduction

On a longtemps cru que les enfants étaient incapables d'utiliser la mémoire des faits et des événements avant l'âge *préscolaire*¹. Cependant, un ensemble de recherches récentes, basées sur des paradigmes adaptés à l'âge proto-verbal (Bauer, 1996 ; Siegel, 2001 ; voir chapitre 2), ont montré l'existence d'activités mnésiques épisodiques chez les nourrissons et les bébés entre 8 mois et 2 ans, plusieurs mois après le déroulement d'une expérience donnée. Néanmoins, l'organisation des souvenirs selon leurs caractéristiques spatiotemporelles exige un certain degré de maturité du système cognitif global. C'est pourquoi la majorité des études publiées sur les syndromes amnésiques de l'enfant décrivent des patients dont l'âge minimal est de 6 ans, bien que l'origine du déficit soit antérieure.

Comme l'ont montré les chapitres précédents, les différents types de mémoire non déclarative[□] (conditionnement, *priming* et apprentissage[□] des stratégies motrices et cognitives) apparaissent à un âge précoce, dès les premiers mois de la vie, et sont de plus en plus utilisés tout au long de l'enfance, de l'adolescence et de l'âge adulte. Au cours du développement, le rythme d'acquisition de nouvelles habitudes et habiletés diminue, bien qu'un certain potentiel d'apprentissage procédural (ou processuel) soit conservé toute la vie. Parallèlement, mais dans des proportions inverses, la mémoire déclarative[□] (sémantique ou épisodique), également repérable

1. La période *préscolaire* correspond globalement à la tranche d'âge 3–5 ans (cycle de l'école maternelle) et la période *scolaire* à la tranche d'âge 6–12 ans (école primaire).

à un âge précoce, augmente avec l'âge et atteint sa pleine maturité à la fin de l'adolescence.

Jusqu'à une période récente, les troubles mnésiques (étudiés dans une perspective neuropsychologique) qui surviennent durant l'enfance n'ont occupé que peu de place dans la littérature. Cependant, l'analyse de ces quelques travaux nous permet d'affirmer qu'on retrouve chez l'enfant et l'adolescent, avec les spécificités du développement, toute la variété des troubles de mémoire à long terme décrits chez l'adulte.

Le but de ce chapitre est de présenter de manière systématique les données issues des travaux publiés et de décrire les caractéristiques cliniques des troubles mnésiques durant l'enfance et l'adolescence. On considérera d'abord les *amnésies de développement*, ou *troubles spécifiques de la mémoire déclarative chez l'enfant*, dues à une pathologie précoce des structures diencephalo-mésio-temporales. Elles peuvent aussi avoir une origine périnatale ou être acquises durant l'enfance après une période de développement normal. Par la suite, on présentera les modèles explicatifs de certains troubles du développement et des apprentissages, basés sur le *dysfonctionnement de la mémoire à long terme non déclarative et de la mémoire à court terme, en particulier de la mémoire de travail*.

1. Les amnésies de développement

1.1. Caractéristiques cliniques générales

La forme d'amnésie de développement la plus connue consiste en une affection spécifique de la mémoire épisodique^[1], c'est-à-dire du souvenir de faits et d'événements relatifs à des données autobiographiques. Dans ce cas, la mémoire sémantique est généralement mieux préservée, bien qu'elle puisse aussi être affectée comme nous le verrons par la suite. La mémoire implicite^[2] des habitudes et des procédures demeure intacte, tout comme l'intelligence et les capacités spécifiques de langage et d'intégration perceptive et motrice. Bien que le dysfonctionnement mnésique soit présent très précocement, le trouble n'est généralement pas repéré avant les premiers apprentissages. Il apparaît lorsque les interactions avec la famille, les pairs et le milieu scolaire exigent, de plus en plus, le recours à la mémoire épisodique. De nombreux enfants affectés peuvent être amenés à consulter parce qu'ils se montrent apparemment distraits ou étourdis. Grâce à une anamnèse adéquate et à l'utilisation de questionnaires et d'épreuves mnésiques (voir chapitre 5), il est possible d'identifier le véritable problème.

Cette dissociation entre la mémoire épisodique – déficitaire – et les mémoires sémantique et procédurale – conservées – se retrouve communément dans les amnésies de développement, comme nous le verrons par la suite. Ainsi le patient peut-il réaliser des progrès dans le domaine scolaire et intégrer le patrimoine de connaissances partagé par son entourage social. À l'inverse, lors de lésions méso-temporales ou mamillo-thalamiques

massives, on observe plus rarement, au sein de la mémoire déclarative, un déficit de la mémoire sémantique associé à une mémoire épisodique préservée, et même une atteinte des deux types de mémoire déclarative (épisodique et sémantique). Dans tous ces cas, la mémoire implicite (non déclarative) reste intacte, ce qui permet l'apprentissage par conditionnement et l'apprentissage d'habitudes motrices, de stratégies cognitives et d'émotions, en marge des coordonnées spatio-temporelles, lesquelles participent à la construction de l'autobiographie quotidienne.

1.2. Prévalence

La seule étude empirique qui tente d'évaluer la *prévalence* des troubles spécifiques de la mémoire déclarative dans la population scolaire est celle de Temple et Richardson (2004). Elle a été réalisée au Royaume-Uni sur 134 enfants âgés de 8 à 9 ans, homogènes du point de vue socioculturel, présentant un quotient intellectuel dans la zone dite « normale » (après conversion du rang percentile en indice global) au test des *Matrices progressives de Raven*, et n'ayant pas de troubles d'apprentissage avérés. Le subtest *Information* de l'Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants (WISC-III) leur a été proposé afin d'évaluer leur mémoire sémantique. On leur a également fait passer une adaptation de la Tâche d'apprentissage auditivo-verbal de Rey (voir chapitre 5) pour évaluer leur mémoire épisodique. Parmi tous les participants, 2 ont obtenu des scores bas au seul subtest de mémoire sémantique, 3 obtiennent des scores bas au seul subtest de mémoire épisodique et 3 autres enfants obtiennent des scores bas aux deux épreuves. Au total, 8 des 134 enfants d'intelligence « normale » se caractérisent par un rendement inférieur aux épreuves verbales mettant spécifiquement en jeu la mémoire explicite^[1]. Les auteurs évaluent donc à 5,9 % les enfants d'âge scolaire susceptibles d'être atteints par un dysfonctionnement mnésique non explicable par une déficience intellectuelle. Malgré les limites méthodologiques de cette étude, ces pourcentages devraient être pris en compte de façon provisoire et attirer l'attention sur le fait que les défaillances mnésiques chez les enfants peuvent être relativement plus fréquentes qu'on ne le pense, bien que les syndromes amnésiques établis se remarquent moins souvent chez les jeunes individus que chez les adultes.

Lorsqu'on considère les populations à risques précoces, la prévalence d'amnésies développementales est beaucoup plus élevée. Briscoe, Gathercole et Marlow (2001) ont comparé 20 enfants de 5 ans nés avant terme, à 32 semaines de grossesse ou moins, avec un groupe « contrôle » composé de 20 autres nés à terme. Trois enfants du groupe expérimental ont obtenu un rendement déficitaire au *Rivermead Behavioral Memory Test* (RBMT) (voir chapitre 5). Ce déficit mnésique, qui a des répercussions sur la vie quotidienne, n'était pas prévisible à partir de leur niveau de développement linguistique situé dans les variations de la moyenne. Jusqu'à 10 % des enfants prématurés sont, en conséquence, susceptibles de présenter

des troubles spécifiques de la mémoire épisodique. En ce qui concerne les enfants qui rencontrent des difficultés d'apprentissage scolaire, il n'existe pas de données fiables portant sur la prévalence de troubles de la mémoire déclarative. Les travaux se focalisent plutôt sur la mémoire à court terme^[4] et sur celle des procédures.

Chez certains enfants dont le retard mental est important, ou qui se trouvent affectés par un dommage cérébral acquis, on peut détecter des difficultés spécifiques de mémoire antérograde, ainsi que des indices cliniques supplémentaires qui rappellent le syndrome de Klüver et Bucy (voir plus bas), mais les descriptions réalisées à ce sujet sont principalement basées sur des cas uniques, comme on le verra par la suite.

1.3. L'amnésie de développement dans le cas de lésions bihippocampiques partielles

La principale contribution à l'étude neuropsychologique des amnésies de développement a été réalisée par des chercheurs de l'*Institute of Child Health* (Londres) et du *National Institute of Mental Health* (Bethesda). La perturbation spécifique de la mémoire déclarative est observable chez des enfants qui ont souffert d'une affection de nature anoxo-ischémique durant la période périnatale ou durant la petite enfance. Cette affection entraîne une atrophie sélective bilatérale des deux hippocampes qui n'est cependant pratiquement jamais totale (Vargha-Khadem, Gadian, Watkins et al., 1997 ; Gadian, Aicardi, Watkins et al., 2000 ; Maguire, Vargha-Khadem et Mishkin, 2001). Les enfants dont l'évaluation neuropsychologique a été réalisée à l'âge scolaire ont généralement été amenés à consulter pour des difficultés spécifiques de mémoire épisodique qui ont été repérées dans la vie quotidienne. Aucun de ces patients ne présentait de retard de développement global ni de trouble sensoriel ou moteur. Les parents (ou adultes proximaux) ont répondu à un questionnaire portant sur les capacités de l'enfant en matière de mémoire des événements et des faits quotidiens. On a fait passer à tous les participants le RBMT, qui constitue un bon outil d'évaluation des aptitudes mnésiques nécessaires aux situations courantes. D'autres épreuves standardisées sollicitant la mémoire épisodique verbale et visuelle à court et à long terme ont aussi été administrées. Les habiletés et les connaissances scolaires ont également été évaluées (mémoire implicite procédurale et mémoire explicite sémantique). Par ailleurs, on a réalisé une volumétrie des structures hippocampiques au moyen de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et le volume des hippocampes a été calculé pour chaque enfant, de même que leurs proportions (en les rapportant au volume total des cerveaux). Enfin, ces résultats ont été comparés à ceux d'enfants du groupe contrôle appariés en fonction de l'âge. Alors que le niveau d'intelligence et que les acquisitions scolaires (à l'exception de la résolution de problèmes arithmétiques) étaient normaux, tous les participants ont présenté un déficit notable de la mémoire des faits quotidiens ainsi que de la mémoire explicite verbale et visuelle. Bien que la mémoire

de travail fût normale, le déficit de mémoire explicite engendrait de sérieuses difficultés : s'orienter dans des lieux nouveaux, ou répondre à des consignes comportant différentes propositions successives entre lesquelles s'écoulait un certain temps, posait en général d'importants problèmes. Cette même difficulté se manifestait au moment de réaliser des opérations de calcul ou de résoudre des problèmes arithmétiques. En effet, malgré une bonne connaissance de la procédure adéquate pour effectuer des opérations élémentaires, les enfants oubliaient successivement les données ou étapes antérieures. Les résultats obtenus par IRM se sont révélés particulièrement intéressants en ce qui concerne le volume des deux hippocampes : il était relativement réduit chez les patients amnésiques (par rapport aux participants du groupe contrôle). En revanche, la volumétrie cérébrale totale ne montrait pas de différence significative.

Des chercheurs appartenant à ces mêmes équipes (Isaacs, Lucas, Chong et al., 2000) ont appliqué une méthode similaire auprès de deux groupes d'adolescents qui ne consultaient pas pour trouble mnésique : 11 patients ont été choisis au hasard à partir de dossiers d'enfants nés avant terme, à moins de 30 semaines de grossesse, et ayant été exposés à divers risques d'anoxie périnatale ; 9 autres participants nés à terme sans incident pathogène périnatal ni postnatal ont servi de groupe contrôle. L'ensemble des individus des deux groupes obtenaient des quotients intellectuels dans la zone dite « normale » (bien que le QI verbal du groupe des prématurés fût de 10 points inférieur à celui du groupe contrôle). Les résultats des épreuves de mémoire et d'apprentissage scolaire ont montré certains résultats faibles chez les anciens prématurés comparés à ceux du groupe contrôle. On a également observé que des mesures issues de la volumétrie hippocampique par IRM étaient moins importantes chez les participants du groupe expérimental.

De plus, des auteurs issus des mêmes groupes de recherche (Vargha-Khadem, Salmond, Watkins et al., 2003 ; Isaacs, Vargha-Khadem, Watkins et al., 2003) se sont demandé si une lésion hippocampique acquise à une époque postérieure à l'âge préscolaire pouvait ou non engendrer un profil d'amnésie similaire à celui décrit plus haut chez des patients présentant une lésion hippocampique précoce. Pour étudier cette question, ils ont comparé 6 patients des études précédentes atteints d'une lésion bihippocampique anoxo-ischémique survenue durant la première année de vie, avec 5 autres patients dont la pathologie était apparue entre 6 et 14 ans (arrêt cardiaque, épisode hypoxique, encéphalite). La réduction du volume des hippocampes chez ces deux groupes de patients était identique ou supérieure à 40 % (par rapport aux standards établis). De même, le profil neuropsychologique des deux groupes montrait un déficit de la mémoire épisodique et une préservation de la mémoire sémantique et de la mémoire procédurale. Ainsi, la période à risque durant laquelle une lésion bihippocampique serait susceptible d'engendrer le profil clinique de l'amnésie de développement s'étendrait-elle de la période périnatale jusqu'au début de l'adolescence.

1.3.1. Considérations physiopathologiques chronodépendantes

Cet ensemble de publications a mis en évidence un fait qui, jusque-là, n'avait pas attiré l'attention : un dommage anoxo-ischémique des deux hippocampes intervenant à une époque précoce peut perturber le processus de mémoire explicite et, plus concrètement, la mémoire des événements quotidiens non systématisés. La perte de la mémoire épisodique durant le développement, associée à une mémoire sémantique préservée, suppose une dissociation du développement de la mémoire explicite qui peut être interprétée de différentes manières.

D'une part, nous sommes en présence d'une séquelle bihippocampique partielle acquise durant l'enfance (depuis la période périnatale jusqu'au début de l'adolescence) : les individus concernés conserveraient une certaine aptitude à utiliser la mémoire explicite, ce qui peut s'avérer utile dans les apprentissages sémantiques, systématisés par le milieu familial ou scolaire. En revanche, ils seraient en difficulté lorsqu'ils auraient à fixer et/ou à récupérer des données provisoires et non systématisées, relatives à l'expérience de chaque jour.

D'autre part, si les cortex entorhinal, périrhinal et parahippocampique sont indemnes malgré la lésion des hippocampes, la mémoire sémantique (mémoire du « quoi ») peut être préservée grâce à l'activité des structures citées, tandis que la mémoire des événements est affectée (mémoire du « où » et du « quand » se produit l'apprentissage). Celle-ci est en effet dépendante des structures hippocampiques.

Enfin, les auteurs des études citées envisagent une autre possibilité pour interpréter ces découvertes : ils établissent un parallèle avec des expériences antérieures réalisées sur des animaux de laboratoire (Zola-Morgan, Squire et Ramus, 1994).

Isaacs et al. (2003) se sont alors demandé quelle proportion de perte de volume hippocampique serait critique pour que survienne une amnésie de développement. Afin d'explorer cette question, ils ont comparé la volumétrie hippocampique de trois groupes d'adolescents :

- a) atteints d'amnésie de développement ($n = 10$) ;
- b) nés avant terme avec au moins une semaine d'assistance respiratoire, mais atteignant néanmoins un développement cognitif normal ($n = 11$) ;
- c) sains, nés à terme, avec un état périnatal normal et un développement cognitif normal ($n = 8$).

Le volume moyen des hippocampes dans le groupe « b » était réduit de 8–9 % (jusqu'à 23 % chez un des participants) par rapport à celui du groupe contrôle (groupe « c »). En ce qui concerne les adolescents avec amnésie de développement (groupe « a »), la réduction moyenne de volume était de 40 % pour les deux hippocampes (allant de 27 à 65 %). D'après ces découvertes, l'atrophie hippocampique mise en évidence par la volumétrie mesurée par IRM doit atteindre 25 % du volume normal pour que survienne une amnésie cliniquement significative. D'autre part, Mañeru, Serra, Junque et al. (2003) ont étudié les répercussions de l'asphyxie

périnatale à degré modéré (selon les critères de Sarnat et Sarnat, 1976) sur le volume hippocampique et sur le rendement lors d'une épreuve spécifique de mémoire épisodique verbale : la Liste des mots de Rey (voir chapitre 5). Pour y parvenir, ils ont comparé deux groupes composés de 13 adolescents chacun : dans le groupe expérimental, tous les participants avaient souffert d'une asphyxie périnatale modérée, mais leur développement ultérieur et leur rendement d'efficacité étaient cependant normaux ; les individus composant le groupe contrôle ne présentaient pas d'antécédents de risque et leur développement était normal. Ici aussi, le pourcentage moyen de perte de volume hippocampique dans le groupe expérimental était faible, autour de 11 %, mais cette réduction était pourtant significative si on comparait ces résultats avec ceux du groupe contrôle en considérant l'hippocampe droit, le gauche, ou les deux. Le rendement observé dans l'épreuve de la Liste des mots de Rey – apprentissage après cinq présentations et rappel à long terme après interférence – était légèrement inférieur – mais significativement – dans le groupe expérimental. Dans ce travail, on remarque également une réduction significative du cortex frontal susceptible d'influencer les résultats du test de mémoire.

Chez des écoliers atteints d'amnésie de développement et nés avant terme avec un poids insuffisant, il semble utile, pour estimer la survie des neurones dans les hippocampes, de mesurer le taux de N-acétyl-aspartate au moyen d'une spectroscopie par résonance magnétique (Narbona et Crespo-Eguílaz, 2005). Cette substance apparaît significativement réduite dans les hippocampes des patients affectés comparés avec d'autres zones du cortex cérébral et avec les hippocampes des participants « sains » du groupe contrôle. Ces résultats coïncident avec le déficit observé en mémoire déclarative (figure 4.1).

Mentionnons enfin le cas d'un enfant minutieusement étudié du point de vue clinique, mais qui n'a pas fait l'objet d'une investigation neurologique spécifique. On a observé une relative préservation de la mémoire épisodique au détriment de la mémoire sémantique qui était, quant à elle, affectée (Temple et Richardson, 2004).

2. Le syndrome méso-temporal bilatéral massif

2.1. Les lésions bitemporales étendues chez l'enfant

2.1.1. L'amnésie bihippocampique massive

H.M. était un patient de Scoville et Milner (1957). Il a fait l'objet d'un suivi à long terme et de nombreuses publications qui ont permis de décrire le syndrome amnésique massif. Après ablation chirurgicale des deux hippocampes pour tenter de remédier à son épilepsie, ce patient a souffert d'une amnésie antérograde sévère (heures), permanente et partiellement rétrograde (heures, jours), qui affectait sa mémoire épisodique et sémantique. Les observations détaillées auxquelles H.M. a été successivement soumis montrent que, même si sa mémoire explicite était gravement affectée,

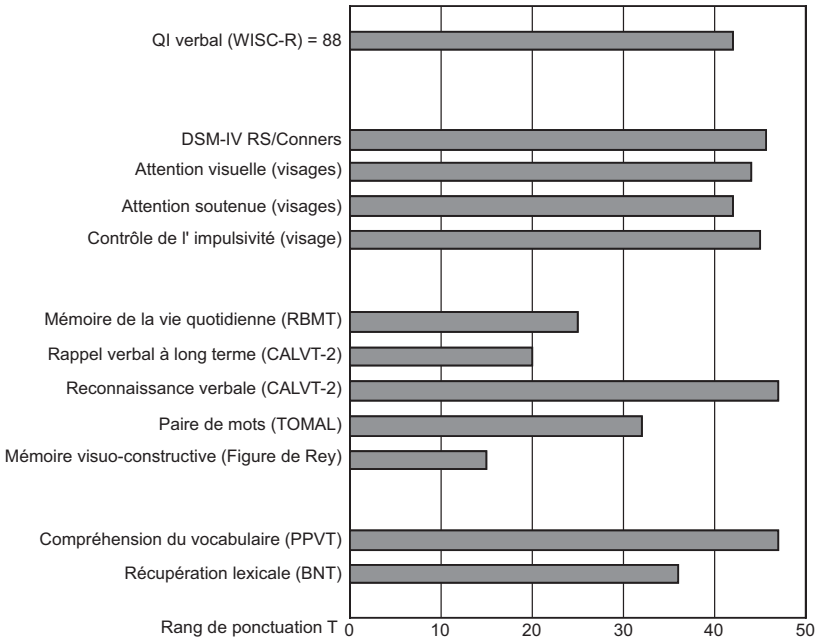


FIGURE 4.1. PROFIL NEUROPSYCHOLOGIQUE D'UN PATIENT ÂGÉ DE 9 ANS, ANCIEN PRÉMATURÉ DE PETIT POIDS, AYANT PRÉSENTÉ UNE SOUFFRANCE ANOXO-ISCHÉMIQUE PÉRINATALE ET ATTEINT D'AMNÉSIE DE DÉVELOPPEMENT.

La spectrométrie par résonance magnétique montre une réduction considérable du pic de N-acétyl-aspartate dans les deux hippocampes (60 % en dessous des valeurs moyennes normales pour cet âge ainsi que pour les autres aires cérébrales).

Déficit de mémoire épisodique dans la vie quotidienne, selon l'anamnèse et le *Rivermead Behavioral Memory Test* (RBMT) ; bas rendement au *Children's Auditory Verbal Learning Test-2* (CAVLT-2) et en mémoire visuelle (Figure de Rey). Préservation de l'intelligence verbale, de la mémoire sémantique et de la mémoire procédurale. BNT, *Boston Naming Test* ; « visages », Test de perception des différences de Thurstone et Yela, 1985 ; *Conners*, *Teacher's Rating Scale* de Conners ; PPVT, *Peabody Picture Vocabulary Test* ; TOMAL, *Test of Memory and Learning* ; WISC-R, *Wechsler Intelligence Scale for Children*.

les différentes modalités de sa mémoire implicite restaient parfaitement conservées. Ainsi, il était par exemple capable de réaliser des apprentissages par conditionnement classique et opérant, et il pouvait améliorer son rendement par *priming* sensoriel et par apprentissage procédural. Malgré tout cela, le patient n'avait pas le moindre souvenir d'avoir été exposé aux situations d'apprentissage correspondantes (étude citée par Milner, Corkin et Teuber, 1968 ; Morgado, 1998 ; Carlson, 2006). Par la suite, d'autres observations détaillées ont été réalisées. Elles portent sur des corrélations anatomocliniques chez des adultes présentant des lésions bitemporales plus ou moins étendues.

Ce tableau clinique, ici avec un adulte, se retrouve aussi chez des enfants ou des adolescents : c'est une conséquence typique de l'*encéphalite herpétique*, surtout dans des cas antérieurs à la thérapie par aciclovir mais également au cours de traitements utilisant ce médicament (Rose et Simmonds, 1960 ; Young, Humphrey, Ghadiali et al., 1992). Une patiente de ce type a été étudiée par nos soins jusqu'à l'âge adulte. Après avoir souffert d'une encéphalite herpétique à 14 ans (Narbona et Alvarez-Gomez, 1990), elle a globalement conservé ses capacités intellectuelles, notamment langagières (latéralisées sur l'hémisphère droit), ses capacités d'interaction sociale et ses aptitudes en mémoire implicite procédurale. Lorsqu'elle avait 20 ans, on a procédé à une mesure de son efficacité dactylographique et on a constaté qu'elle était capable de copier des textes à la vitesse de 250 frappes/min. Elle avait cependant perdu, de façon définitive, toute mémoire explicite antérograde (épisode et sémantique). La résonance magnétique a permis de repérer une destruction massive du lobe temporal gauche ainsi que des zones mésiales du lobe temporal droit (figure 4.2). L'écoute dichotique a montré une latéralisation fonctionnelle totale du processus linguistique dans l'hémisphère cérébral droit, ce qui explique qu'elle ait bien conservé ses capacités langagières. D'autres cas semblables, consécutifs au *syndrome de Reye*, ont également été décrits (Quart, Buchtel et Sarnaik, 1988).

L'irradiation du cerveau, dans les cas de traitement de maladies oncologiques, peut provoquer le déclin des capacités cognitives, surtout si les patients ont subi l'irradiation avant l'âge de 4 ans. Si les structures temporo-mésiales sont incluses dans la zone irradiée, le trouble mnésique est très important (Garcia-Pérez, Narbona, Sierrasesumaga et al., 1993). À la fin de l'enfance, l'amnésie antérograde engendre également des conséquences dramatiques. Elle est associée à d'autres signes de dysfonctionnement cognitif et renseigne sur la détérioration cognitive « subcorticale » dans les leucodystrophies de naissance.

2.1.2. Le syndrome de Klüver et Bucy

Les manifestations observables consistent en une conduite tranquille et un aspect placide, une agnosie visuelle, une hypermétamorphose (compulsion à regarder fugacement chaque objet de l'environnement), une hyperoralité (compulsion à mettre des objets ou ses propres mains dans la bouche), une hypersexualité compulsive, une indifférence affective et une amnésie antérograde massive. Ce tableau clinique a initialement été décrit chez des animaux de laboratoire ayant subi une ablation bitemporale incluant l'amygdale (Klüver et Bucy, 1937), et par la suite chez des adultes présentant une démence fronto-temporale avancée (Lilly, Cummings, Benson et Frankel, 1983 ; Mendez, 1997). Ce type de manifestations a aussi été observé chez des enfants présentant une destruction bitemporale massive faisant suite à une encéphalite herpétique, comme dans une observation de Narbona et Alvarez-Gomez (1990) ou encore dans celle de Hierons, Janota et Corsellis (1978). De la même manière, on a observé, comme conséquence

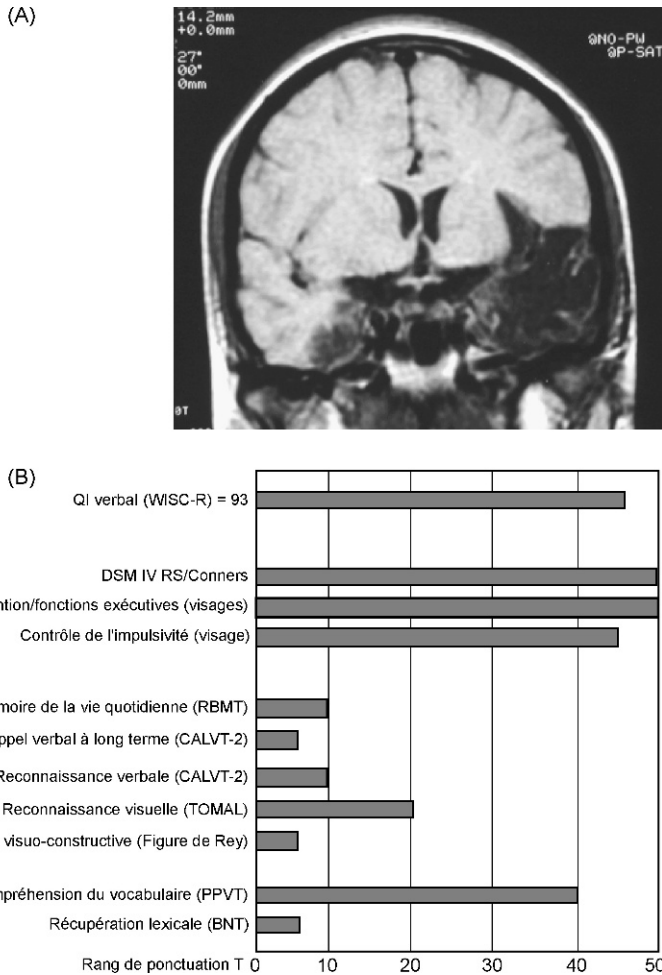


FIGURE 4.2. PATIENTE ÂGÉE DE 14 ANS PRÉSENTANT UNE ENCÉPHALITE HERPÉTIQUE (OBSERVATION DE L'AUTEUR).
 A : Résonance magnétique cérébrale en T1 qui met en évidence la lésion résiduelle des deux régions temporo-mésiales ; la lésion du lobe temporal gauche est beaucoup moins étendue.
 B : Profil neuropsychologique de la patiente à l'âge de 18 ans.
Rivermead Behavioral Memory Test (RBMT) ; bas rendement au *Children's Auditory Verbal Learning Test-2 (CAVLT-2)* et en mémoire visuelle (Figure de Rey). Préservation de l'intelligence verbale, de la mémoire sémantique et de la mémoire procédurale. BNT, *Boston Naming Test* ; « visages », Test de perception des différences de Thurstone et Yela, 1985 ; Conners, *Teacher's Rating Scale de Conners* ; PPVT, *Peabody Picture Vocabulary Test* ; TOMAL, *Test of Memory and Learning* ; WISC-R, *Wechsler Intelligence Scale for Children*.

d'un épisode anoxo-ischémique cérébral, une encéphalopathie due au méthotrexate (Lobo-Antunes, Soweidane, Rosenbum et Steinherz, 2002), une encéphalite auto-immune postinfectieuse due au *Mycoplasma pneumoniae* (Auvichayapat, Watanatorn, Thamaroj et Jitpimolmard, 2006), et survenant aussi après un état de mal épileptique du lobe temporal (Varon, Pritchard, Wagner et Topping, 2003). Pour ces cas, la symptomatologie disparaît progressivement dans une période allant de plusieurs jours à plusieurs mois. Dans cet intervalle de temps, les symptômes positifs peuvent diminuer sous l'effet d'un neuroleptique ou d'inhibiteurs de la recapture de la sérotonine (Slaughter, Bobo et Childers, 1999).

2.2. La sclérose hippocampique épileptique bilatérale précoce

Certaines épilepsies graves de l'enfance ou de la petite enfance engendrent une détérioration neurocognitive sévère qui persiste même après une maîtrise suffisante des crises. Chugani, Silva et Chugani (1996) et De Long et Heintz (1997) ont étudié la physiopathologie de ce tableau clinique. Il s'agit de bébés entre 6 et 24 mois, initialement en bonne santé, ne présentant pas de facteurs de risque neurologique apparents et qui souffrent d'un syndrome épileptique avec des crises pluriquotidiennes. Après quelques mois d'évolution, et bien que les crises aient été plus ou moins contrôlées par le traitement, on observe une absence d'acquisition ou une détérioration du langage associée à une amnésie antérograde sévère concernant les événements, ainsi qu'une interaction sociale pauvre, sans déficit significatif dans le développement moteur et sensoriel. La tomographie par émission de positrons met en évidence un hypométabolisme mésio-temporal sévère. Après un certain temps d'évolution durant lequel l'activité épileptique n'a pas été contrôlée, la volumétrie par résonance magnétique des lobes temporaux montre une réduction notable des deux hippocampes avec une perte neuronale et gliale massive. On suppose que les conséquences néfastes de l'épilepsie au niveau tissulaire sont liées à un effet cytotoxique massif des neurotransmetteurs excitateurs dans les régions mésiales des deux lobes temporaux. L'extension très importante des lésions équivaut à une ablation fonctionnelle bitemporale qui, lorsqu'elle survient à des âges précoces, compromet la mémoire autobiographique ainsi que les apprentissages sémantiques et le développement des habiletés de communication de base.

3. Les amnésies par lésions mamillaires et thalamiques durant l'enfance

L'interruption sélective du circuit de Papez au niveau des corps mamillaires génère le célèbre syndrome de Korsakoff, bien connu chez l'adulte en tant que conséquence d'un alcoolisme chronique grave ou comme pathologie paranéoplasique (Delay et Brion, 1969). L'utilisation erronée de la mémoire rétrograde et l'anosognosie sont des conséquences de l'amnésie

antérograde. De fausses reconnaissances ainsi que des fabulations peuvent également être associées à cette atteinte. La physiopathologie des fausses reconnaissances semble dépendre d'un dysfonctionnement préfrontal ou d'une déconnexion du circuit temporo-mésial d'avec les structures préfrontales qui facilitent l'évaluation de la vraisemblance d'une perception ou d'une proposition (Johnson et Raye, 1998 ; Flechter et Henson, 2004 ; Carlson, 2006). Les craniopharyngiomes avec un accroissement rétro-sellaire peuvent causer une compression ainsi qu'un dommage définitif des corps mamillaires, probablement en raison de phénomènes ischémiques ; nous ne recensons que 2 cas d'enfants (Delay et Brion, 1969 ; Narbona et Alvarez-Gomez, 1990) correspondant à ce tableau.

L'un de nos patients (observation non publiée) âgé de 9 ans a développé, suite à un astrocytome du troisième ventricule qui affectait les tubercules mamillaires et les piliers antérieurs du trigone, une amnésie antérograde permanente accompagnée de fausses reconnaissances, affectant les modalités de la mémoire épisodique et sémantique. Le patient a survécu 10 ans après l'ablation chirurgicale de la tumeur sans autre séquelle neurologique qu'une amnésie antérograde modérée perturbant les modalités épisodique et sémantique. Billard (1996) a publié une observation d'étiologie similaire chez une enfant de 6 ans et demi.

Bova, Giovenzana, Orcesi et al. (2004) décrivent l'amnésie verbale épisodique et sémantique observée chez un enfant de 9 ans qui avait souffert, 3 ans auparavant, d'une nécrose du tubercule mamillaire gauche et du pilier antérieur gauche du trigone au cours d'une encéphalite, sans dommage apparent d'autres structures cérébrales. Cette observation renforce l'hypothèse selon laquelle il existe une hiérarchie préférentielle de traitement, tout au moins au niveau des piliers du trigone, mettant en connexion les hippocampes avec les corps mamillaires, dans le système méso-temporo-mamillo-thalamique : le matériel verbal serait traité par une partie des structures gauches et le matériel visuo-spatial par une partie de leurs homologues latéralisés à droite. Cependant, il faut signaler une fois encore que, même dans un système apparemment aussi sériel que le circuit de Papez, il existe également des composantes parallèles qui permettent de compenser, et par conséquent d'améliorer partiellement les déficits mnésiques, particulièrement chez les jeunes individus. Ainsi, les piliers antérieurs du trigone, avant d'atteindre les tubercules mamillaires, forment une route collatérale qui se projette directement sur le thalamus antérieur (voir chapitre 2 ; Crosson, 1992), ce qui permettrait d'expliquer que certains patients présentant une lésion bilatérale des corps mamillaires et/ou du faisceau mamillo-thalamique peuvent récupérer certaines capacités de mémoire antérograde des mois ou des années après la survenue de la lésion. D'autre part, les fonctions verbales et visuo-spatiales, respectivement assurées par les hémisphères gauche et droit, peuvent être plus nettement séparées dans les circuits méso-temporo-thalamiques. Toutefois, un échange entre le système gauche et le système droit se produit également ici, à travers les lobes frontaux et les systèmes commissuraux interhémisphériques.

Les lésions acquises sélectives bilatérales du thalamus antérieur et/ou des noyaux du cerveau antéro-basal engendrent une amnésie antérograde massive. Chez de jeunes patients, elles sont consécutives à une pathologie vasculaire (rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure) ou tumorale.

3.1. Les amnésies transitoires

3.1.1. L'amnésie globale transitoire chez les enfants

Les observations d'amnésie globale transitoire chez les enfants sont rares, mais il convient de signaler certaines descriptions remarquables (Jensen, 1980 ; García-Ribes, Martí, Martínez et al., 2003). Les critères cliniques incluent la survenue subite d'une amnésie antérograde et aussi partiellement rétrograde des acquisitions réalisées dans les 2 jours précédant l'épisode aigu en lui-même. Les capacités perceptives, linguistiques et de raisonnement du patient restent intactes, mais il présente une anxiété due aux effets de l'amnésie. Le malade réitère à de très nombreuses reprises ses questions concernant ce qui se passe dans son entourage. Le reste de l'examen neurologique est normal et la récupération est complète au bout de quelques heures ; seule persiste l'amnésie de ce qui s'est déroulé durant cet épisode. Le trouble n'est pas secondaire à un traumatisme crânioencéphalique ni à un choc émotionnel, non plus qu'à une crise d'épilepsie, une ingestion de toxiques ou d'autres pathologies. On remarque, cependant, dans une bonne partie des cas, qu'un effort physique intense, une manœuvre de Valsalva² ou une immersion dans de l'eau froide ou chaude précèdent l'épisode. Le trouble ressemble, par certaines de ses caractéristiques cliniques, à la migraine confusionnelle aiguë, typique de l'enfance (Gascon et Barlow, 1970 ; Emery, 1977 ; Janian, Rothner, Ehrenerg et Cruze, 1986 ; Chumbe-Soto, Narbona et Villa-Elizaga, 1990). On a donc supposé que l'amnésie globale transitoire, au moins chez les enfants, serait une variante de ce type de migraine. Le pronostic de l'amnésie globale transitoire de l'enfance est en général rassurant et sa récurrence est faible ou nulle.

3.1.2. L'amnésie transitoire dans le cas de traumatismes crânioencéphaliques mineurs

La perte de mémoire antérograde et rétrograde est bien connue depuis longtemps. Elle s'observe chez des patients qui ont souffert d'un traumatisme cérébral n'engendrant pas de lésion mais qui, par un mécanisme de secousse, désactive provisoirement le système réticulaire activateur ascendant et la fonction du système mésio-temporo-thalamique (commotion cérébrale). La récupération de la conscience et des autres fonctions cognitives est complète peu après l'accident. La lacune mnésique demeure donc circonscrite à la période

2. Cette technique – du nom de son inventeur Antonio Mario Valsalva (1704) – notamment utilisée lors de la plongée ou en avion, consiste à insuffler de l'air par le biais des trompes d'Eustache afin de rétablir l'équilibre entre la pression extérieure et la pression intérieure de l'oreille moyenne.

concernée. Dans un échantillon important constitué d'enfants de plus de 2 ans souffrant d'un traumatisme crânioencéphalique fermé (sans plaie ouverte) et ne présentant pas de déficit neurologique ni d'anomalie observable en neuro-imagerie, 49 % des participants présentaient une amnésie de la situation traumatique et de son contexte. Or, seulement 40 % des enfants avaient souffert d'une perte de conscience complète. La récupération s'est produite sans autre séquelle dans la totalité des cas (Dias, Lillis, Calvo et al., 2004).

3.1.3. Les amnésies induites par des médicaments

On a récemment observé une multiplication des travaux montrant les avantages d'une analgésie adéquate et des effets de la sédation ou de l'anesthésie générale pour éviter aux enfants d'enregistrer et de conserver en mémoire certains actes médicaux douloureux, ainsi que le sentiment d'anxiété associé. De fait, l'anesthésie par inhalation ou par administration de médicaments récents, comme le propofol ou le midazolam, inhibe l'activité mnésique implicite et explicite durant l'effet de ces produits (Kalff, Bonke, Wolters et Manger, 1995 ; Rich, Yaster et Brandt, 1999 ; Kain, Hofstadler, Mayes et al., 2000).

3.2. Le dommage bihippocampique et le déficit mnésique dans le cas du traumatisme psychique

Les expériences de vie traumatiques peuvent causer un déficit mnésique qui a été décrit cliniquement à partir des perspectives dynamiques et comportementales (Stokes, Dritschel et Bekerian, 2004). Étant donné l'objectif de ce chapitre, nous nous contenterons de commenter sommairement quelques données de la recherche actuelle en psychiatrie biologique portant sur l'état de stress post-traumatique (voir DSM-IV). On a observé des déficits mnésiques permanents chez des individus ayant subi des traumatismes psychiques intenses et prolongés (maltraitance, abus sexuel) durant l'enfance (De Bellis, Keshavan, Clark et al., 1999 ; Bremner, Vythilingam, Vermetten et al., 2003). Chez ce type de patients, les études de volumétrie cérébrale par résonance magnétique et les expériences d'activation cérébrale (TEP) face à des mots avec ou sans valence émotionnelle ont montré une diminution globale du volume cérébral. Cette diminution est surtout notable dans les hippocampes et dans les autres structures cérébrales nécessaires aux processus mnésiques (qui sont, elles aussi, hypométaboliques lors des tâches d'activation). Ces données, ainsi que celles obtenues grâce à des expériences sur des animaux, suggèrent que le dommage neuronal dans les hippocampes serait la conséquence de l'action excessive de neurotransmetteurs excitotoxiques, particulièrement abondants dans ces structures.

4. La mémoire dans le cas des épilepsies de l'enfant

Les épilepsies touchent 2 enfants d'âge scolaire sur 1000. Les fonctions cognitives peuvent être affectées chez le patient épileptique, indépendamment de l'effet de certains médicaments, principalement pour deux raisons :

- a) il existe une lésion sous-jacente dans les épilepsies symptomatiques, particulièrement si elle touche les lobes temporaux et/ou frontaux ;
- b) les décharges épileptiques critiques et intercritiques entraînent des conséquences pathogéniques sur la potentialisation à long terme qui est à la base de la consolidation mnésique et des apprentissages (Deonna et Roulet, 2005).

Le développement intellectuel ainsi que celui des capacités attentionnelles, linguistiques et mnésiques chez des enfants présentant des épilepsies traitables et réfractaires, ont fait l'objet de différentes études (Farwell, Dodrill et Batzel, 1985 ; Sanchez-Carpintero et Neville, 2003 ; Sillanpää, 2004 ; Soprano, De Carlo, Bustos et al., 2005). L'exposé se centrera ici sur les capacités en mémoire à long terme^[1].

Jambaqué, Dellatolas, Ducas et Signoret (1991) ont administré la version pour enfants de la Batterie d'Efficiences Mnésiques (*BEM-144* de Signoret, 1991 ; voir chapitre 5) à trois groupes d'enfants épileptiques. Dix-huit enfants souffraient d'une épilepsie généralisée primaire, 28 présentaient une épilepsie temporale et 10 une épilepsie frontale (cryptogénique ou symptomatique). Les enfants atteints d'une épilepsie temporale, et particulièrement ceux atteints d'une épilepsie bitemporale, présentaient les troubles mnésiques les plus importants. Nolan, Redoblado, Lah et al. (2004) ont également comparé trois groupes avec des caractéristiques similaires à celles de la recherche précédente, en se focalisant sur le rendement obtenu à la *Wide Range Assessment of Memory and Learning* (voir chapitre 5) et à la reproduction de mémoire de la Figure Complexe de Rey (voir chapitre 5). Ils ont également observé que le groupe atteint d'épilepsie temporale est celui qui présente le rendement mnésique le plus bas. Les deux groupes de chercheurs soulignent que, chez l'enfant, les conséquences négatives de l'épilepsie du lobe temporal droit sur la mémoire visuelle et spatiale sont plus importantes que celles de l'épilepsie du lobe temporal gauche sur la mémoire verbale. Ce fait, contrairement à ce qui se produit dans les épilepsies de l'adulte, peut être expliqué en termes de développement : durant l'enfance, les fonctions verbales du lobe temporal gauche, lorsque celui-ci présente une pathologie, seraient mieux transférées au lobe temporal droit que les fonctions visuo-spatiales au lobe temporal gauche. Seidenberg, Hermann, Schoenfeld et al. (1997) ont mené une étude sur 54 patients adultes ayant subi une lobotomie temporale antérieure gauche. Ils ont tout d'abord montré la dominance hémisphérique gauche pour le langage grâce au test de Wada³ et par une étude neuropathologique détaillée des blocs tissulaires d'exérèse chirurgicale. Ils ont ensuite observé que les patients présentant une sclérose méso-limbique gauche sévère, atteints de crises depuis l'âge de 6 ans environ et ne présentant plus de crises après l'intervention

3. En neurologie, le test de Wada consiste à injecter un anesthésique (en général de l'amobarbital sodique) dans l'une des artères carotides internes (droite ou gauche) de façon à déterminer quel est l'hémisphère cérébral dominant pour une fonction cognitive donnée, en général le langage.

chirurgicale, n'étaient pas particulièrement affectés dans le domaine de la mémoire verbale et présentaient même de meilleurs résultats 6 mois après l'intervention. Cet effet bénéfique n'a pas été observé chez des patients présentant des affections hippocampiques modérées, ni chez des patients présentant une sclérose mésiale sévère, chez lesquels des crises épileptiques ont persisté après l'ablation chirurgicale temporale antérieure, ce qui a confirmé que la zone épileptogène était plus étendue que le tissu extirpé. Les auteurs de ce travail supposent que l'amélioration de la mémoire verbale dans le premier sous-groupe serait due à des phénomènes de plasticité fonctionnelle intra-hémisphérique ou interhémisphérique sur les structures demeurées intactes depuis l'enfance. Elles se manifesteraient une fois le foyer épileptique totalement supprimé.

Il faut par ailleurs souligner l'influence délétère sur la mémoire et les fonctions exécutives des épilepsies frontales et du syndrome de pointes-ondes continues durant le sommeil lent (POCS) (Bulteau, Jambaqué, Kieffer et Dulac, 1997 ; Deonna et Roulet, 2005). En revanche, la mémoire à long terme chez les enfants présentant des épilepsies idiopathiques partielles bénignes n'est pas différente de celle des participants composant les groupes contrôles (Mejri, Turki, Bellaj et Miladi, 2004).

4.1. Les effets du traitement chirurgical chez les enfants atteints d'épilepsie du lobe temporal

Peu d'études neuropsychologiques détaillées concernant la mémoire, et réalisées à des étapes préopératoires et postopératoires sur des cohortes d'enfants ayant subi une chirurgie d'épilepsie pharmacorésistante, ont été réalisées avec un suivi longitudinal suffisant (tableau 4.1). Il faut souligner certains résultats de lobectomie temporale antérieure chez des enfants et des adolescents (Szabo, Wyllie et Stanford, 1998 ; Williams, Griebel, Sharp et Boop, 1998 ; Dlugos, Moss, Duhaime et Brooks-Kayal, 1999) : la mémoire verbale et la capacité de dénomination (*California Verbal Learning Test*, *Boston Naming Test* ; voir chapitre 5) baissent significativement après l'intervention chirurgicale, tandis que la mémoire visuelle (Échelle de mémoire de Wechsler) et les quotients intellectuels verbal et de performance restent stables. Dans les diverses publications citées, les résultats ne sont pas dépendants du côté, gauche ou droit, de l'opération. Cependant, la recherche de Battaglia, Chiricozzi, Chieffo et al. (2004) montre que chez 6 enfants ayant subi une lobotomie temporale antérieure droite, la mémoire visuo-spatiale a significativement baissé en comparaison avec la période préopératoire. Il semblerait que les éventuels effets négatifs de la chirurgie par ablation temporale observent le même schéma, déjà décrit, que les lésions acquises d'une autre façon : l'extension de la lésion à une zone plus ou moins étendue de l'hippocampe et au-delà de celui-ci (structures parahippocampiques et péri-hippocampiques) conditionne l'intensité des répercussions sur la mémoire déclarative. C'est pourquoi, si l'ablation est limitée à une amygdalohippocampectomie sans toucher au reste des structures

TABLEAU 4.1. FONCTIONS COGNITIVES DANS DES COHORTES D'ENFANTS PRÉSENTANT UNE ÉPILEPSIE DU LOBE TEMPORAL ET TRAITÉS CHIRURGICALEMENT. MESURES RÉALISÉES AVANT ET APRÈS INTERVENTION

	n (durée du suivi)	Wada	QIV	QIP	Dénomination	Mémoire verbale	Mémoire visuelle	Conduite
Lobotomie temporale antérieure								
Szabo et al., 1998 (<i>Epilepsia</i> 39 : 814-9)	14 (34 mois)	oui	=	=	=			
Williams et al., 1998 (<i>Pédiatr Neuro</i> 19 : 189-94)	9 (31 mois)	non	=	=	=	↓		
Duglos et al., 1999 (<i>Pédiatr Neuro</i> 21 : 444-9)	8 (34 mois)	oui	=	=	=	↓		
Westerwedl et al., 2000 (<i>J Neurosurg</i> 92 : 24-30)	42 (60 mois)		=	=				↓
Mabbott Smith, 2004 (<i>Neuropsychologia</i> 41 : 995-1007)	35 (6 mois)	oui	=	=		=	=	
Lee et al., 2005 (<i>Epilepsia</i> 46 : 97-103)	78 (3 années)	oui	=	=		↑↓		
Amygdalohippocampectomie								
Robinson et al., 2000 (<i>J Neurosurg</i> 93 : 402-9)	21 (6 mois)	oui	↑	=	=	↑	=	↑

=, sans changement ; ↑, amélioration ; ↓, détérioration ; QIP, quotient intellectuel de performance ; QIV, quotient intellectuel verbal ; Wada.

mésio-temporales et latéro-temporales (voir Robinson, Park, Blackburn et al., 2000), même s'il s'agit de l'hémisphère gauche, l'efficacité mnésique verbale et le quotient intellectuel verbal se maintiennent ou peuvent même augmenter à moyen ou à long terme après le contrôle des crises. De même, comme le montre les recherches de Seidenberg et al. (1997), si l'on réalise une lobectomie temporale antérieure gauche, la mémoire verbale peut être améliorée si le patient ne présente plus de crise après l'intervention.

5. La mémoire, le langage et les apprentissages

Au cours des 20 dernières années, on a proposé plusieurs modèles qui cherchent à expliquer les activités neurocognitives et les troubles des apprentissages à partir de l'interaction de différents systèmes mnésiques (Anderson, 1983 ; Ullman, 2004). En se basant sur les données de l'investigation clinique et de la neuro-imagerie fonctionnelle et en envisageant la dissociation entre mémoire à long terme déclarative et procédurale, Ullman a essayé d'analyser les processus neurolinguistique et praxo-gnosique. Selon cet auteur, en ce qui concerne le langage, la maîtrise des règles phonologiques et syntaxiques de la langue maternelle se réalise grâce à un *apprentissage procédural*, sans effort conscient. Son utilisation relève également d'un mode automatique, c'est-à-dire n'exigeant qu'un faible coût attentionnel. En revanche, le lexique auditif des mots et de leur forme visuelle écrite, tout comme l'accès au sens de ceux-ci et à leurs caractéristiques morphosyntaxiques propres, relèvent de la *mémoire déclarative*. Leur apprentissage et leur utilisation requièrent un effort conscient plus ou moins important. Le même type de dissociation serait applicable à l'intégration gnosique de données usuelles et non usuelles, à la réalisation de schèmes moteurs habituels ou nouveaux et, en général, à la résolution de tâches cognitives quotidiennes, contrairement à celles qui exigent une prise de décision inhabituelle. Ici, le système exécutif – particulièrement au travers d'une de ses composantes fondamentales : la *mémoire de travail* ou *mémoire opératoire* (voir chapitres 1 et 2) – met en relation les deux systèmes de mémoire à long terme avec les données de la tâche en cours : la conduite de l'individu présente ainsi une continuité, une adaptation aux contingences (Baddeley, 1981 ; Gathercole, 1999 ; Fuster, 2001).

Ullman et Pierpont (2005) soutiennent que les troubles spécifiques du développement du langage (dysphasie) pourraient simplement être expliqués par un déficit de la mémoire procédurale, perturbant l'automatisation précoce et naturelle des règles phonologiques et syntaxiques de la langue maternelle et leur utilisation dans l'acte de parole, via la mémoire de travail. De manière analogue, les aphasies acquises, le déficit de programmation phonologique et l'agrammatisme des aphasies « non fluentes » de type Broca, ainsi que ses variantes, seraient dus à la perte du maniement des engrammes automatiques acquis antérieurement. Ce type de patients aphasiques présente des anomalies par difficulté d'accès à la forme matérielle des mots. Il est bien connu que l'amorce verbale d'une partie du terme aide

le patient à le prononcer. Cela contraste avec le déficit de compréhension dans les aphasies « fluentes » (aphasie de Wernicke, aphasie transcorticale sensorielle) dans lesquelles l'accès au sens des mots et à celui des repères grammaticaux (sous le contrôle de la mémoire déclarative) est principalement entravé. Plus concrètement, dans la forme résiduelle d'aphasie anomique (ou amnésique), le déficit spécifique consiste en une difficulté à accéder consciemment à la mise en lien entre signifiant et signifié ; en revanche, la qualité du discours est correcte phonologiquement et relativement fluide dans le domaine syntaxique, ce qui permet de réaliser des circonlocutions (ou périphrases).

Les *troubles d'apprentissage de la lecture et de l'écriture* (dyslexie et dysorthographe de développement) ont été expliqués à partir de difficultés dans les compétences phonologiques de l'individu. On a également formulé l'hypothèse d'un trouble du traitement rapide des formes visuelles. Il en résulte une lecture laborieuse, lente et comportant des erreurs. Le coût en énergie cognitive nécessaire pour procéder au travail de décodage (généralement réalisé de manière automatique et fluide) gêne les enfants dyslexiques dans l'accès à la compréhension du texte. Nous n'avons pas ici pour objectif de discuter des différentes théories neurocognitives de la dyslexie, mais il paraît utile de suggérer qu'un déficit généralisé de la mémoire procédurale pourrait entraver les aspects sensoriels aussi bien que phonologiques de la lecture. Vicari, Finzi, Menghini et al. (2005) ont administré deux épreuves d'apprentissage implicite à 16 enfants et adolescents dyslexiques ainsi qu'à 16 participants formant un groupe contrôle. L'une de ces épreuves mesure le temps de réaction à des stimulus sériels, parmi lesquels un ensemble de stimulus dont l'ordre se répète à plusieurs reprises sans que le participant en soit explicitement averti. Elle permet ainsi d'apprécier la capacité d'amélioration du rendement lors de tâches séquentielles. L'autre tâche est un test de dessin en miroir qui devrait, grâce à la répétition, améliorer la rapidité et diminuer les erreurs dans le traitement de données visuo-spatiales. Dans cette recherche, les patients dyslexiques n'ont amélioré leur rendement pour aucune des deux tâches, alors que les participants du groupe contrôle ont augmenté leur rendement grâce à l'acquisition de stratégies sérielles et visuo-spatiales. Ces résultats permettraient de penser qu'il existe dans la dyslexie une difficulté globale concernant les apprentissages implicites procéduraux.

5.1. L'attention, la conscience et les modalités mnésiques

L'attention et la mémoire de travail sont des facultés conscientes qui permettent la concentration et la continuité des opérations cognitives et des conduites volontaires. La focalisation de la conscience correspondrait à ce que l'on nomme l'*attention sélective*. La continuité de la conduite consciente orientée vers un but, aussi difficile que soit la tâche, correspond à ce que l'on appelle l'*attention soutenue*. Celle-ci est sous-tendue par la mémoire de travail qui se charge de manipuler l'information actuelle et de la mettre

en relation avec les mémoires à long terme, nécessaires à l'aboutissement de la conduite en cours ainsi qu'à la planification de l'action future (Fuster, 2001). L'attention ne joue pas seulement un rôle facilitateur des représentations ; elle réalise également un contrôle inhibiteur des données non pertinentes susceptibles d'interférer avec la tâche principale (Barckley, 1997). Si l'attention est sollicitée dès les prémisses de toute activité perceptive, la mémoire de travail est parallèlement mobilisée pour rendre possible le traitement contrôlé de l'information (voir chapitres 1 et 2).

Le trouble par déficit d'attention et hyperactivité (TDAH) est une pathologie fréquemment rencontrée chez les enfants et les adolescents. Plusieurs études ont récemment cherché à savoir s'il existe, dans ce trouble, une altération conjointe de la mémoire à court terme et de la mémoire à long terme, ou si l'attention et la mémoire sont affectées de façon indépendante. Bien que les fonctions exécutives et mnésiques aillent de pair, sous la dépendance respective des structures préfrontales et méso-temporales, il semblerait qu'elles conservent une relative autonomie et qu'elles puissent être affectées indépendamment l'une de l'autre (Owen, Morris, Sahakian et al., 1999).

Narbona et Crespo-Eguílaz (2005) ont comparé trois groupes de patients âgés de 7 à 16 ans présentant tous un QI verbal supérieur à 80. Ils ont utilisé, d'une part, une batterie d'épreuves attentionnelles et de contrôle de l'impulsivité, et d'autre part des tâches de mémoire verbale et visuo-spatiale à court et à long terme. Les enfants du premier groupe étaient atteints de TDAH sans trouble associé, ceux du second groupe souffraient de TDAH (généralement du sous-type « inattention » ; voir DSM-IV) ainsi que de troubles des apprentissages. Ceux du troisième groupe présentaient des syndromes amnésiques dus à une pathologie méso-temporale acquise durant l'enfance. Les patients souffrant de TDAH « pur » ne présentaient pas de déficit de mémoire à court ou à long terme et les effets de primauté et de récence dans l'apprentissage de listes de mots étaient similaires à ceux observés dans la population générale. Les enfants souffrant de TDAH « inattention » associé à un trouble des apprentissages obtenaient de moins bons rendements dans les tâches de mémoire de travail que ceux du groupe précédent, mais ne présentaient pas de différence dans le domaine de l'apprentissage verbal à long terme. Enfin, le groupe de patients atteints d'une pathologie temporo-mésiale avait un rendement inférieur à celui des deux autres groupes en mémoire à long terme épisodique, verbale et non verbale, même s'il parvenait à de meilleurs résultats que les deux autres groupes aux épreuves d'attention, de mémoire de travail et de contrôle des réponses impulsives.

Certains auteurs ont observé des progrès dans l'apprentissage à long terme chez des enfants souffrant de TDAH mais bénéficiant d'un traitement psychostimulant par méthylphénidate (Chelonis, Edwards, Shultz et al., 2002 ; Kitazawa, Hirabayashi et Kobayashi, 2004). L'explication en serait l'amélioration fonctionnelle de l'attention, du contrôle inhibiteur et de la mémoire de travail qui, à son tour, favoriserait un meilleur usage de la mémoire

à long terme. Ces découvertes mériteraient néanmoins d'être confirmées par des recherches portant sur des échantillons plus importants.

Bien que le rendement de la mémoire de travail soit généralement corrélié avec le niveau intellectuel global, celui-ci dépend par ailleurs d'autres composantes. On peut ainsi observer des écarts entre la mémoire de travail et le fonctionnement cognitif général. Le système exécutif comporte d'autres composantes, comme la résistance aux interférences et la flexibilité cognitive, qui peuvent demeurer intactes même lorsque la mémoire de travail est déficitaire. Dans la dyslexie, il semble que seule la mémoire de travail phonologique soit atteinte (Willcutt, Pennington, Boada et al., 2001), en plus des compétences déjà citées en mémoire procédurale.

Les individus présentant un retard mental et/ou affectés par des troubles généralisés du développement peuvent présenter de relativement bonnes capacités en mémoires déclaratives à court et à long terme. Chez les enfants et les jeunes adultes atteints d'un syndrome de Down (trisomie 21) ou d'un syndrome de Williams, on a montré que la mémoire verbale à court terme est positivement corrélée avec le niveau de vocabulaire de ces patients. Diverses recherches ont permis de constater que les patients présentant un syndrome de Down disposent d'une efficacité mnésique verbale à court terme inférieure à celle des participants du groupe contrôle de même âge présentant ou non des troubles des apprentissages (Broadley, MacDonald et Buckley, 1995 ; Jarrod, Baddeley et Hewes, 1999). En revanche, leur mémoire visuo-spatiale à court terme correspond à leur âge mental. À l'inverse, les patients atteints d'un syndrome de Williams présentent des résultats en mémoire visuo-spatiale à court terme, ainsi que dans les apprentissages moteurs, significativement inférieurs à leur rendement mnésique verbal à court et à long terme.

6. Conclusion

Les cas d'amnésies infantiles peuvent être masqués par différentes étiquettes diagnostiques. Supposons qu'un enfant soit amené à consulter parce qu'il est « distrait », « étourdi », parce qu'il a « tendance à oublier », « ne sait jamais où il laisse ses affaires », « perd ses fournitures scolaires », « semble tout comprendre lorsqu'on lui explique mais ne sait pas répondre convenablement par la suite », etc. Ces plaintes peuvent être des manifestations d'une amnésie des événements. Si on ne réalise pas une analyse sémiologique approfondie, un diagnostic de trouble par déficit attentionnel ou par déficience intellectuelle se trouve parfois évoqué d'emblée. Cependant, si l'on observe la présence de périphrases (par anomie) dans le cours des conduites langagières, de répétitions (par oubli[□] d'éléments de la conversation ou du jeu), et de l'emploi d'expressions ou de concepts savants survenant mal à propos dans le discours (par amnésie épisodique), le diagnostic peut être orienté vers un trouble de l'utilisation du langage. Dès lors, une amnésie de développement peut être associée aux troubles. Dans certains cas, elle se situe également au centre du problème, ou même parfois suffit, à elle seule, à en rendre compte.

Dans le chapitre 6, un éventail de méthodes et de programmes d'intervention est proposé. Le maintien de l'intelligence globale chez ces jeunes patients amnésiques et leurs stratégies d'apprentissage procédurales et sémantiques sont autant d'ancrages permettant de favoriser leurs conduites adaptatives.

Prenant place dans des tableaux encéphalopathiques plus graves, les difficultés mnésiques du syndrome de Klüver et Bucy relèvent d'interventions psychopédagogiques différentielles : elles sollicitent les capacités d'apprentissage implicites, relativement préservées chez ces individus.

Les progrès à venir dans le contrôle des épilepsies graves du nourrisson et du jeune enfant pourront permettre d'éviter les regrettables séquelles d'amnésie, d'aphasie et de conduites autistiques décrites précédemment.

Références

- Anderson JR. The architecture of cognition. Cambridge: Harvard University Press; 1983.
- Auvichayapat N, Auvichayapat P, Watanatorn J, Thamaroj J, Jitpimolmard S. Klüver-Bucy syndrome after mycoplasmal bronchitis. *Epilepsy & Behavior*. 2006;8:320-2.
- Baddeley A. The concept of working memory: A view of its current state and probable future development. *Cognition*. 1981;10:17-23.
- Barkley RA. ADHD and the nature of self-control. New York: Guilford Press; 1997.
- Battaglia D, Chiricozzi F, Chieffo D, Iuvone L, Lettori D, Staccioli S, et al. Postsurgical memory outcome in children with temporal tumor and epilepsy. *Revista de Neurología*. 2004;39:886 (resumen).
- Bauer PJ. What do infants recall of their lives? Memory for specific events by one to two-year-olds. *American Psychologist*. 1996;51:29-41.
- Bellugi U, Bihrlé A, Yernigan T, Trauner D, Domerty S. Neuropsychological and neuroanatomical profile of Williams syndrome. *American Journal of Medical Genetics*. 1990; suppl. 6:115-25.
- Bova SM, Giovenzana A, Orcesi S, Uggetti C, Zoppello M, Fazzi E. Troubles sélectifs de la mémoire verbale et de la mémoire sémantique chez un enfant avec lésion acquise du corps mamillaire gauche. *Revista de Neurología*. 2004; 39:881 (resumen).
- Bremner JD, Vythilingam M, Vermetten E, Southwick SM, Mc Glashan T, Nazeer A, et al. MRI and PET study of deficits in hippocampal structure and function in women with childhood sexual abuse and posttraumatic stress disorder. *American Journal of Psychiatry*. 2003;160:924-32.
- Briscoe J, Gathercole SE, Marlow N. Everyday memory and cognitive ability in children born very prematurely. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2001;42:749-54.
- Broadley I, MacDonald J, Buckley S. Working memory in children with Down's syndrome. *Down's Syndrome: Research and Practice*. 1995;3:3-8.
- Bulteau C, Jambaque I, Kieffer V, Dulac O. Aspects neuropsychologiques du syndrome de pointes-ondes continues pendant le sommeil. *ANAE- Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*. 1997;41:4-9.

- Carlson NR. Fisiología de la conducta. Aprendizaje relacional y amnesia. 8.ª ed. Madrid: Pearson Educación; 2006;498-529.
- Chelonis JJ, Edwards MC, Shultz EG, Baldwin R, Blake DJ, Wenger A, et al. Stimulant medication improves recognition memory in children diagnosed with attention deficit/hyperactivity disorder. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*. 2002;10:400-7.
- Chugani HT, Silva ED, Chugani DC. Infantile spasms: III. Prognostic implications of bitemporal hypometabolism on positron emission tomography. *Annals of Neurology*. 1996;39:643-9.
- Chumbe-Soto G, Narbona J, Villa-Elizaga I. Migraña confusional en la infancia. *Acta Pediátrica Española*. 1990;48:42-4.
- Crosson B. Subcortical functions in language and memory. New York: Guilford Press; 1992.
- De Bellis MD, Keshavan MS, Clark DB, Casey BJ, Giedd JN, Boring AM, et al. Developmental traumatology, part II: brain development. *Biological Psychiatry*. 1999;45:1271-84.
- De Long GR, Heintz ER. The clinical syndrome of early-life bilateral hippocampal sclerosis. *Annals of Neurology*. 1997;42:11-7.
- Delay J, Brion S. Le syndrome de Korsakoff. Paris: Masson; 1969.
- Deonna T, Roulet E. Cognitive and behavioural disorders of epileptic origin in childhood. London: Mac Keith Press; 2005.
- Dias MS, Lillis KA, Calvo C, Shaha SH, Li V. Management of accidental minor head injuries in children: a prospective outcomes study. *Journal of Neurosurgery*. 2004;101(suppl. 1):s38-s43.
- Dlugos DJ, Moss EM, Duhaime AC, Brooks-Kayal AR. Language-related cognitive declines after left temporal lobectomy in children. *Pediatric Neurology*. 1999;21:444-9.
- Emery E. Acute confusional state in children with migraine. *Pediatrics*. 1977;60:110-4.
- Farran EK, Jarrold C, Gathercole SE. Block design performance in Williams syndrome phenotype: A problem with mental imagery? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2001;42:719-28.
- Farwell JR, Dodrill CB, Batzel LW. Neuropsychological abilities of children with epilepsy. *Epilepsia*. 1985;26:395-400.
- Flechter PC, Henson RNA. Frontal lobes and human memory. Insights from functional neuroimaging. *Brain*. 2001;124:849-81.
- Fuster JM. The prefrontal cortex - an update: time is of the essence. *Neuron*. 2001;30:319-33.
- Gadian DG, Aicardi J, Watkins KE, Porter DA, Mishkin M, Vargha-Khadem F. Developmental amnesia associated with early hypoxic-ischaemic injury. *Brain*. 2000;123:499-507.
- García-Perez A, Narbona-García J, Sierrasesumaga L, Aguirre-Ventallo M, Calvo-Manuel F. Neuropsychological outcome of children after radiotherapy for intracranial tumors. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1993;35:139-48.
- García-Ribes A, Martí-Carrera MJ, Martínez-González C, Garáizar-Axpe C, Prats-Viñas JM. Amnesia global transitoria: una enfermedad del adulto presente en la infancia. *Anales de Pediatría*. 2003;58:195-6.
- Gascon G, Barlow C. Juvenile migraine presenting as an acute confusional state. *Pediatrics*. 1970;45:628-35.

- Gathercole S. Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Science*. 1999;3:410-9.
- Gillet P, Billard C, Autret A. Systèmes de mémoire et apprentissage de la lecture. En: Carbonel S, Gillet P, Martory MD, Valdois S, eds. *Approche cognitive des troubles de la lecture et de l'écriture chez l'enfant et l'adulte*. Marseille: Solal; 1996; 113-35.
- Hierons R, Janota I, Corsellis JAN. The late effects of necrotizing encephalitis of the temporal lobes and limbic areas: a clinico-pathological study of 10 cases. *Psychological Medicine*. 1978;8:21-42.
- Hommet C, Billard C, Gillet P, Barthez MA, Maheut-Lourmière J, Santini JJ, et al. Neuropsychologic and adaptative functioning in adolescents and young adults shunted for congenital hydrocephalus. *Journal of Child Neurology*. 1999;14:144-50.
- Isaacs EB, Lucas A, Chong WK, Wood SJ, Johnson CL, Marshall C, et al. Hippocampal volume and everyday memory in children of very low birth weight. *Pediatric Research*. 2000;47:713-20.
- Isaacs EB, Vargha-Khadem F, Watkins KE, Lucas A, Mishkin M, Gadian DG. Developmental amnesia and its relationship to degree of hippocampal atrophy. *PNAS Neuroscience*. 2003;100:13060-3.
- Jambaqué I, Dellatolas G, Dulac O, Ponsot G, Signoret JL. Verbal and visual memory impairment in children with epilepsy. *Neuropsychologia*. 1993;31: 1321-37.
- Jambaqué I, Dellatolas G, Dulac O, Signoret JL. Validation de la Batterie d'Efficiences Mnésiques 144 chez l'enfant d'âge scolaire. *ANAE Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*. 1991;3:125-35.
- James W. *The principles of psychology*. Cambridge: Harvard University Press; 1890.
- Janian N, Rothner A, Ehrenerg G, Cruze R. Acute confusional migraine in childhood. *Annals of Neurology*. 1986;18:433-4.
- Jarrold C, Baddeley AD, Hewes AK. Verbal short-term memory deficits in Down's syndrome: A consequence of problems in rehearsal? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2000;41:233-44.
- Jensen TS. Transient global amnesia in childhood. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1980;22:654-7.
- Johnson MK, Raye CL. False memories and confabulation. *Trends in Cognitive Sciences*. 1998;2:137-45.
- Kalff AC, Bonke B, Wolters G, Manger FW. Implicit memory for stimuli presented during inhalation anesthesia in children. *Psychological Report*. 1995;77: 371-5.
- Kain ZN, Hofstadler MB, Mayes LC, Krivutza DM, Lalexander G, Wang SM, et al. Effect on amnesia and anxiety in children. *Anesthesiology*. 2000;93:676-84.
- Kitazawa S, Hirabayashi S, Kobayashi M. Memory functions in children with attention deficit/hyperactivity disorder. The effects of methylphenidate on them. *No To Hattatsu*. 2004;36:31-6.
- Klüver H, Bucy PC. Psychic blindness and other symptoms following bilateral temporal lobectomy in rhesus monkeys. *American Journal of Physiology*. 1937;119:352-3.
- Lilly R, Cummings JL, Benson DF, Frankel A. The human Klüver-Bucy syndrome. *Neurology*. 1983;33:1141-5.
- Lobo-Antunes N, Soweidane MM, Rosenbum MK, Steinherz PG. Methotrexate leukoencephalo pathy presenting as Klüver-Bucy syndrome and uncinate seizures. *Pediatric Neurology*. 2002;26:305-8.

- Maguire EA, Vargha-Khadem F, Mishkin M. The effects of bilateral hippocampal damage on fMRI regional activations and interactions during memory retrieval. *Brain*. 2001;124:1156-70.
- Mañeru C, Serra-Grabulosa JM, Junque C, Salgado-Pineda P, Bargallo N, Olondo M, et al. Residual hippocampal atrophy in asphyxiated term neonates. *Journal of Neuroimaging*. 2003;13:68-74.
- Mejri I, Turki I, Bellaj T, Miladi N. Evaluation de la mémoire sémantique (fluence verbale) chez des enfants atteints d'épilepsie idiopathique. *Revista de Neurología*. 2004;39:888 (resumen).
- Mendez MF. Pick disease. En: Feinberg TE, Farah MJ, eds. *Behavioral neurology and neuropsychology*. New York: Mc Graw-Hill; 1997;571-8.
- Milner B, Corkin S, Teuber HL. Further analysis of the hippocampal amnesic syndrome: 14-year follow-up study of H.M. *Neuropsychologia*. 1968;6: 317-38.
- Morgado I. Aprendizaje y memoria: conceptos, categorías y sistemas neurales. En: Delgado JM, Ferrús A, Mora F, Rubia FJ, eds. *Manual de Neurociencia*. Madrid: Síntesis; 1998; 825-54.
- Narbona J, Alvarez-Gomez MJ. Limbic-mamilo-thalamic lesion syndromes in childhood and puberty. *ANAE Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*. 1990;2:83-7.
- Narbona J, Crespo-Eguílaz N. Trastornos de memoria y de atención en disfunciones cerebrales del niño. *Revista de Neurología*. 2005;40 (suppl. 1): s33-s36.
- Nolan MA, Redoblado MA, Lah S, Lawson JA, Cunningham AM, Bleasel AF, et al. Memory function in childhood epilepsy syndromes. *Journal of Paediatric Child Health*. 2004;40:20-7.
- Owen AM, Morris RG, Sahakian BJ, Polkey CE, Robbins TW. Double dissociations of memory and executive functions in working memory tasks following frontal lobe excisions, temporal lobe excisions or amygdalo-hippocampectomy in man. *Brain*. 1999;119:1597-615.
- Quart EJ, Buchtel HA, Sarnaik AP. Long-lasting memory deficits in children recovered from Reye's syndrome. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 1988;10:409-20.
- Rich JB, Yaster M, Brandt J. Anterograde and retrograde memory in children anesthetized with propofol. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 1999;21:535-46.
- Robinson S, Park TS, Blackburn LN, Bourgeois BFD, Arnold ST, Dodson E. Transparahippocampal selective amygdalohippocampectomy in children and adolescents: efficacy of the procedure and cognitive morbidity in patients. *Journal of Neurosurgery*. 2000;93:402-9.
- Rose FC, Symonds CP. Persistent memory defects following encephalitis. *Brain*. 1960;83:195-212.
- Sanchez-Carpintero R, Neville BG. Attentional ability in children with epilepsy. *Epilepsia*. 2003;44:1340-9.
- Sarnat HB, Sarnat MS. Neonatal encephalopathy following fetal distress: a clinical and electroencephalographic study. *Archives of Neurology*. 1976;33: 696-705.
- Scoville WB, Milner B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 1957;20:11-21.
- Seidenberg M, Hermann BP, Schoenfeld J, Davies K, Wyler A, Dohan FC. Reorganization of verbal memory function in early onset left temporal lobe epilepsy. *Brain and Cognition*. 1997;35:132-48.

- Siegel DJ. Memory: An overview, with emphasis on developmental, interpersonal, and neurobiological aspects. *Journal of Child and Adolescent Psychiatry*. 2001;40:997-1011.
- Sillanpää M. Learning disability: occurrence and long-term consequences in childhood-onset epilepsy. *Epilepsy and Behaviour*. 2004;5:937-44.
- Slaughter J, Bobo W, Childers MK. Selective serotonin reuptake inhibitor treatment of post-traumatic Klüver-Bucy syndrome. *Brain Injury*. 1999; 13:59-62.
- Soprano AM, De Carlo M, Bustos M, Caraballo R, Cersósimo R, Tenenbaum S, et al. Cognición e impacto familiar en niños con epilepsias refractarias: Resultados preliminares en 100 casos. *Medicina Infantil*. 2005; 12:175-9.
- Stokes DJ, Dritschel BH, Bekirian DA. The effect of burn injury on adolescents autobiographical memory. *Behaviour Science and Therapy*. 2004; 42:1357-65.
- Szabo CA, Wyllie E, Stanford LD. Neuropsychological effect of temporal lobe resection in preadolescent children with epilepsy. *Epilepsia*. 1998;39:814-9.
- Temple CM, Richardson P. Developmental amnesia: a new pattern of dissociation with intact episodic memory. *Neuropsychologia*. 2004;42:764-81.
- Tongard JH, Harwicke N, Levine SC. Klüver-Bucy syndrome in children. *Pediatric Neurology*. 1987;3:162-5.
- Ullman MT, Pierpont EI. Specific language impairment is not specific to language: The procedural deficit hypothesis. *Cortex*. 2000;41:399-433.
- Ullman MT. Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*. 2004;92:231-70.
- 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;277:376-80.
- Vargha-Khadem F, Salmond CH, Watkins KE, Friston KJ, Gadian DG, Mishkin M. Developmental amnesia: Effect of age at injury. *PNAS Neuroscience*. 2003;100:10055-60.
- Varon D, Pritchard PB III, Wagner MT, Topping K. Transient Klüver-Bucy syndrome following complex partial status epilepticus. *Epilepsy & Behavior*. 2003;4:348-51.
- Vicari S, Finzi A, Menghini D, Marotta L, Baldi S, Petrosini L. Do children with developmental dyslexia have an implicit learning deficit? *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 2005;76:1392-7.
- Willcutt EG, Pennington BF, Boada R, Ogline JS, Tunick RA, Chhabildas RA, et al. A comparison of the cognitive deficits in reading disability and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Psychology*. 2001;110:157-72.
- Williams J, Griebel ML, Sharp GB, Boop FA. Cognition and behavior after temporal lobectomy in pediatric patients with intractable epilepsy. *Pediatric Neurology*. 1998;19:189-94.
- Wood FB, Brown IS, Felton RH. Long-term follow-up of a childhood amnesic syndrome. *Brain and Cognition*. 1989;10:76-86.
- Young CA, Humphrey PRD, Ghadiali EJ, Klapper PE, Cleator GM. Short term memory impairment in an alert patient as a presentation of herpes simplex encephalitis. *Neurology*. 1992;42:260-1.
- Zola-Morgan S, Squire LR, Ramus SJ. Severity of memory impairment in monkeys as a function of locus and extent of damage within the medial temporal lobe system. *Hippocampus*. 1994;4:483-94.

CHAPITRE 5

L'examen de la mémoire de l'enfant

A.-M. Soprano

Introduction

Dans le domaine de l'examen psychologique avec l'enfant, on peut considérer que l'approche spécifique de la mémoire n'en est qu'à ses débuts. Il y a quelques années seulement, la mémoire était encore difficilement séparable du fonctionnement cognitif global. Elle était principalement évaluée de manière indirecte, par le biais de tests d'intelligence générale (mémoire de chiffres) ou de batteries langagières (mémoire de phrases ou de récits). Les différents aspects de la mémoire n'étaient que très rarement analysés isolément. Ils ne faisaient l'objet que de vagues allusions dans les conclusions d'examens, comme par exemple : « la mémoire visuelle^[1] est supérieure à la mémoire verbale », ou encore, « le rappel^[2] est moins efficient que la reconnaissance^[3] ». De telles informations ne sont que d'une utilité limitée car elles ne permettent pas de formuler d'hypothèse sur la nature d'un déficit ni de renseigner sur l'intrication complexe des variables impliquées dans les processus déficitaires.

Les difficultés mnésiques rapportées par les parents ou par les enseignants sont généralement sous-estimées et attribuées à des « manques d'attention », à des « déficits intellectuels », ou encore à des « conflits émotionnels » : « Il oublie parce qu'il n'est pas attentif, parce qu'il ne comprend pas ou alors parce que ça ne l'intéresse pas ». Cela peut bien évidemment être le cas et, de fait, il est certain que de nombreux enfants rencontrent des difficultés d'apprentissage^[4] à cause de troubles de l'attention ou de difficultés langagières qui perturbent la compréhension des consignes. Pourtant certains enfants, bien qu'ayant été attentifs et ayant compris quelque chose qui, de surcroît, les intéressait, ne parviennent pas à s'en souvenir.

1. Les principales méthodes pour l'examen de la mémoire

1.1. Les méthodes expérimentales

La littérature fait état de nombreuses méthodes qui ont été imaginées par des chercheurs dans le but de « mesurer » la mémoire. À ce propos, il convient de distinguer deux types de méthodes : directes et indirectes ou, ce qui revient au même, explicites et implicites (Ruiz Vargas, 1998).

1.1.1. Les méthodes directes

Elles engagent les expressions conscientes de souvenirs. Il s'agit de tâches dont les consignes, délivrées au sujet lors de la passation, font référence à un événement de son histoire personnelle. Dans le domaine expérimental, les épreuves mnésiques directes impliquent que le participant rappelle consciemment un matériel qu'il a appris durant la phase d'étude de l'expérience. Une situation typique consisterait à présenter au participant une liste de mots dans un premier temps, qu'il devra reconnaître ou rappeler à un moment ultérieur.

Les tests mnésiques directs font principalement appel à deux types de processus ou de technique : la *reconnaissance* et le *rappel*.

La technique de *reconnaissance* compte parmi les méthodes expérimentales les plus anciennes et les plus répandues dans le domaine de la mesure mnésique. Il existe différents types de tâches de reconnaissance, mais elles consistent le plus souvent à identifier correctement une information préalablement présentée parmi différentes possibilités. En revanche, une tâche de *rappel* implique globalement que le participant reproduise un matériel appris antérieurement.

Rappel et *reconnaissance* sont évidemment deux processus différents. Pour que le *rappel* soit efficace, il faut que l'information soit accessible. La *reconnaissance*, quant à elle, ne nécessite que la disponibilité de l'information. Cela explique pourquoi nous sommes parfois incapables de nous rappeler quelque chose mais que nous pouvons néanmoins identifier cet élément sans aucune difficulté.

À ce sujet, nous devons également préciser qu'il existe différents types de *rappel* : le *rappel sériel*, le *rappel libre* et le *rappel avec indice* (ou *rappel indicé*).

1. Le *rappel sériel* implique que le participant répète les stimulus¹ exactement dans le même ordre que celui de l'énonciation. Il correspond précisément à la méthode utilisée par Ebbinghaus (voir chapitre 1). Ce chercheur lisait plusieurs fois des listes de syllabes dépourvues de signification jusqu'à ce qu'il considère les avoir apprises. Pour vérifier cet

1. Le pluriel « stimulus » est préféré à « stimuli ».

apprentissage, il s'efforçait de réciter les syllabes dans l'ordre initial. S'il commettait quelque erreur, d'ordre par exemple, il recommençait une nouvelle fois son cycle d'étude jusqu'à pouvoir reproduire la série avec exactitude.

2. Pour le *rappel libre*, à la différence du rappel sériel, on présente aux participants une liste de mots à apprendre afin qu'ils les reproduisent dans l'ordre qu'ils souhaitent après la présentation. Cette liberté dans l'ordre de rappel des items représente à la fois la caractéristique spécifique de cette méthode et son principal intérêt, car elle permet d'analyser les différences entre l'ordre de présentation initiale des items et celui dans lequel ils sont rappelés. Ces divergences mettent en évidence les éventuelles transformations que le sujet exerce sur le matériel, ce qui permet à l'expérimentateur d'opérer des inférences sur la nature des processus mentaux impliqués. La méthode du *rappel libre* est aussi utilisée pour étudier l'organisation subjective en tant que stratégie mnémotechnique. Lorsque l'expérimentateur élabore une liste de mots, en évitant les relations phonétiques et sémantiques entre les stimulus, et que, malgré cela, il observe que les participants découvrent ou inventent, de manière individuelle, des liens entre les mots à apprendre, le *rappel libre* devient un instrument précieux pour montrer que les participants imposent leur propre organisation au matériel, indépendamment des éventuelles relations préétablies.
3. Enfin, le troisième type de rappel mentionné est le *rappel indicé*. Il consiste à assimiler des associations ou des pistes concrètes pour se souvenir d'une information spécifique. Un indice peut être comparé à une aide, comme celle d'un souffleur de théâtre : elle a été soigneusement sélectionnée pour établir un lien spécifique avec l'information à rappeler. L'indice a pour fonction d'orienter et de faciliter le processus de récupération du sujet.

1.1.2. Les méthodes indirectes

Ces méthodes d'évaluation ne nécessitent pas de manifestation consciente du souvenir. Il s'agit d'épreuves pendant lesquelles le participant doit s'impliquer dans une activité cognitive ou motrice en tenant compte de certaines instructions qui se réfèrent à la tâche en question et non à des faits antérieurs. On peut, par exemple, vérifier que des participants à qui un mot a été préalablement présenté ont de plus grandes probabilités que d'autres participants, non avertis, de le compléter à partir de sa racine ou de l'identifier s'il est proposé dans une forme dégradée.

Les patients amnésiques présentent de meilleurs résultats lors des tests indirects que lors des tests directs. Les individus sans pathologie peuvent, quant à eux, se comporter comme des amnésiques profonds lorsqu'il s'agit de récupérer une information précise présentée durant le sommeil ou durant un état de veille modifié par les effets d'une anesthésie. Cette modalité de comportement montre l'utilité, dans le cadre de la pratique clinique, de pouvoir disposer d'instruments de mesure indirecte.

TABLEAU 5.1. TÂCHES TRADITIONNELLES POUR ÉVALUER LA MÉMOIRE AUDITIVO-VERBALE

Rappel et/ou reconnaissance de : sons, rythmes, chiffres, syllabes, mots (listes et paires associées), pseudo-mots, phrases, récits
--

TABLEAU 5.2. TÂCHES TRADITIONNELLES POUR ÉVALUER LA MÉMOIRE VISUO-SPATIALE

Rappel et/ou reconnaissance de : trajets, lieux et emplacements, visages, scènes, mouvements ou gestes, signes graphiques, lettres, nombres, mots/pseudo-mots, dessins concrets et abstraits (listes et paires associées), figures géométriques simples et complexes

1.2. Les méthodes cliniques

1.2.1. Les tâches traditionnelles pour évaluer la mémoire verbale et visuelle

De nombreuses méthodes conçues en laboratoire ont servi de base pour élaborer des outils psychométriques exploitables dans la pratique clinique. Les tâches les plus utilisées pour l'évaluation de la mémoire auditivo-verbale et visuo-spatiale sont respectivement présentées dans les tableaux 5.1 et 5.2.

2. L'évaluation de la mémoire à court terme (MCT)

Il s'agit d'épreuves de répétition ou d'imitation différée en rappel immédiat, dans lesquelles le participant doit retenir l'information de manière passive et la reproduire sans la transformer. Elles sont également connues comme des tâches de mémoire immédiate.

2.1. L'empan mnésique (ou amplitude de la MCT)

La répétition de chiffres en ordre direct est la tâche la plus fréquemment utilisée pour évaluer les afférences auditivo-verbales. On présente au participant une série d'amplitude croissante (de 2 à 9 mots-nombres) au rythme d'1 unité/s. Il doit retenir chaque séquence exactement comme elle lui a été énoncée. L'empan, ici auditivo-verbal, correspond au nombre d'éléments de la plus longue séquence reproduite sans erreur.

Malgré la simplicité de cette tâche, la répétition de chiffres peut être perturbée par différents facteurs : anxiété, inattention, ou défaut de mobilisation. Inversement, le rendement peut être amélioré par différentes stratégies, comme le groupement de chiffres en structures significatives (*chunking*) selon un rythme déterminé, ou par le recours à la répétition cumulative (répétition de la séquence au fur et à mesure qu'elle est présentée).

Lors de l'application de cette épreuve, il est important de tenir compte de certaines limites susceptibles d'expliquer des différences de rendement. La présentation des items, par exemple, doit respecter le rythme d'1 item/s. Si le rythme est plus lent, des stratégies conscientes de répétition peuvent

s'installer entre la présentation et le rappel. Il est prouvé que les enfants de moins de 12 ans n'utilisent pas de stratégie de révision cumulative si la présentation des items n'excède pas le rythme d'1 unité/s (Torgesen, 1996).

Il existe une variante de l'évaluation de l'empan de chiffres en ordre direct. Elle implique une présentation visuelle. Les chiffres sont présentés un par un sur un écran d'ordinateur, à la même fréquence de 1/s. Il est primordial de les présenter un par un car la présentation simultanée permet le recours à des stratégies de codification qui ne peuvent pas être mises en œuvre lorsque les items sont proposés individuellement. La présentation visuelle des items engendre une difficulté plus importante pour les enfants d'âge *préscolaire*². Les rendements en fonction des modalités, auditive ou visuelle, se rejoignent vers la deuxième année de l'école primaire (7 ans environ).

En ce qui concerne les afférences visuelles, l'épreuve de Corsi est la plus répandue. Il s'agit d'une planche de bois où des cubes sont disposés de manière aléatoire. Dans d'autres versions, les cubes sont remplacés par des carrés ou par des cercles dessinés sur une feuille. Dans tous les cas, l'examineur désigne du doigt une série de cubes ou de cercles (de 2 à 8) et le participant doit reproduire la série de mémoire, dans le même ordre.

Il est intéressant de comparer ces rendements avec ceux obtenus par le même enfant lors d'épreuves de répétition de chiffres et de rythmes.

2.2. L'évaluation de la mémoire de travail (MT)

Elle implique des épreuves qui vont au-delà de la seule conservation passive du matériel en MCT. Ces épreuves impliquent un travail cognitif particulier : la transformation du matériel initial. Dans tous les cas, la distinction entre tâches de MCT et de MT doit être utilisée avec précaution. On pourrait avancer que cette distinction repose en fait sur un continuum entre les tâches qui exigent un traitement important et celles qui ne mettent en jeu qu'un traitement minime. Ainsi, une même tâche peut solliciter, selon les capacités du sujet, la MCT ou la MT : par exemple la tâche d'empan de mots présentés visuellement est utilisée comme une épreuve de MCT chez les adultes, mais représente une véritable tâche de MT pour un enfant qui débute dans l'apprentissage de la lecture (Gaonac'h et Larigauderie, 2000).

En tenant compte du modèle classique de la MT proposé par Baddeley (voir chapitre 1), nous présenterons brièvement certaines tâches utilisées pour l'évaluation de la boucle phonologique, du calepin visuo-spatial et de l'administrateur central.

2.2.1. La boucle phonologique

Elle est habituellement évaluée au moyen de tâches de répétition de mots, de pseudo-mots et de phrases (Torgesen, 1996).

2. La période *préscolaire* correspond globalement à la tranche d'âge 3-5 ans (cycle de l'école maternelle), et la période *scolaire* à la tranche d'âge 6-12 ans (école primaire).

2.2.1.1. *L'empan de mots en ordre direct*

En général, on utilise des mots monosyllabiques à la place des chiffres. La corrélation entre les deux types de tâches (chiffres et mots) varie entre 0,66 et 0,72 chez les enfants, de la période préscolaire jusqu'à la fin du cycle de l'école primaire (10 ans environ).

2.2.1.2. *L'empan de pseudo-mots*

Le participant doit répéter un pseudo-mot immédiatement après l'avoir entendu. Les mots gagnent progressivement en complexité au cours de l'épreuve. Pour les âges entre 6 et 10 ans, les corrélations de cette tâche avec celle d'empan de chiffres sont respectivement de 0,47, 0,31, 0,40, 0,47 et 0,46.

2.2.1.3. *L'empan de phrases*

La tâche consiste à écouter une phrase de longueur variable et à la reproduire à l'identique par la suite. Cette tâche peut être considérée comme un moyen d'évaluation de la mémoire phonologique, mais seulement si tous les mots sont rappelés dans le même ordre. Cependant, le rendement à cette épreuve dépend aussi d'autres facteurs comme les habiletés linguistiques, sémantiques et syntaxiques. Les corrélations observables avec l'empan de chiffres sont respectivement, pour les enfants de 5, 6 et 7 ans, de 0,46, 0,56 et 0,58.

Lorsqu'on utilise des mots pour ce type de tâche, il est important de toujours contrôler trois types de variable : la longueur, le degré de familiarité et l'effet de similarité phonologique.

2.2.1.4. *La longueur des mots*

Plus les mots comportent de syllabes, plus il est difficile de les maintenir en MT. Il arrive que l'incompréhension d'un enfant face à une consigne ou une phrase soit due à la longueur de celle-ci, qui empêche un traitement en MT. Il est important de différencier ce type de difficultés de celles relevant d'un défaut de traitement de la syntaxe.

2.2.1.5. *Le degré de familiarité*

Les mots dont la signification échappe à l'enfant font office de série de phonèmes ou de pseudo-mots : c'est le cas par exemple du mot « *Tacuarembó* » dans l'épreuve de Spreen-Benton (Mendilaharsu, 1981), sans signification pour les individus non uruguayens. Chaque syllabe constituant le mot nécessite un stockage propre, qui compte donc pour un élément à part entière en MT. À l'inverse, pour un mot familier, le stockage en MT ne représente pas plus d'un seul élément par mot (sa signification), et ne dépend donc pas de la longueur du mot.

2.2.1.6. *La similarité phonologique*

Les rimes peuvent être sources de confusions phonologiques dues à la répétition mentale nécessaire pour les maintenir en mémoire. Il est différent de proposer une liste de stimulus phonologiquement proches (bois, voix, loi,

toit) ou différents (bois, vers, long, rue). Il est intéressant de comparer la fixation de séries familières à celle de séries non familières, et de séquences auditivo-verbales à celle de séquences non verbales (par exemple le subtest *Mouvements de mains* du K-ABC-II).

En résumé, il semble que les tâches d'empan de mots, de répétition de pseudo-mots et de mémorisation de phrases peuvent être considérées comme différents moyens d'évaluer une même fonction. Elles représentent une base solide pour l'étude du fonctionnement de la boucle phonologique et la mise en évidence des spécificités intra-individuelles.

2.2.2. Le calepin visuo-spatial

Pour évaluer le calepin visuo-spatial, on peut utiliser des tâches de mémorisation de points ou de formes géométriques. On présente à l'enfant un quadrillage avec un nombre de maisonnettes déterminé, dont la moitié est colorée en noir. Après un intervalle minimal de 2 s, un autre plan est présenté sur lequel toutes les maisons noires apparaissent, sauf une. Le participant doit indiquer la maison manquante. En général on utilise ici un matériel visuel, en principe séquentiel et non énonçable, afin d'éviter la possibilité d'un traitement par la boucle phonologique. Néanmoins, certains enfants et adultes peuvent déployer des stratégies de verbalisation : par exemple, en bas, au milieu, près du bord, etc. D'autres stratégies consistent à mémoriser un point de départ et à dessiner mentalement un trajet. Le subtest *Mouvements de mains* du K-ABC-II peut représenter une possibilité pour l'évaluation du calepin visuo-spatial. Pourtant, dans cette épreuve aussi, il est possible que certains sujets s'appuient sur des notions verbales, en nommant les positions successives des mains. Pour les enfants entre 4 et 10 ans, un subtest de mémoire visuelle séquentielle peut être utile. Il peut se présenter sous forme de séries de longueur croissante, constituées par des traits verticaux, des traits horizontaux et des petits cercles que le participant doit reproduire sur papier immédiatement après chaque présentation, de quelques secondes. Par ailleurs, soulignons que toutes ces épreuves sollicitent l'attention visuelle et les aptitudes visuo-spatiales de manière privilégiée. D'éventuels troubles de ces fonctions invalident bien sûr les résultats obtenus aux épreuves mnésiques.

2.2.3. L'administrateur central

Figurent ici les tâches que nous pourrions qualifier comme relevant de la MT proprement dite. Elles exigent, en effet, un stockage et, dans le même temps, une manipulation du matériel retenu, comme par exemple l'épreuve d'empan de chiffres ou l'épreuve de Corsi, mais en ordre inverse. D'autres tâches peuvent être proposées.

2.2.3.1. Les tâches de réactualisation permanente

Des séries de chiffres, de syllabes, de lettres et de mots sont présentées, sans que leur longueur ne soit précisée à l'avance. Le participant doit répéter un certain nombre des derniers éléments proposés. Ce type d'épreuve n'est pas standardisé pour les enfants. Il peut être intéressant de comparer le nombre

d'éléments qui peuvent être restitués dans ces conditions avec l'empan obtenu dans les conditions classiques de stockage. Prenons l'exemple où l'empan classique est évalué par une série de 2, 3, 4, 5 ou 6 chiffres, que l'enfant doit restituer dans le même ordre que celui de l'énonciation. La tâche de réactualisation permanente se fera avec une liste équivalente, mais dont il ne faut répéter que les 3 (les 2 ou les 4) derniers chiffres énoncés : par exemple, avec 6-1-9-2-4, répéter 9-2-4.

2.2.3.2. Les différentes manipulations simples à partir de chiffres à répéter

Il s'agit par exemple de retirer, ou d'ajouter, une unité à chaque chiffre énoncé : pour la liste 2-7-4, on obtient 1-6-3 ou 3-8-5.

2.2.3.3. Le repérage d'un mot entre plusieurs syllabes

Il faut repérer les deuxième et quatrième syllabes d'une liste de quatre. Par exemple, pour « le, ta, vo, ble », il faudrait dire « table ».

2.2.3.4. La correspondance chiffre/lettre avec un code simple

Par exemple, « a » correspond à 1, « b » à 2 et « c » à 3. Si la série proposée est 2-1-3, la réponse sera « b-a-c ».

2.2.3.5. L'empan de lecture

Il est demandé à l'enfant de lire et de comprendre une phrase (pour s'en assurer, il doit dire si l'affirmation proposée est vraie ou fausse), puis il doit restituer le dernier mot de 2, 3 ou 4 phrases.

2.2.3.6. L'empan d'écoute

Il est évalué sur le même principe que l'empan de lecture, à la différence que l'enfant écoute les énoncés au lieu de les lire.

2.2.3.7. L'empan de comptage

On présente à l'enfant des planches sur lesquelles figurent des cercles rouges et verts. Il doit tout d'abord compter les cercles verts repérables sur chacune d'elles. Après la présentation d'une quantité précise de planches, l'enfant doit dire le nombre de cercles verts que contenait chaque planche, dans l'ordre de leur présentation.

2.2.3.8. L'empan numérique

On montre une carte à l'enfant, sur laquelle figurent trois nombres (un nombre entre 1 et 22, un autre entre 23 et 44, et un dernier entre 45 et 66). L'enfant doit les lire à voix haute et indiquer le plus petit nombre parmi les trois. L'empan numérique correspond au plus long ensemble de cartes pour lequel l'enfant peut se souvenir du plus petit nombre parmi les trois présentés dans chaque carte (Kail et Hall, 2001).

Lorsque plusieurs tâches cognitives doivent être réalisées simultanément, le rôle de l'administrateur central consiste à répartir les ressources

attentionnelles entre les différentes tâches afin d'atteindre l'objectif visé. Si deux activités doivent être réalisées en même temps, ce qui est assez fréquent dans la vie quotidienne (par exemple, écouter le professeur et écrire), elles n'impliquent pas de problème majeur si elles sont toutes deux produites de manière automatique. En revanche, si la réalisation d'une seule des tâches est automatique (par exemple écrire), les ressources cognitives sont dérivées vers l'autre tâche (par exemple écouter ce que dit le professeur). Des difficultés apparaissent si aucune des deux tâches n'est automatisée : l'enfant réalise moins bien ces activités lorsqu'elles sont simultanées que lorsqu'elles sont séparées (il écrit moins bien lorsqu'il doit écouter en même temps et sa compréhension est de moins bonne qualité lorsqu'il doit écrire simultanément). Cela est observable chez les enfants en cours d'apprentissage de l'écriture, de la lecture, ou bien chez les enfants dyslexiques ou dyspraxiques. L'écriture ou la lecture ne se font pas de manière automatique, ce qui interfère avec le traitement d'une information nouvelle.

3. L'évaluation de la mémoire à long terme (MLT)

L'évaluation de la mémoire à long terme (MLT) concerne tant l'examen du *stock* déjà constitué (mémoire sémantique et épisodique) que la capacité à mémoriser de nouvelles données (apprentissage de mémoire).

3.1. La mémoire sémantique

3.1.1. Les connaissances académiques

Ces connaissances peuvent être appréciées en vérifiant la connaissance des tables de multiplication, de l'alphabet, des jours de la semaine, des mois de l'année, de poésies, de chansons (Lezak, 2004). Les subtests de connaissances générales de certaines échelles psychométriques, comme le WISC-IV ou la NEMI-2, peuvent également s'avérer utiles. En cas de résultats discordants, l'examen doit tenir compte du niveau scolaire de l'enfant et non de son âge réel.

3.1.2. Les connaissances socioculturelles

Elles peuvent être évaluées via la connaissance de grandes marques présentes dans les supermarchés, de séries de télévision, de slogans publicitaires, de chanteurs ou d'acteurs à la mode. Ces éléments occupent, en quelque sorte, une place intermédiaire entre les événements arbitraires et les données biographiques de l'enfant, qui sont plus personnelles et que l'examineur ne connaît pas. Une autre méthode peut être utile : il s'agit de demander à l'enfant qu'il raconte une histoire dont il se souvient bien. Il faudra distinguer les contes et histoires traditionnels (partie du bagage culturel de toute une communauté, qui font l'objet de rééditions, d'éventuelles allusions ou reactivations nombreuses et variées depuis la petite enfance), des histoires actuelles racontées ou lues à l'école, ou bien encore de celles qui sont traitées dans des films contemporains et dont l'enfant prend connaissance bien

plus tard. Elles rentrent plutôt dans la catégorie des données nouvelles. Ainsi, les contes populaires (*Le Petit Chaperon rouge*, *Cendrillon*, *Blanche-Neige*, *La Belle au bois dormant*, *Pinocchio*, *Les Trois petits cochons*) sont généralement racontés de manière correcte, car ce sont des connaissances relevant de la mémoire sémantique, fréquemment réactivées. À l'inverse, les histoires plus récentes relatées dans un cadre scolaire ou vues au cinéma (*Le Roi Lion*, *Aladdin*, ou les séries de télévision célèbres) ne représentent pas, malgré leur large diffusion, un fait culturel homogènement partagé par l'ensemble des générations et de la communauté. Par conséquent, ces histoires sont moins solidement installées.

3.2. La mémoire épisodique

3.2.1. Les données autobiographiques

On examine le souvenir, et éventuellement la reconnaissance, des faits de la vie quotidienne qui sont toujours connotés affectivement (cadeaux d'anniversaire, vacances à la plage, etc.). Ces éléments peuvent relever de faits récents ou lointains et sont recueillis par le biais de l'entretien avec l'enfant et ses parents. Cette démarche peut éventuellement être complétée par des questionnaires spécialement conçus à cet effet, comme le CAMI (Bekerian, Dhillon et O'Neill, 2001), le CMQ (Kadis, Stollstorff, Elliot et al., 2004) ou le COAT (Ewing-Cobb, Levin, Fletcher et al., 1990) qui sont des questionnaires anglo-saxons destinés aux enfants³.

3.2.2. La mémorisation de nouvelles données

On évalue la capacité à fixer des informations nouvelles, à les retenir et à les restituer par la suite. D'ailleurs, nous considérons – bien que tous les chercheurs ne partagent pas cette position – que l'enfant doit toujours être averti de la nature de la tâche afin de mettre en marche les processus de mémorisation volontaire.

3.2.3. Les épreuves d'apprentissage verbal

L'évolution de l'apprentissage mnésique verbal est classiquement évaluée au moyen de deux types principaux de tâches : les paires de mots associées et les listes de mots isolés.

3.2.3.1. Les paires associées ou paires de mots

L'examineur présente oralement une série constituée de paires de mots. Par la suite, il énonce le premier mot de chaque paire et le participant doit dire le second. Cette tâche se répète ainsi pendant différents essais (nombre d'essais variable selon la conception de chaque test). L'épreuve est renouvelée dans les 20 ou 30 min : à nouveau, l'examineur lit le premier mot de chaque paire et le participant doit dire le second (rappel différé). En

3. L'insuffisance de ce type d'instruments nous a poussés à concevoir un questionnaire de mémoire épisodique pour enfants d'âge préscolaire. Il est en cours de standardisation.

guise d'épreuve de reconnaissance, l'enfant doit identifier les paires de la liste initiale au sein d'une liste plus importante, qui comprend de nouvelles paires faisant office de leurres (ou « distracteurs »).

3.2.3.2. Les listes de mots

On propose à l'enfant une liste de mots, en général concrets et d'usage fréquent, qui peuvent être indépendants, non liés, ou qui, au contraire, appartiennent à des catégories sémantiques spécifiques (fruits, vêtements, etc.). On effectue une présentation orale et, à la suite de chaque présentation, l'enfant restitue immédiatement les items dont il se souvient (indifférence quant à l'ordre d'énonciation). Dans l'épreuve validée par Benedet, Alejandre et Pamos (2000) auprès d'enfants parlant l'espagnol, les auteurs ont analysé les aspects qui suivent.

1. *La courbe d'apprentissage.* On étudie la progression du nombre d'informations restituées. Une courbe normale présente une forte pente ascendante qui passe de 4–7 restitutions au premier essai à 9–15 à partir du troisième ou quatrième essai. Par la suite, on observe un plateau qui varie d'1 ou 2 points environ en fonction du nombre maximum retenu. Il est parfois difficile, au cours d'une consultation, de procéder à des essais suffisamment nombreux, mais il est important d'en réaliser au moins 3 pour évaluer les capacités d'apprentissage. En cas de difficulté mnésique, on observe un rendement bas, très inférieur à ce qui est attendu, faiblement ascendant, et stable dans la durée des essais successifs. Une courbe en dents de scie peut indiquer l'absence de recours à des stratégies d'apprentissage, un changement de stratégie plus ou moins aléatoire, ou encore de la distractibilité. Une stagnation de la courbe à partir d'un essai déterminé peut signifier les limites de la capacité d'apprentissage de l'enfant lors d'une même session de travail. Une baisse de la courbe à partir du troisième ou quatrième essai peut renseigner sur une éventuelle fatigabilité, ou alors indiquer que l'enfant a perdu la stratégie qu'il utilisait précédemment. Cependant, ces explications, ou d'autres hypothèses, doivent être vérifiées à la lumière de l'ensemble des données propres à chaque patient.
2. *Les effets de primauté et de récence.* Indépendamment des aspects quantitatifs, il est important de rappeler que les items retenus de manière privilégiée sont soit les premiers de la liste écoutée (effet de primauté), qui ont pu faire l'objet d'un traitement à long terme, soit au contraire les derniers items prononcés par l'examineur (effet de récence), encore disponibles en MT. Les listes comportant 15 à 20 items permettent d'observer aisément ces effets. Cependant, lorsque la liste est plus étendue, il est plus difficile d'obtenir la pleine adhésion de l'enfant lors des nombreux essais successifs. L'expérience montre qu'une liste de 10 items représente un compromis acceptable en situation de consultation, et permet à la fois de réaliser facilement 3 à 5 essais et de repérer les éventuels effets de récence et de primauté s'ils sont bien prononcés. Habituellement, en cas de déficit de la MLT, on constate que l'empan verbal

est correct et que seuls les effets de récence sont réellement présents. Il ne faut pas oublier de demander une restitution tardive, différée, à la fin de l'examen, ou mieux le jour suivant si c'est possible. La possibilité de comparer ce type de résultats avec les restitutions immédiates est surtout intéressante pour les enseignants. Ils confronteront ces éléments avec la capacité de l'enfant à enregistrer les données courantes et apprécieront ainsi la solidité des acquis.

3. *La stabilité de l'apprentissage.* Elle est déterminée en analysant les capacités de l'enfant à conserver des mots enregistrés lors d'un essai au cours des essais suivants. Même si la courbe d'apprentissage est croissante (c'est-à-dire que le nombre de mots rappelés augmente progressivement d'un essai à l'autre), on ne peut parler d'un véritable effet d'apprentissage des mots que si, une fois qu'ils ont été rappelés lors d'un essai, ils le sont de manière systématique au cours des essais suivants. De plus, le fait que ces mots se maintiennent, malgré la tâche d'interférence et l'intervalle de 20 ou 30 min, indique qu'ils ont été consolidés de manière satisfaisante.
4. *Les stratégies d'apprentissage* sérielle, sémantique et phonologique. La *stratégie sérielle* consiste à essayer de rappeler les mots dans l'ordre d'apparition de la liste. La *stratégie sémantique* implique de découvrir la structure sémantique de la liste, de grouper les mots en fonction de leurs catégories sémantiques respectives et de chercher à se souvenir de ces catégories comme des mots appartenant à chacune d'elles. La *stratégie phonologique* consisterait à tenter de faciliter la mémorisation en associant les mots à une éventuelle similarité phonologique. Certains sujets perçoivent la structure sémantique de la liste dès le début et, par conséquent, commencent aussi dès les premiers items à organiser sémantiquement l'information. Pourtant, il est également possible d'essayer initialement la stratégie sérielle, puis de la remplacer dans un deuxième temps par la stratégie sémantique une fois celle-ci découverte. En résumé, il faut toujours vérifier si l'enfant utilise ou non une de ces stratégies et, si c'est le cas, vérifier s'il y a recours de manière systématique ou non, tout au long des différents essais d'apprentissage ainsi que, par la suite, lors des tentatives de rappel libre.
5. *La sensibilité à l'interférence.* Le système d'apprentissage de chaque individu est plus ou moins susceptible d'être affecté par des phénomènes d'interférence. Pour mettre en évidence de tels phénomènes, la majorité des tests d'apprentissage de listes de mots comportent une seconde liste appelée liste « B », différenciée de la première liste nommée liste « A ». On parle d'interférence *proactive* lorsque l'information qui commence à être apprise empêche, ou gêne tout du moins, l'entrée d'une information nouvelle en MLT – on dit alors que la liste « A » interfère avec la liste « B ». À l'inverse, l'interférence *rétroactive* se produit lorsque l'information nouvelle interrompt le processus de consolidation de l'information précédemment acquise, ce qui entraîne la perte, au moins partielle, de cette dernière – interférence de la liste « B » avec la liste « A ». L'interférence

- proactive diminue avec l'âge, entre 4 et 13 ans, en étroite relation avec l'augmentation de la vitesse de traitement (Kail, 2002).
6. *La rétention de l'information à court et à long terme.* En comparant le rendement de l'enfant lors d'épreuves de rappel libre à court et à long terme, nous pouvons déduire jusqu'à quel point le temps qui passe dégrade l'information apprise. Le pourcentage de perte lié au nombre de mots retenus lors du dernier essai, et non lié au total de mots du test, varie entre 5 et 19 %. Le temps qui passe peut engendrer une perte de l'information par effacement mais favoriser également une consolidation de celle-ci. La perte affecte préférentiellement l'information qui a été seulement enregistrée de manière superficielle. La consolidation est observable pour une information qui a été enregistrée plus profondément. Il semble que le recours à des stratégies de regroupement sémantique n'influe pas principalement sur le rappel immédiat, mais favorise en revanche le rappel différé (Vicari, Pasqualetti, Martota et Carlesimo, 1999).
 7. *Le rappel libre et le rappel avec des indices sémantiques.* Cette comparaison permet de comprendre si les déficits d'un enfant affectent surtout les processus de stockage ou plutôt les processus impliqués dans la récupération de l'information. Ainsi, lorsque le rendement est homogènement bas dans les épreuves de rappel libre et dans les épreuves de rappel avec des indices sémantiques, on peut penser que les processus d'apprentissage, c'est-à-dire de formation de trace mnésique, sont impliqués. En revanche, lorsque le rappel avec des indices sémantiques est supérieur au rappel libre, on peut supposer que le problème réside du côté des processus de récupération, c'est-à-dire dans la production d'indices de récupération.
 8. *Les intrusions et les faux positifs.* Le rappel ou la reconnaissance d'une liste de mots n'implique pas nécessairement l'apprentissage de ces mots en eux-mêmes. Il s'agit plutôt d'apprendre à discriminer parmi d'autres mots, supposés déjà stockés en MLT, cet ensemble précis de mots comme défini et distinct du reste des mots mémorisés. La présence d'intrusions laisse supposer une difficulté pour mener à bien cette discrimination. Afin de déterminer la nature de cette difficulté, il convient d'analyser séparément :
 - a) les intrusions observables lors d'épreuves de rappel libre (immédiat, à court et à long terme) ;
 - b) les intrusions lors d'épreuves de rappel avec indice sémantique (à court et à long terme) ;
 - c) les faux positifs observables lors de l'épreuve de reconnaissance.
 9. *Les persévérations.* Lors de l'apprentissage d'une liste de mots, il faut distinguer deux types de persévération. Le premier se produit lorsque l'individu n'exerce pas suffisamment de contrôle sur les mots qu'il est en train de prononcer. Pour cette raison, à partir d'un certain temps, il ne se souvient pas de ceux qu'il a déjà énoncés. Ce type de persévération est normal dans les listes longues, comme en fin de liste chez les personnes plus âgées. Ces persévérations sont fréquemment accompagnées

de commentaires – « Je ne sais pas si je l'ai déjà dit » – et traduisent une défaillance du système régulateur (administrateur central). L'autre type de persévération peut apparaître dès le début de l'épreuve de rappel. Une réponse préalable revient de manière inadéquate et répétitive (persévérations récurrentes), en interférant ainsi avec la production de mots corrects. Le fonctionnement de l'administrateur central peut ainsi être clairement étudié en tenant compte :

- a) de la bonne ou mauvaise aptitude à conserver l'usage d'une stratégie d'apprentissage ;
- b) de la présence ou non de persévérations (qui indiquent une défaillance du contrôle mental sur les mots qui ont déjà été énoncés) ;
- c) de la présence importante, ou rare, d'intrusions et de faux positifs.

3.2.4. Les épreuves de reconnaissance

En général, le rendement des enfants lors d'épreuves de reconnaissance tend à être supérieur à leur rendement lors d'épreuves de rappel libre et de rappel avec des indices sémantiques. Cela peut être interprété ainsi : la quantité d'informations stockées est supérieure à la quantité d'informations que l'enfant est capable de récupérer. En d'autres termes, ses processus d'apprentissage sont davantage préservés que ses processus de récupération.

3.2.5. Les épreuves d'apprentissage visuel

Elles correspondent aux épreuves d'évaluation de l'apprentissage verbal, mais dans ce cas, on utilise des dessins à la place des mots. Ainsi disposons-nous de paires associées de dessins, en général abstraits, et de séries de dessins, abstraits également. Comme exemples typiques, on peut évoquer les subtests d'apprentissage visuel de la Batterie d'Efficiences Mnésiques (BEM 144) (Signoret, 1991 ; Jambaqué, 1991 ; González Torres, 1988) dans lesquels la tâche consiste à mémoriser une série de 12 petites figures au cours de 3 essais. En ce qui concerne les paires associées, il s'agit de mémoriser 5 paires de figures en 3 essais également. Il existe un subtest du même type dans le *Test de Memoria y Aprendizaje TOMAL* (Reynolds et Bigler, 2001).

Il est intéressant de comparer les résultats obtenus à ces épreuves (visuelles) avec des données issues d'épreuves similaires, mais dans lesquelles le matériel présenté est une série de dessins qu'il est possible de nommer (afférence orale). Néanmoins, la présentation visuelle de dessins pouvant être nommés ne renseigne en rien sur les stratégies mises en jeu, qui peuvent être de nature verbale – et elles le sont fréquemment.

La modalité de réponse, orale ou graphique, est un autre aspect dont il faut tenir compte. Si la modalité de présentation diffère de la modalité de restitution, une tâche supplémentaire est introduite, dite de transcodage.

Enfin, il est important de déterminer si le trouble mnésique prédomine nettement sur les voies d'entrée auditivo-verbales – dans un tel cas, la mémoire visuelle sera privilégiée, à titre palliatif, pour une rééducation comme

pour l'enseignement scolaire –, ou si le trouble est plus global, auditivo-verbal et visuel, indépendant de la modalité d'entrée des informations.

3.3. La métamémoire

Différentes méthodes ont été employées pour étudier ce que l'enfant connaît sur sa propre mémoire. Toutes présentent des inconvénients et peuvent faire l'objet de critiques. En réalité, l'examen de la métamémoire chez les enfants reste difficile et ambitieux car il exige des expériences complexes impliquant diverses situations et conditions pour pouvoir contrôler, au moins en partie, les multiples facteurs potentiels susceptibles d'affecter les résultats.

Les *questionnaires* font partie des techniques utilisables. Très souvent employés auprès des adolescents et des adultes, ils le sont aussi pour les enfants dès l'âge préscolaire. La majorité des questions impliquent de prendre une décision entre deux solutions possibles : il est, par exemple, demandé à l'enfant s'il est préférable de noter un numéro de téléphone immédiatement après l'avoir entendu ou bien après avoir réalisé une autre activité, ou encore quelles stratégies de récupération il pourrait utiliser pour se souvenir de l'endroit exact où est restée la veste qu'il a oubliée à la garderie.

Ce type de questionnaire présente des limites, notamment dans le fait que les habiletés verbales des plus jeunes enfants sont souvent insuffisantes pour exprimer pleinement leurs idées. En situation réelle, ils utiliseraient probablement plus de stratégies qu'ils ne le disent. Ce biais peut aussi se rencontrer dans le cas d'enfants plus âgés. Pour contourner cet inconvénient, on a utilisé des méthodes non verbales, comme celle des *paires d'images*. On présente au participant deux images : la première représente un enfant qui essaye d'apprendre une liste de 5 mots ; sur la seconde figure un autre enfant avec une liste de 15 mots. Des questions sont posées par la suite, à propos de différentes caractéristiques : quantité, âge, temps (par exemple, « lequel des deux enfants passera plus de temps à étudier ? »).

3.3.1.1. Les tâches de prédiction de performance

On présente des listes de matériel à retenir : figures, mots, images, etc. Par la suite, on demande au participant s'il se pense capable de retenir la liste en entier ou partiellement, le nombre d'items qu'il parviendra à mémoriser, le temps qui lui sera nécessaire, etc. Il est aussi possible de demander à l'enfant d'apprendre une liste et de dire quand il sera prêt à la réciter. Les enfants de 5 et 6 ans ont tendance à se montrer très optimistes. Ils obtiennent généralement un rendement de bas niveau au test de vérification, après avoir affirmé avec certitude qu'ils avaient parfaitement appris la liste.

3.3.1.2. Les tâches de sensation de connaissance (*feeling of knowing*)

On présente des planches à l'enfant pour qu'il dénombre les objets qui y figurent. Lorsqu'il n'est pas capable de le faire, on lui demande s'il se pense

capable de reconnaître le nombre d'objets correspondant si l'examineur le lui indique.

D'autres moyens existent : par exemple, si l'enfant a une information « sur le bout de la langue », on l'invite à verbaliser toutes ses pensées alors qu'il exécute une tâche, ou encore on lui demande d'évaluer sa propre conduite immédiatement après avoir terminé ladite tâche (Schneider et Pressley, 1997).

4. Quand peut-on poser l'hypothèse d'un trouble mnésique ?

4.1. Les cas particuliers qui nécessitent un examen spécifique de la mémoire

Il existe certains indices qui peuvent attirer l'attention, et dont les manifestations suggèrent l'importance d'une investigation plus approfondie que ce qui était prévu initialement (Mazeau, 2003).

4.1.1. Les indices dont il faut tenir compte en fonction de la pathologie initiale

Plusieurs pathologies cérébrales s'accompagnent fréquemment de déficits mnésiques spécifiques (voir chapitre 4). Ces derniers doivent être systématiquement recherchés et évalués, notamment lorsqu'on repère des antécédents de traumatismes crâniens importants accompagnés de perte de connaissance ou de coma, d'encéphalites (surtout d'étiologie herpétique), d'épilepsies, de dommages cérébraux acquis à une époque précoce (asphyxie périnatale, épisode de faible débit circulatoire dans les premières années de vie, etc.), avec ou sans séquelles motrices. Les enfants prématurés représentent généralement aussi une catégorie à risque important pour les troubles de la mémoire (Briscoe, Gathercole et Marlow, 2001), de même que les enfants atteints de certaines malformations cérébrales. Dans un échantillon constitué de 100 enfants âgés de 3 à 16 ans dont les lésions cérébrales nécessitent un suivi dans des centres de soins spécialisés, Mazeau (1999) a estimé qu'environ 10 à 12 % d'entre eux présentent des troubles qui se répercutent essentiellement sur la MLT. Les troubles s'accompagnent de difficultés d'assimilation et d'apprentissage de données courantes et engendrent de sévères répercussions scolaires qui sont généralement méconnues, sous-estimées ou niées. Cette méconnaissance est particulièrement liée à la mémorisation automatique. « Il n'y a pas de quoi s'inquiéter, quand quelque chose l'intéresse, sa mémoire fonctionne très bien », répète souvent l'entourage. Et, en effet, cette remarque se vérifie dans de nombreux cas. Néanmoins, il faut éviter de considérer que ces échecs sont volontaires et que le désintérêt pour les études, parfois renforcé par des difficultés scolaires massives, est totalement délibéré. D'autant que ces enfants sont souvent, au moins au début, sensibles à la réussite en classe et fournissent des efforts d'apprentissage considérables, mais peu rentables.

Ce manque d'entrain peut être la conséquence, et non la cause, d'une série de déconvenues scolaires persistantes.

Dans des cas d'hydrocéphalie (malformation ou tableau de méningite) avec ou sans dérivation ventriculaire, le déficit mnésique est tellement fréquent qu'il conviendrait de le rechercher de manière systématique. Il s'accompagne fréquemment de troubles des fonctions visuo-spatiales. Chez les enfants présentant une paralysie cérébrale sans troubles visuo-spatiaux et/ou linguistiques, on supposera un déficit mnésique si, malgré une organisation spatiale satisfaisante, on observe une baisse scolaire inexplicée et/ou des difficultés de structuration temporelle après l'âge de 6 ans.

En l'absence de pathologie neurologique organique, il convient d'évaluer systématiquement les capacités de mémoire verbale des enfants dyspraxiques ou dysgnosiques : en effet, les fonctions mnésiques peuvent être utilisées comme supports pour surmonter les difficultés dans le cadre d'une rééducation. Les troubles seront donc doublement dommageables.

4.1.2. Les indices dont il faut tenir compte en fonction des symptômes

Le symptôme qui motive la consultation peut être un retard scolaire global et inexplicé alors que l'enfant est au cours moyen, ne présente pas de problème antérieur lors du cursus de la maternelle et lors des premières années de l'école primaire, avec un bon niveau d'acquisition de la lecture et de l'écriture.

L'accès à la langue écrite implique, à ses débuts, des compétences en MT. Par la suite, ce savoir devient automatique et relève de la mémoire procédurale^[2]. En revanche, les connaissances générales (histoire, géographie, sciences), largement diffusées au cours du second cycle de l'école primaire, nécessitent de bonnes aptitudes de mémorisation volontaire (MLT déclarative).

4.1.3. L'importance des écarts

Certains écarts dans les résultats de différents tests peuvent aussi suggérer des troubles mnésiques spécifiques.

À cet égard, il convient de se montrer vigilant lorsque les résultats du WISC montrent un bas niveau dans les sphères verbales, en particulier aux subtests *Information* et *Vocabulaire*, et surtout lorsque le motif de consultation mentionne des difficultés de rendement scolaire alors que, par ailleurs, l'enfant ne présente pas de problème spécifique de langage oral, que son niveau de conceptualisation (subtest *Similitudes*) est satisfaisant et qu'il ne présente pas de trouble apparent du comportement ou de la personnalité, ni de carence du milieu socioculturel.

Ainsi, les écarts les plus courants aux tests d'efficience globale opposent-ils les résultats des épreuves *Information*, *Vocabulaire*, *Arithmétique*, *Séquence lettres-chiffres* (bas niveau), à ceux obtenus aux épreuves *Similitudes*, *Compréhension*, *Cubes*, etc. (résultats satisfaisants). Aux tests de langage oral, on observe un bagage lexical réduit, mais sans difficultés aux subtests de phonologie, de syntaxe et de pragmatique. En lecture et en écriture, on remarque des difficultés de compréhension de texte et

d'application des règles orthographiques dites « irrégulières », qui contrastent avec une transcription phonétique normale (mots « réguliers ») et une lecture automatique de phrases ou de textes courts qui est satisfaisante. En mathématiques, on observe une différence marquée entre, d'une part, les activités qui requièrent l'application de « faits numériques », qui sont très déficitaires, et, d'autre part, une aisance dans le domaine de la logique des opérations (tableau 5.3).

TABLEAU 5.3. QUELQUES ÉCARTS QUI PEUVENT LAISSER SUPPOSER UN TROUBLE MNÉSIQUE

Domaines évalués	Rendement déficitaire	Rendement normal
Intelligence générale WISC-IV – WPPSI-III	Information – Vocabulaire – Arithmétique – Séquence lettres-chiffres Code : lenteur, retour au modèle	Similitudes – Compréhension Cubes
Langage oral	Vocabulaire	Phonologie Syntaxe Pragmatique
Langage écrit	Compréhension de textes Orthographe de mots « irréguliers »	Lecture automatique de phrases ou de textes courts Orthographe de mots « réguliers »
Mathématiques	Faits numériques	Géométrie Logique – signification des opérations

WISC-IV, Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents – 4^e édition ;
WPPSI-III, Échelle d'intelligence de Wechsler pour la période préscolaire et primaire –
3^e édition.

5. Schéma général pour l'abord diagnostique de la mémoire chez l'enfant

5.1. Les éléments de base

Avant de procéder à l'examen de la mémoire de l'enfant, nous devons tenir compte de certaines informations de base indispensables pour une interprétation valide des symptômes mnésiques. Nous nous référons ici aux notions d'âge mental et de niveau de connaissances scolaires.

Quel que soit le secteur de mémoire considéré, le rendement mnésique évolue d'une part en fonction de l'âge, et d'autre part en fonction du niveau de raisonnement et de conceptualisation (développement cognitif). Pour l'enfant qui ne présente pas de difficultés, ces deux éléments évoluent en parallèle. En revanche, on peut repérer des divergences dans les cas pathologiques.

L'âge mental (AM), le quotient intellectuel (QI), l'indice de fonctionnement cognitif (IFC) et l'indice d'efficacité cognitive (IEC) sont obtenus par le biais de tests d'intelligence générale comme le WISC-IV, le K-ABC-II ou encore la NEMI-2. Ce sont des épreuves larges, qui sollicitent de nombreuses fonctions cognitives pour l'examen desquelles les tests dits de « facteur g » (comme les Matrices de Raven ou les Dominos) ne suffisent pas. Par conséquent, étant donné l'étroite corrélation entre le développement mental et la mémoire, *on ne pourra parler de trouble, de pathologie ou de déficit mnésiques que si l'on observe une différence d'au moins deux écarts-types entre le rendement mnésique et l'âge mental*. Un niveau mnésique bas, qui correspondrait au niveau mental évalué, ne permettrait pas de parler de trouble mnésique spécifique. Dans ce cas, il s'agirait plutôt du reflet d'une déficience intellectuelle globale.

En ce qui concerne les réussites académiques, il faut noter que de nombreux tests permettant d'évaluer la mémoire impliquent des connaissances véhiculées par le milieu scolaire. Le niveau scolaire peut donc constituer un repère plus pertinent que l'âge chronologique ou que l'âge mental pour déterminer si la discordance mise en évidence relève d'un véritable trouble mnésique. Il est fréquent de demander un examen de la mémoire chez les enfants présentant des retards scolaires importants. Il n'est pas rare non plus que des patients neurologiques (épilepsies difficilement contrôlables, tableaux d'infirmité motrice cérébrale, etc.) issus de milieux socioculturels défavorisés ne soient pas scolarisés. De la même manière, le niveau de scolarisation de l'enfant ne garantit en rien qu'il dispose des connaissances requises et, par conséquent, il peut s'avérer utile de procéder à une analyse critique et détaillée des cahiers scolaires et de corroborer cette démarche avec des épreuves pédagogiques objectives.

5.2. Les examens complémentaires

Selon les cas, il peut être nécessaire de réaliser un examen approfondi de certaines fonctions qui sont parfois étroitement liées à la mémoire.

5.2.1.1. Les fonctions attentionnelles et exécutives

L'analyse des relations entre attention et mémoire s'avère incontournable. Dans certains cas, des confusions peuvent se produire : des difficultés attentionnelles peuvent être diagnostiquées alors qu'il s'agit de difficultés mnésiques et vice-versa. Les fonctions exécutives jouent un rôle capital, notamment parce que l'efficacité mnésique est liée à la mise en œuvre adéquate de stratégies de contrôle exécutif (stratégies de stockage et de récupération).

La réussite complète ou relative lors d'épreuves de MCT, accompagnée de difficultés en MT, témoigne de bonnes capacités attentionnelles mais suppose un déficit des fonctions exécutives. L'échec dans ces deux types d'épreuves amène à se demander s'il s'agit de problèmes dans le domaine de l'attention ou de la MT. Dans ce cas, il est utile de repérer des

différences qui seraient liées au type de matériel impliqué, auditivo-verbal ou visuo-spatial.

5.2.1.2. Les fonctions visuo-spatiales et temporelles

L'examen de la mémoire visuelle et visuo-spatiale implique nécessairement d'analyser ses liens avec les capacités de traitement perceptif afin d'évaluer son influence sur les résultats des tests. Or, un test aussi utilisé que celui de la Figure Complexe de Rey ne peut être proposé à des enfants présentant des troubles visuo-spatiaux, des difficultés graphomotrices, ou bien des éléments évoquant une dyspraxie. La présence d'une désorientation temporelle sans désorientation spatiale associée représente une valeur diagnostique certaine et doit être considérée comme un indice conduisant à pratiquer un examen systématique des fonctions mnésiques.

5.2.1.3. Les fonctions linguistiques

Les différentes mémoires infiltrent les conduites linguistiques et participent à leur développement. Si les pathologies d'ordre linguistique influencent le rendement aux épreuves de mémoire auditivo-verbale, les troubles spécifiques atteignant tel ou tel secteur mnésique peuvent en revanche se répercuter sur les capacités linguistiques. Il faut donc tenter de mettre en évidence les liens entre les différents troubles afin de déterminer s'ils résultent de la combinaison de diverses pathologies qui relèvent d'une même altération fonctionnelle, de corrélations fortuites ou, au contraire, de conséquences réciproques. En résumé, on peut repérer :

- a) une coexistence aléatoire de troubles ;
- b) des expressions indépendantes d'une même cause (retard mental, épilepsie, etc.) ;
- c) une relation de causalité (difficultés en mémoire verbale comme conséquence de troubles du langage).

La vitesse de traitement et les conduites socio-émotionnelles

Ce sont deux autres aspects très importants dont il faut tenir compte. Il est également nécessaire de savoir si l'enfant prend des médicaments qui peuvent engendrer une lenteur dans les réponses produites ou se répercuter sur ses conduites d'adaptation.

5.3. L'examen proprement dit

Nous l'envisageons selon la combinaison de différents points de vue : *clinique, psychométrique et expérimental.*

5.3.1.1. L'examen clinique

Il comprend l'observation des conduites spontanées et l'étude de l'entretien avec l'enfant et ses parents.

5.3.1.2. L'examen psychométrique

Il implique la mise en œuvre de techniques standardisées : tests et questionnaires mnésiques spécifiques.

5.3.1.3. L'examen expérimental

Il suppose l'application de tâches spécifiques conçues afin de corroborer ou d'invalider des hypothèses déterminées émergeant au cours de l'examen et qui n'ont pu être éclaircies ni par la seule observation clinique ni par le biais d'épreuves standardisées. La présence de dissociations ou de contradictions apparentes dans les résultats de certains subtests d'épreuves formelles implique de concevoir des situations expérimentales destinées à élucider le problème, et dont la valeur diagnostique serait indiscutable (tableau 5.4).

TABLEAU 5.4. SCHÉMA GÉNÉRAL POUR L'EXAMEN DE LA MÉMOIRE DE L'ENFANT

Données de base	Âge mental (test général d'intelligence) Niveau scolaire (corroboré par des épreuves pédagogiques objectives)
Examens complémentaires (selon le cas)	Fonctions attentionnelles et exécutives Fonctions visuo-spatiales et temporelles Fonctions linguistiques Vitesse de traitement Conduites socio-émotionnelles
Examen de la mémoire proprement dit	Combinaison des points de vue : clinique, psychométrique, expérimental

6. Le rôle des tests dans le processus d'évaluation

Les tests présentent des avantages indéniables, notamment parce qu'ils permettent une estimation plus objective, quantitative, solidement structurée, sensible à l'identification des progrès et des déficits. Cependant, il est toujours important de rappeler que l'évaluation de la mémoire est un processus plus qualitatif que quantitatif et qu'elle ne se limite pas à l'utilisation de tests neuropsychologiques.

En ce qui concerne le choix des tests mnésiques dans la pratique clinique, nous pouvons envisager trois points de vue principaux pour aborder la question, et non exclusifs (Soprano, 2003) : il est possible d'avoir recours à des tests spécifiques et à des subtests inclus dans des batteries n'impliquant pas seulement la mémoire.

1. *Les batteries mnésiques.* Il faut tenir compte de leurs avantages comme de leurs limites. Leurs avantages résident dans le grand nombre de processus et/ou de composantes mnésiques qu'elles sollicitent. De plus, elles permettent une comparaison valide entre les différents subtests, parce qu'elles sont étalonnées à partir d'un même échantillon de population. Leurs limites résident dans le temps d'application requis, mais aussi dans le fait qu'elles ne permettent jamais d'explorer tous les domaines de la mémoire. De plus, dans certains cas, il arrive que les tests mnésiques n'évaluent pas certains aspects importants qui seraient pourtant nécessaires à la compréhension des difficultés mnésiques du consultant, alors que, par ailleurs, ils engagent la passation de subtests pouvant être

inutiles pour cet enfant particulier. Pour surmonter ce problème, il est possible d'avoir recours à une batterie fixe et rapide, comme la NEMI-2, et de compléter les résultats par la suite avec des tests spécifiques adaptés aux difficultés caractéristiques du participant.

2. *Les tests spécifiques.* Ces outils ont pour but d'explorer un type de mémoire précis, comme par exemple le test des 15 mots de Rey pour la mémoire verbale (Rey, 1962) ou le test de copie de la Figure Complexe du même auteur (Rey, 1960), pour la mémoire visuelle (tableaux 5.5 et 5.6).
3. *Les subtests de mémoire* inclus dans d'autres tests. Ils se rencontrent :
 - a) en tant que part entière de certaines échelles d'intelligence et de développement. Citons par exemple les subtests qui composent l'Indice de Mémoire de Travail du WISC-IV (Wechsler, 2005), les subtests de mémoire immédiate, de mémoire spatiale et d'apprentissage du K-ABC-II (Kaufman et Kaufman, 2008) ou encore l'indice de mémoire de l'Échelle de McCarthy (McCarthy, 2006) ;
 - b) dans des tests spécifiques destinés à évaluer d'autres domaines cognitifs distincts de la mémoire. C'est le cas de tests verbaux comme, par exemple, l'item de *Mémoire des phrases* de la batterie de Spreen-Benton (Mendilaharsu, 1981). Pour des tests perceptifs, citons les items de *Mémoire visuelle immédiate* dans le test de perception visuelle non motrice (TPVNM) de Colarusso-Hammill (1980).

7. Description des principales épreuves de mémoire pour enfants et adolescents

Les outils psychométriques dont disposent les psychologues varient en fonction des pays et des spécificités culturelles qui y sont liées, parfois de manière importante. Ces différences ont impliqué, pour l'exposé qui suit,

TABLEAU 5.5. BATTERIES MNÉSIQUES POUR ENFANTS ET ADOLESCENTS (DISPONIBLES EN FRANCE)

Nom du test	Âges concernés	Référence
Batterie d'Efficiences Mnésiques (BEM 144)	6 ans–adultes	Jambaqué, Dellatolas, Dulac et Signoret, 1991
<i>Children's Memory Scale</i> (CMS)	5–16 ans	Cohen, 2001
<i>Rivermead Behavioural Memory Test</i> pour enfants (RBMT-E)	5–10 ans	Wilson, Cockburn et Baddeley, 2005
NEPSY	3–12 ans	Korkman, Kirk et Kemp, 2003
Échelle clinique de mémoire de Wechsler (MEM-III)	16 ans–adultes	Wechsler, 2001
Test de rétention visuelle de Benton (TRVB)	8 ans–adultes	Benton, 1982
Test de copie de la Figure Complexe (FCR)	4 ans–adultes	Rey, 1960
Test d'apprentissage verbal de Rey (TAVR)	6 ans–adultes	Spreen et Strauss, 1998

TABLEAU 5.6. BATTERIES MNÉSQUES POUR ENFANTS ET ADOLESCENTS (VERSIONS ESPAGNOLES ET ANGLO-SAXONNES)

Nom du test	Âges concernés	Référence
<i>Children's Auditory Verbal Learning Test-2 (CAVLT-2)</i>	6-17 ans	Talley, 1996
<i>Rey Visual Design Learning Test (RVDLT)</i>	9-15 ans	Spreen et Strauss, 1998
<i>Sentence Repetition Test (SRT)</i>	3-13 ans	Carmichael et MacDonald, 1984
<i>California Verbal Learning Test-Children's Version (CVLT-C)</i>	5-16 ans	Delis, Kramer, Kaplan et Ober, 1994
<i>Continuous Recognition Memory Test (CRMT)</i>	6-18 ans	Hannay et Levin, 1996
<i>Continuous Visual Memory Test (CVMT)</i>	7-15 ans	Ullman, McKee, Campbell et al., 1997
<i>Denman Neuropsychology Memory Scale (DNMS)</i>	10 ans-adultes	Denman, 1987
<i>Hufty Attention Memory Test (HAM test)</i>	6-12 ans	Hufty, 2004
<i>Test de Memoria Auditiva Inmediata (MAI)</i>	7-13 ans	Cordero, 1978
<i>Test de Memoria Verbal Ciclo Inicial (MEVECI) y de Memoria Visual Ciclo Inicial (MEVICI)</i>	6-9 ans	Peralta et Narbona, 1994
<i>Test de Memoria de Yuste (MY)</i>	7-18 ans	Yuste, 1989
<i>Test de Aprendizaje Verbal España-Complutense, Infantil (TAVECI)</i>	3-16 ans	Benedet, Alejandre et Pamos, 2000
<i>Test de Memoria y Aprendizaje (TOMAL)</i>	5-19 ans	Reynolds et Bigler, 1994
<i>Visual Aural Digit Span Test (VADS)</i>	6-12 ans	Koppitz, 1979
<i>Verbal Selective Reminding Test (VSRT)</i>	5-16 ans	Buschke, 1973
<i>Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)</i>	5-15 ans	Pickering et Gathercole, 2001
<i>Wide Range Assessment of Memory and Learning - 2nd edition (WRAML-II)</i>	5 ans-adultes	Adams et Sheslow, 2003

un travail d'adaptation aux connaissances et techniques francophones en matière d'examen de la mémoire. Les outils disponibles en France⁴ sont décrits en priorité. Ils sont signalés dans le texte par un astérisque, ce qui

4. La majorité des outils francophones présentés sont édités par les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée (ECPA, 25, rue de la Plaine, 75020 Paris). Le cas échéant, l'éditeur sera précisé.

permet de les différencier des tests spécifiquement anglo-saxons (Royaume-Uni et États-Unis) et espagnols.

7.1. La Batterie d'Efficiences Mnésiques* (BEM 144)

Premier outil d'évaluation de la mémoire épisodique pour enfant d'âge scolaire, cette batterie d'origine française (Jambaqué, Dellatolas, Dulac et Signoret, 1991) est particulièrement sensible aux difficultés mnésiques dans le contexte de l'épilepsie. Sa bonne sensibilité génétique a été confirmée à partir d'un groupe de 60 enfants épileptiques. Elle a d'ailleurs fait l'objet d'une version espagnole (González Torres, 1988) et d'une adaptation sous une forme abrégée de 84 items (BEM 84).

Applicable dès 6 ans, la BEM a pour objectif d'apprécier le fonctionnement mnésique global : elle évalue les processus d'acquisition d'informations nouvelles, la fixation après un intervalle de temps et les capacités d'apprentissage mnésique et associatif, tant en ce qui concerne les informations verbales que visuelles. En effet, la moitié des 12 épreuves est de nature purement verbale et l'autre moitié sollicite la sphère visuelle.

- Les subtests verbaux comportent des tâches de rappel immédiat et différé d'une histoire, d'une liste de mots, de reconnaissance différée de phrases, d'apprentissage associatif de paires de mots.
- Les subtests visuels (non figuratifs) se répartissent ainsi : rappel immédiat puis différé d'une figure géométrique complexe (toutefois moins complexe que la Figure de Rey, elle pénalise donc moins les enfants dyspraxiques), rappel d'une série de dessins abstraits, apprentissage associatif de paires de dessins.

L'analyse des résultats permet d'obtenir différents indices dont la comparaison renforce les qualités cliniques de l'épreuve. Ce sont les indices d'acquisition (A), de rétention (R), de capacité d'apprentissage (CA), d'apprentissage mnésique (AM), d'apprentissage associatif (AA) et d'efficacité mnésique (EM) verbale, visuelle et totale. Cette batterie permet, de plus, de calculer le pourcentage d'« oubli » en utilisant une formule spécifique.

7.2. *Children's Memory Scale** (CMS)

La *Children's Memory Scale* (CMS ; Cohen, 2001) correspond en quelque sorte à l'extension de l'échelle de mémoire de Wechsler pour adultes (MEM-III) avec laquelle elle partage certains subtests. Par conséquent, la CMS a été critiquée pour ne pas avoir suffisamment pris en compte les différences existant entre les difficultés cognitives et mnésiques de l'adulte et de l'enfant.

La CMS est composée de 9 subtests qui évaluent quatre domaines principaux : la mémoire auditive/verbale, la mémoire visuelle/non verbale, les capacités d'apprentissage et l'attention/concentration. Chaque domaine est exploré par le biais de deux subtests principaux et d'un subtest optionnel. Plusieurs subtests peuvent être complétés par une épreuve de rappel différé,

dont l'application a lieu 25 à 35 min après la présentation initiale, ce qui permet de mesurer l'étendue de l'oubli.

1. L'échelle de mémoire auditive/verbale comprend 3 subtests :
 - a) le subtest *Histoires* sollicite la capacité à reproduire des informations verbales significatives. Deux récits sont successivement proposés à l'enfant. Il lui est demandé d'en faire un rappel immédiat puis différé, avec la possibilité de récupérer des informations par des indices sous formes de questions ;
 - b) le subtest *Mots couplés* mesure, au cours de trois essais, l'apprentissage d'une liste de mots appariés. Cette épreuve d'apprentissage associatif permet de confronter les capacités de rappel et celles de reconnaissance après le délai prévu ;
 - c) le subtest optionnel *Liste de mots* évalue la capacité de mémorisation d'une liste de mots sans liens entre eux, après présentation d'une liste distractive. Il comporte donc un rappel libre différé et une épreuve de reconnaissance.
2. L'échelle de mémoire visuelle/non verbale comporte 3 épreuves :
 - a) le subtest *Localisation de points* mesure, au cours de 3 essais d'apprentissage, la capacité de mémorisation spatiale de points figurant sur une grille ;
 - b) le subtest *Reconnaissance de visages* permet d'apprécier la mémorisation immédiate et différée de visages d'enfants non familiers ;
 - c) le subtest *Scène de famille* présente quatre scènes et actions différentes. Il est demandé à l'enfant de se souvenir, en rappel immédiat et différé, de l'identité, des positions et des actions propres aux différents personnages. Cette épreuve comporte une dimension projective évidente.
3. L'échelle attention/concentration permet d'apprécier les capacités de la MT en mobilisant ses différentes composantes au cours de 3 subtests :
 - a) l'épreuve *Mémoire des chiffres*, à l'endroit et à rebours, est une tâche classique de répétition de chiffres. Elle mobilise donc l'empan mnésique à court terme, la boucle phonologique et l'administrateur central ;
 - b) le subtest *Séquence* permet d'apprécier les capacités de manipulation mentale de séquences auditivo-verbales (par exemple, compter de 4 en 4, réciter les jours de la semaine à l'envers). La charge cognitive est plus importante que lors de l'épreuve précédente et l'administrateur central est particulièrement sollicité pour la distribution des processus attentionnels et de traitement ;
 - c) le subtest *Localisation d'images* consiste à repérer différents objets dans une grille. Il permet donc de mobiliser le calepin visuo-spatial en faisant appel à la mémoire visuelle à court terme.
4. Les apprentissages sont évalués au moyen de 2 épreuves : *Localisation de points* et *Mémoire des chiffres*.

La CMS implique un temps d'administration allant de 40 à 60 min. L'étalement français est composé de 534 enfants (50 enfants par groupe d'âge) âgés de 5 ans à 16 ans. Les études de validité portent sur des enfants

exempts de troubles, mais aussi sur des populations cliniques (enfants souffrant d'épilepsie temporale, de traumatisme crânien, de tumeurs cérébrales, de troubles des apprentissages, de troubles neurologiques, de difficultés attentionnelles et langagières). La CMS permet donc de repérer différents troubles mnésiques d'origine neurologique ou développementale, susceptibles d'expliquer les difficultés d'apprentissage de l'enfant ainsi que les stratégies qu'il utilise. Tous ces éléments facilitent la conception de méthodes de remédiation en tenant compte des points forts et des stratégies de compensation du sujet. Autre avantage de cet outil standardisé, il permet de comparer le quotient mémoire obtenu et le quotient intellectuel de l'enfant.

7.3. Le *Rivermead Behavioural Memory Test* pour enfants* (RBMT-E)

Il s'agit de la version pour enfants du *Rivermead Behavioural Memory Test* (RBMT) destiné aux adultes âgés de 16 à 89 ans (Wilson, Cockburn et Baddeley, 1985). Les normes du RBMT-E (Wilson, Cockburn et Baddeley, 2005) se répartissent en 6 catégories d'âge, qui vont de 5 ans à 10 ans. Il existe également une adaptation pour les adolescents (11-14 ans ; Wilson, Cockburn et Baddeley, 2000). De plus, la batterie RBMT-E a été validée auprès d'enfants épileptiques (Wilson, Ivani-Chalian, Besag et Bryant, 1993). La version originale de ce test est en anglais.

Cette batterie est composée d'un ensemble d'items variés destinés à évaluer les difficultés mnésiques quotidiennes de l'enfant (en incluant notamment la mémoire prospective). Elle comprend deux versions parallèles pouvant être utilisées en test-retest. Les 11 subtests qui la composent permettent un rappel immédiat ou différé, et font appel à des situations de la vie quotidienne. La batterie RBMT-E propose :

- des questions relatives à l'orientation (sémantiques personnelles, spatio-temporelles, connaissances générales) ;
- des tâches de reconnaissance visuelle différée portant sur 10 objets et 5 visages familiers (type oui/non) ;
- le rappel d'une histoire, immédiat et différé, ce qui permet de confronter les capacités de rappel libre et de rappel indicé à partir de questions conçues comme des aides pour la récupération ;
- le rappel d'un objet caché en début d'examen. En fin de passation, l'enfant doit s'en souvenir et le retrouver ;
- le souvenir d'un rendez-vous : un minuteur est programmé avec l'enfant et il doit se souvenir d'une question à poser à son interlocuteur au moment où la sonnerie retentit ;
- le rappel différé du nom d'une personne figurant sur une photo et dont le nom a été communiqué à l'enfant au début de l'examen ;
- la mémorisation d'un court trajet dans la pièce de l'examen, avec le souvenir d'un message à déposer à une certaine étape du parcours.

La batterie RBMT-E permet de calculer un score global et de le situer par rapport aux scores obtenus par la population d'étalonnage qui se répartit en

3 catégories principales : normale, limite ou déficiente. Cependant, le manuel d'interprétation est trop succinct pour apporter de plus amples informations cliniques sur ces populations. De plus, selon Baron (2004), cette épreuve présente un autre inconvénient majeur : elle exige un niveau intellectuel élevé, notamment pour les plus jeunes enfants.

7.4. La NEPSY*

La NEPSY (Korkman, Kirk, et Kemp, 2003) est une batterie neuropsychologique pour les enfants âgés de 3 à 12 ans, dont la version originale est en anglais. L'adaptation française concerne les subtests verbaux et se réfère aux normes américaines. En effet, l'échantillon français ne comprend que 325 enfants répartis en 8 groupes d'âge, alors que l'étalonnage américain porte sur 1000 enfants (100 par groupe d'âge).

Cette batterie comporte une partie spécifiquement destinée à l'examen des capacités mnésiques et d'apprentissage. Elle est composée de 5 subtests.

1. *Mémoire narrative*. L'enfant doit reproduire oralement un conte. Cette épreuve est constituée d'un rappel libre et d'un rappel différé.
2. *Répétition de phrases*. Les enfants de moins de 6 ans doivent répéter 4 phrases. Pour les enfants de 7 à 12 ans, les phrases se complexifient et leur nombre augmente jusqu'à un maximum de 17. Il est possible d'avoir recours à une échelle qualitative où on relève les demandes de l'enfant concernant une éventuelle répétition (la fréquence de cette requête est notée).
3. *Mémoire des visages*. Il s'agit d'une épreuve de reconnaissance immédiate et différée de visages non familiers. On présente 16 photographies d'enfants, en noir et blanc. Le participant doit par la suite choisir le visage déjà vu parmi trois possibilités (il y a donc deux distracteurs). Le rappel différé intervient après 30 min.
4. *Mémoire des prénoms*. Le sujet doit apprendre le prénom de 8 enfants au cours de 3 essais (6 si l'enfant a moins de 5 ans). Une partie consacrée au rappel différé intervient après une latence de 30 min.
5. *Apprentissage d'une liste de mots* (épreuve basée sur le principe du Test d'apprentissage auditivo-verbal de Rey). L'enfant doit apprendre une liste de 15 mots non liés au cours de 5 essais. Il doit par la suite apprendre une liste de mots distracteurs avant de procéder à un rappel de la première liste. La tâche d'apprentissage interférente permet d'apprécier le maintien de l'information en mémoire.

Le rappel différé intervient après 30 min. Le score total est calculé différemment des autres tests : le total brut est établi en faisant la somme des mots corrects au cours des 5 essais et du nombre de phrases correctement rappelées en souvenir différé.

7.5. L'échelle clinique de mémoire de Wechsler* (MEM-III)

Cette échelle permet l'évaluation de la mémoire immédiate, de la MT et de la mémoire différée selon deux modalités, auditive et visuelle, au moyen de deux

types de tâches : rappel et reconnaissance. Elle n'est pas destinée aux enfants, seulement aux adolescents et jeunes adultes âgés de 16 ans minimum. La MEM-III (Wechsler, 2001) est composée de 11 épreuves, dont 6 principales (textes, visages, paires de mots, scènes, lettres et chiffres, localisation spatiale) et 5 optionnelles (information et orientation, listes de mots, dessins, contrôle mental et chiffres). Les 6 subtests principaux sont administrés en deux temps séparés par un intervalle de 30 min environ. Il est possible de calculer 8 indices principaux et 4 indices se rapportant aux processus auditifs.

Les normes françaises ont été élaborées à partir d'un échantillon de 450 participants âgés de 16 à 89 ans. La passation est individuelle et varie entre 60 et 90 min.

7.6. Le Test de Rétention Visuelle de Benton* (TRVB)

Le Benton (Benton, 1982) est une épreuve perceptivo-motrice classique, aussi utile en laboratoire qu'en clinique et qui, par le biais des différentes révisions dont elle a fait l'objet, a conservé tout son intérêt depuis plus de 40 ans. Elle sollicite l'organisation visuelle, les aptitudes visuo-constructives ainsi que la mémoire visuelle immédiate et différée.

On présente différentes figures géométriques à l'enfant qu'il doit ensuite reproduire de mémoire. Plusieurs modes de présentation sont possibles. En effet, le test comporte 5 séries de 10 dessins : 3 séries sont des formes dites « avec dessin », et les 2 autres sont dites « à choix multiples », c'est-à-dire qu'elles n'impliquent pas la reproduction de la forme géométrique mais seulement son identification parmi plusieurs choix proposés (séries mieux adaptées pour les enfants présentant des difficultés praxiques ou de motricité fine). Les modalités de présentation de chaque dessin varient, tant en ce qui concerne le temps d'exposition (5–10 s) que le mode de reproduction (copie directe, reproduction immédiate ou différée).

En plus de sa vocation initiale de mesure mnésique, le Benton peut aussi être utile pour explorer la vitesse et la qualité perceptives, ainsi que les processus visuo-moteurs.

Cet outil, applicable de 8 ans à l'âge adulte, permet le calcul d'un indice d'efficacité générale, qui correspond au nombre d'items reproduits correctement, et d'une note d'erreur. Par ailleurs, les différents types d'erreurs observables sont répartis en 6 catégories, ce qui est très utile du point de vue clinique : erreurs de proportions, déplacements, persévérations, déformations, rotations et omissions.

Le taux de réussite évolue dès l'âge de 8 ans pour atteindre un seuil plateau vers l'âge de 14–15 ans. Les normes américaines concernent les enfants de 6 ans 6 mois à 13 ans 5 mois. Les normes françaises vont jusqu'à 65 ans.

7.7. Les tests d'André Rey

Pionnier de la psychologie scientifique suisse, André Rey est l'auteur d'une œuvre dont l'ampleur est souvent méconnue, notamment en raison de la proximité historique avec ceux de Piaget, alors que « l'air de Genève était

saturé de la pensée piagétienne » (Chiland, 1985). Néanmoins, Rey, chercheur, enseignant et praticien créatif, a légué un important bagage de situations expérimentales très utiles dans le cadre de l'examen des fonctions mnésiques, comme en témoigne leur présence dans de nombreux travaux actuels aux États-Unis ou en Israël par exemple.

7.7.1. Le test de copie de la Figure Complexe* (FCR)

Initialement conçu par Rey en 1942 dans le cadre de l'examen neurologique de patients cérébrólésés, le célèbre test de la Figure Complexe a ensuite été amélioré par Osterrieth (1945). Il permet d'explorer les capacités d'analyse perceptive de l'enfant, ainsi que de nombreuses dimensions mnésiques.

On présente à l'enfant une figure géométrique complexe. Il doit tout d'abord en réaliser une copie, puis tenter de la reproduire de mémoire 3 min plus tard. Lors de cette deuxième phase, l'enfant est invité à utiliser différentes couleurs afin que l'examinateur puisse reconstituer, après coup, les différentes étapes de sa production (cette technique peut aussi être appliquée lors de la phase de copie). La MT, les fonctions exécutives et attentionnelles sont particulièrement impliquées dans les deux phases, ainsi qu'un ensemble de processus visuo-praxiques.

1. La *phase de copie* sollicite la MCT visuelle, le contrôle moteur, la motricité fine et la coordination entre les processus perceptifs et exécutifs.
2. La *phase de reproduction* est, quant à elle, plus coûteuse sur le plan cognitif : elle mobilise particulièrement les dimensions attentionnelles, les processus de planification et le domaine des fonctions exécutives. En effet, la reproduction mnésique d'une perception visuelle complexe nécessite bien sûr de se représenter mentalement les éléments qui la composent et d'envisager un ordre de traitement des difficultés. La MT est donc très sollicitée, notamment l'administrateur central et le calepin visuo-spatial : il s'agit, en effet, de soutenir et de répartir son attention tout en coordonnant différents processus mnésiques, perceptifs et moteurs.

Soulignons que la comparaison entre la copie et la reproduction de mémoire est souvent riche en informations cliniques. D'ailleurs, cette figure initialement dépourvue de signification peut aussi faire l'objet, en second lieu, d'une analyse plus « projective », notamment lorsque l'enfant introduit une dimension significative. Cette dernière, qui peut se manifester dans la phase de copie comme dans celle de mémoire, donne parfois lieu à des productions intéressantes qui impliquent par exemple les notions de contenant et de contenu, d'interne et d'externe, d'objets ou de figures connus, etc. (Wallon et Mesmin, 1998). Bien que ce ne soit pas la vocation première de la Figure Complexe, ce type d'éléments peut permettre d'envisager des liens entre processus mnésiques, cognitifs et affectifs, et donc de produire des inférences ou hypothèses en matière de structuration globale de l'appareil psychique.

Une exploration bibliographique réalisée par Wallon, en 1998, et portant sur l'ensemble des travaux – une centaine – réalisés entre 1970 et 1996 à partir de la Figure Complexe, a permis de mettre en évidence la multiplicité

des possibilités d'utilisation de cet outil, et donc sa grande richesse en matière d'interprétation clinique.

Notons également qu'il existe depuis une quinzaine d'années une feuille de dépouillement destinée à améliorer l'administration de cette épreuve (Montheil, 1993).

Étant donné que la cotation de la Figure de Rey est principalement basée sur l'expérience auprès de sujets adultes, Bernstein et Waber (1996) ont développé un intéressant système de cotation évolutif spécifique pour les enfants. Celui-ci analyse le rendement selon quatre paramètres : l'organisation, le style, l'exactitude et les erreurs. Selon ces auteurs, une application clinique effective nécessite l'administration des trois parties composant l'épreuve totale, à savoir : la copie, le rappel immédiat et le rappel différé. La copie de la figure renseigne sur les processus de perception et d'organisation perceptive mais ne donne pas, ou peu, d'informations sur les processus d'encodage et de stockage qui sont, en revanche, clairement mis en évidence lors des phases de reproduction de mémoire. Les normes vont de 5 à 14 ans.

7.7.2. *Extended Complex Figure Test (ECFT)*

Il s'agit d'items additionnels de reconnaissance et d'appariement d'éléments conçus par Fastenau (1996), qui prolongent le test traditionnel de la figure complexe. Les étalonnages américains vont de 6 à 18 ans.

7.7.3. Le Test d'apprentissage verbal de Rey* (TAVR)

Ce test traditionnel a fait l'objet de différentes adaptations. Dans sa version originale, la tâche consiste à répéter une liste de 15 mots en 5 essais. Au terme du cinquième essai, l'examineur lit une histoire qui comporte notamment les mots de la liste initiale. Le participant doit signaler, par « oui », chaque fois qu'il reconnaît un des mots précédemment appris. Cette épreuve est applicable dès 6 ans et jusqu'à l'âge adulte.

En plus des données quantitatives initiales, il faut tenir compte :

- du rythme et de la qualité d'élocution de la production ;
- du niveau de collaboration du participant comme de ses efforts ;
- de la nature des erreurs lorsqu'elles se présentent : déformations, inventions incompréhensibles, contaminations par association, mots produits complètement par hasard ou par fantaisie, etc. ;
- des manifestations motrices durant la phase d'écoute et, par la suite, durant la phase de rappel ;
- dans certains cas, il sera demandé à l'enfant, après la cinquième répétition, comment il a procédé pour retenir les mots. Ce rapide examen métamnésique peut apporter des indices très intéressants.

Dans d'autres versions de ce test (Spreen et Strauss, 1998), notamment la version uruguayenne (Dalmas, 1993), on ne procède pas à la lecture du récit. En revanche, après le cinquième essai, on présente au participant une seconde liste (liste « B »), composée de 15 mots différents, qui fait office d'interférence. Le participant doit répéter cette liste B, puis répéter une

nouvelle fois la première liste (liste « A »). Pour évaluer le rappel différé, on demande à nouveau au participant de répéter la liste A, 20 min environ après le dernier essai. Il existe aussi des épreuves additionnelles de reconnaissance qui consistent à reconnaître les mots préalablement présentés dans une liste de 50 mots (listes A et B).

7.7.4. Rey Visual Design Learning Test (RVDLT)

Ce test américain élaboré par Spreen et Strauss (1998) implique l'apprentissage d'une série de 15 figures géométriques simples au cours de 5 essais. Chacune des cartes sur lesquelles figurent les dessins que l'enfant doit reproduire lui est présentée pendant 2 s. Durant la seconde partie de l'épreuve, dite de reconnaissance, l'enfant doit reconnaître les 15 dessins originaux parmi un ensemble de 30 dessins. Les normes concernent les enfants âgés de 9 à 15 ans.

7.8. Children's Auditory Verbal Learning Test-2 (CAVLT-2)

Les principes de cet outil conçu par Talley (1996) sont les mêmes que ceux du test des 15 mots de Rey, bien qu'au lieu de 15 mots on en utilise 16. Cette épreuve a été élaborée pour répondre à la nécessité de disposer d'un test d'apprentissage verbal spécifiquement destiné aux enfants : la sélection des mots correspond au vocabulaire et au niveau d'expérience des enfants et des adolescents.

Ce test comprend 3 listes de mots : la première est destinée à l'apprentissage, la deuxième est dite « d'interférence » et la troisième concerne la reconnaissance. La liste d'apprentissage et celle d'interférence sont composées de 16 mots appartenant à 4 catégories sémantiques : parties du corps humain, vêtements, parties d'une maison et noms d'animaux.

Il permet d'obtenir des scores qui se réfèrent aux modalités suivantes :

1. rappel libre immédiat ;
2. niveau et courbe d'apprentissage ;
3. résistance à l'interférence ;
4. rappel libre à court terme ;
5. rappel libre à long terme ;
6. qualité de la reconnaissance ;
7. total des erreurs.

Il est nécessaire de se référer à des normes distinctes pour chacune des variables présentées précédemment. La version originale de ce test est en anglais. Il existe une adaptation expérimentale en espagnol. Les âges concernés vont de 6 ans 6 mois à 17 ans 11 mois.

7.9. Sentence Repetition Test (SRT)

Il faut répéter une série de phrases de longueur croissante (de 1 à 26 syllabes). Les normes américaines (Carmichael et MacDonald, 1984) sont destinées aux enfants âgés de 3 à 13 ans.

7.10. *California Verbal Learning Test-Children's Version (CVLT-C)*

Mise au point aux États-Unis par Delis, Kramer, Kaplan et Ober (1994), cette batterie est composée d'une liste de 15 mots (appartenant à 3 catégories sémantiques) qui est répétée durant 5 essais (liste « A »), et d'une liste d'interférence (liste « B ») qui précède une nouvelle répétition de la liste A. Au bout de 20 min, on demande à l'enfant de rappeler la liste A. Ce test comprend aussi une liste pour le rappel avec des indices sémantiques et une autre liste de reconnaissance (oui/non). On tient compte des erreurs de persévération, des intrusions et du recours à des stratégies sémantiques et/ou sérielles. Les étalonnages vont de 5 ans à 16 ans. Il existe des normes séparées pour les enfants de 4 ans (Goodman, Delis et Mattson, 1999).

En France, une version destinée aux adultes âgés de 20 à 89 ans est disponible (Deweert, Kalafat et van Der Linden, 2007).

7.11. *Continuous Recognition Memory Test (CRMT)*

Ce test conçu par Hannay et Levin aux États-Unis (1989) se présente comme un ensemble de 120 cartes sur lesquelles figurent des dessins familiers, répartis en 6 carnets de 20 cartes chacun. Le participant doit dire si le dessin qui lui est présenté est nouveau (non vu précédemment) ou non (déjà vu). Les normes concernent les enfants âgés de 6 à 18 ans. Il existe aussi une version pour les enfants d'âge préscolaire (3–6 ans).

7.12. *Continuous Visual Memory Test (CVMT)*

Ce test a initialement été conçu pour les adultes aux États-Unis (Ullman, McKee, Campbell et al., 1997) et a été adapté par la suite pour être utilisé auprès d'enfants. Il s'agit d'une série de figures géométriques en noir et blanc qui doivent être reconnues parmi plusieurs possibilités (choix multiples). Les normes concernent les enfants de 7 à 15 ans.

7.13. *Denman Neuropsychology Memory Scale (DNMS)*

La batterie de Denman (1987) est composée de 8 tests, 4 verbaux et 4 non verbaux. Les épreuves verbales sont constituées de rappels d'histoires, d'apprentissages de paires associées, d'informations verbales et de mémoire de chiffres. Les tâches non verbales incluent le rappel d'une figure, de mélodies et de tonalités musicales, la mémoire de visages humains et le rappel de détails visuels d'objets connus, les signes et les symboles (comme le symbole représentant le poison). Cette batterie d'origine nord-américaine est destinée aux enfants dès l'âge de 10 ans et aux adultes.

7.14. *Hufty Attention Memory Test (HAM test)*

Ce test créé par Hufty aux États-Unis (2004) a la particularité d'être une batterie composite. Il est composé de 10 épreuves regroupées en 3 parties : la

mémoire, l'attention et la dénomination. La partie consacrée à la mémoire comprend 4 subtests qui évaluent la mémoire visuelle à court et à long terme, l'apprentissage de mémoire et la reconnaissance. Ils se présentent comme suit.

1. *Mémoire de matrices*. Il faut identifier un nouvel item parmi d'autres déjà vus. Différentes figures sont présentées à l'enfant selon un ordre et des positions aléatoires, jusqu'à un maximum de 16. Une image apparaît sur l'écran, puis 2, puis 3, et ainsi de suite jusqu'à 16. Pour chaque cas, l'enfant doit reconnaître et désigner la nouvelle figure (celle qui n'a pas été présentée avant).
2. *Reconnaissance d'images*. Il s'agit d'une tâche de reconnaissance visuelle immédiate d'un item dont les caractéristiques permettent de limiter la possibilité de codification verbale. On montre à l'enfant une forme qu'il doit reconnaître par la suite parmi 2, 4 ou 6 lettres. L'attente entre la présentation et la reconnaissance varie entre 1,5 et 10 s.
3. *Mémoire de paires-couleur*. Il s'agit de paires associées de type couleur/objet. C'est une tâche d'apprentissage associatif visuel entre un objet et 5 couleurs possibles. Elle nécessite la présentation de 12 associations. Après la présentation, l'enfant doit reconnaître la couleur précédemment associée à l'image, par exemple le chien avec le bleu. Cette tâche se répète 8 fois afin d'évaluer la capacité d'apprentissage de l'enfant.
4. *Mémoire de paires-forme*. Il faut appairer des formes géométriques et des animaux. C'est une tâche d'apprentissage associatif visuel entre un animal et 4 formes géométriques possibles, au cours de 15 items de présentation. À la suite de la présentation, l'enfant doit reconnaître la forme préalablement associée à l'image concernée, par exemple le chien avec le carré. La même tâche est présentée 10 fois pour évaluer la capacité d'apprentissage.

Cet test, destiné aux enfants de 6 à 12 ans, peut être répété après 24 h ou durant la semaine qui suit l'examen afin d'explorer les capacités en MLT. Il est applicable dans n'importe quelle langue et comprend un recueil de données personnelles et des normes statistiques.

7.15. *Test de Memoria Auditiva Inmediata (MAI)*

Cet outil espagnol (Cordero, 1978) a pour objectif d'apprécier certains aspects déterminés de la mémoire immédiate liés à la perception auditive. On distingue 3 parties bien différenciées : la mémoire logique, la mémoire numérique et la mémoire associative. Dans chacune d'elles, le participant doit rappeler les données, les mots ou les concepts qui lui sont proposés verbalement. L'application peut être collective, et le temps d'administration requis est d'environ 45 min. Il est destiné aux enfants âgés de 7 à 13 ans.

7.16. *Test de Memoria Verbal Ciclo Inicial (MEVECI) y de Memoria Visual Ciclo Inicial (MEVICI)*

Cette batterie espagnole (Peralta et Narbona, 1994) est composée de 2 parties. La première sollicite la mémoire verbale de l'énoncé d'une histoire courte

(MEVECI) qui est lue au participant et qui comporte des séquences logico-verbales. La seconde partie fait appel à la mémoire visuelle d'images significatives (MEVICI). Elle implique une série de 12 dessins de différentes catégories.

C'est un test sensible, facile à utiliser, qui est destiné aux écoliers des trois premières années de l'école primaire. Les auteurs ont constaté une corrélation significative et positive entre la mémoire et le rendement scolaire. La standardisation a été réalisée auprès de 150 écoliers de divers centres éducatifs de Pampelune, âgés de 6 à 9 ans.

7.17. *Test de Memoria de Yuste (MY)*

Ce test espagnol (Yuste, 1989) est constitué d'un ensemble d'épreuves dont l'application peut être individuelle comme collective. Il est destiné aux enfants et aux adolescents, et évalue la mémoire immédiate de type graphique, de mots, de nombres et d'événements. Il a été standardisé sur un échantillon de 3117 écoliers espagnols. L'étalonnage permet la répartition en percentiles pour les enfants et adolescents âgés de 7 à 18 ans.

7.18. *Test de Aprendizaje Verbal España-Complutense, Infantil (TAVECI)*

Cet outil espagnol (Benedet, Alejandre et Pamos, 2000) est inspiré du CVLT-C. Il comprend 3 listes de mots présentées comme « des listes de courses » : une liste d'apprentissage (liste « A »), une liste d'interférence (liste « B ») et une liste de reconnaissance. Les listes A et B sont chacune composées de 15 mots appartenant à 3 catégories sémantiques (5 mots de chaque catégorie). La liste de reconnaissance comprend 45 mots parmi lesquels 15 correspondent à ceux de la liste « A » ; les 30 autres sont des distracteurs. L'application de cette épreuve est individuelle. Elle nécessite 35–40 min. L'étalonnage a été réalisé auprès de 737 enfants âgés de 3 à 16 ans. Les barèmes sont réalisés en cotation « z », répartis en 7 classes d'âge.

7.19. *Test de Memoria y Aprendizaje (TOMAL)*

Le TOMAL (*Test Of Memory And Learning*) de Reynolds et Bigler (1994) est une batterie de mémoire verbale et non verbale d'origine nord-américaine. Cet outil a été adapté en espagnol par Goikoetxea et TEA Éditions (2001). Le TOMAL est composé de 8 subtests verbaux : *Mémoire d'histoires*, *Rappel sélectif de mots*, *Rappel d'objets*, *de chiffres en ordre direct*, *de paires*, *de lettres en ordre direct*, *de chiffres en ordre inverse* et *de lettres en ordre inverse*. Cette batterie comprend également 6 subtests non verbaux : *Mémoire des visages*, *Rappel sélectif visuel*, *Mémoire visuelle abstraite*, *Mémoire séquentielle visuelle*, *Mémoire des lieux* et *Imitation de gestes*.

Elle permet de calculer 4 indices principaux : un indice de mémoire verbale, un indice de mémoire non verbale, un indice de mémoire composite

et un indice de rappel différé. Il est également possible de calculer 5 indices complémentaires : l'indice de rappel associatif, d'apprentissage, de rappel séquentiel, de rappel libre et d'attention/concentration. Les scores sont exprimés en percentiles et en notes d'échelles. Les âges d'application vont de 5 à 19 ans.

7.20. *Visual Aural Digit Span Test (VADS)*

Le VADS de Koppitz (1979) est un test très sensible, pratique et économique, évaluant la mémoire des chiffres auditive et visuelle. Pour la population originaire de la région du Río de la Plata (Argentine), il présente l'avantage d'avoir été standardisé à partir d'un échantillon composé de 3129 élèves d'écoles primaires publiques de Buenos Aires et de la province du Río Negro (Casullo et Figueroa, 1988).

Cet outil est composé de 4 subtests : *Auditif verbal*, *Visuel oral*, *Auditif graphique*, et *Visuel graphique*. Le matériel est très simple : il se présente sous la forme de 26 cartes sur lesquelles figurent des chiffres. Ce test permet le calcul de 11 notes qui évaluent la mémoire auditive et visuelle ainsi que l'intégration inter- et intrasensorielle. Si de nombreux tests permettent l'évaluation de l'empan de chiffres, rares sont ceux qui tiennent compte des capacités d'intégration intersensorielle de l'enfant. Au cours de ses recherches sur des enfants présentant des difficultés d'apprentissage, Koppitz a montré que les écoliers qui étaient capables de progresser et de réintégrer des cursus d'enseignement classiques présentaient non seulement un bon niveau intellectuel, mais faisaient aussi preuve d'une intégration intersensorielle de bonne qualité, et étaient donc capables de retenir ce qu'ils apprenaient.

Ce test dispose de normes pour les enfants de 6 à 12 ans.

7.21. *Verbal Selective Reminding Test (VSRT)*

Cette épreuve initialement élaborée aux États-Unis par Buschke (1973) est composée de 4 parties : une liste d'apprentissage de mots (12 essais), une partie consacrée au souvenir indicé, une autre pour apprécier la reconnaissance et une dernière destinée à évaluer le rappel différé (30 min). Il existe, selon les pays, différentes versions de ce test étalonné pour les enfants de 5 à 16 ans.

7.22. *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)*

Ce test nord-américain (Pickering et Gathercole, 2001) comprend différentes épreuves conçues à partir du modèle de Baddeley. On y trouve 4 subtests destinés à l'évaluation de la boucle phonologique (*Rappel de chiffres*, *Liste de mots*, *Mots appariés* et *Pseudo-mots*), 2 épreuves consacrées au calepin visuo-spatial (*Rappel de blocs* et *Labyrinthes*), et 3 qui sollicitent l'administrateur central (*Rappel de contes* et *de chiffres en ordre inverse*). Cet outil est utilisable dès 5 ans et jusqu'à 15 ans.

7.23. *Wide Range Assessment of Memory and Learning* – 2^e édition (WRAML-II)

Ce test conçu par Adams et Sheslow (2003) est destiné à évaluer la mémoire immédiate et différée, les processus d'acquisition et les apprentissages nouveaux. Il est composé de 6 subtests principaux : deux verbaux, deux visuels et deux liés à l'attention/concentration. Les résultats permettent de calculer un indice de mémoire verbale, de mémoire visuelle, d'attention/concentration et de mémoire générale. Un subtest d'apprentissage visuel figurait dans sa première version (Adams et Sheslow, 1990). Il a été supprimé au profit d'un nouvel indice de MT obtenu à partir des résultats aux épreuves de MT symbolique et de MT verbal. Quatre nouveaux subtests de reconnaissance ont également été ajoutés : *Rappel différé de dessins, d'images, d'histoires* et *verbal*. De plus, de nouvelles histoires ont été introduites dans le subtest de *Mémoire d'histoires*, tout comme des scènes en couleur dans l'épreuve de *Mémoire d'images*.

Le temps d'administration requis est d'environ 1 h. Il existe aussi une forme abrégée composée de 4 subtests (*Memory Screening Battery*). Les normes concernent tant les enfants que les adultes, de 5 à 90 ans. Les résultats s'expriment en notes standard (moyenne = 100, ET = 15), en notes d'échelles (moyenne = 10, ET = 3), en percentiles et en âges de développement, pour les enfants et les adolescents.

8. Subtests de mémoire inclus dans d'autres batteries non spécifiques

Le but de cette partie est de présenter plusieurs outils fréquemment utilisés pour l'examen de la cognition globale, mais en se focalisant sur les aptitudes mnésiques sollicitées dans les batteries générales, parmi les nombreuses autres composantes cognitives. Ces tests présentent l'avantage de disposer de normes standardisées contrairement à plusieurs outils « expérimentaux » décrits précédemment. Ils font ici l'objet d'une description détaillée. Cette présentation peut s'avérer utile pour explorer certaines hypothèses qui peuvent émerger au cours de l'examen.

Tous ces outils reposent sur un support théorique commun issu des avancées dans le domaine de l'analyse factorielle des composantes cognitives : le modèle Cattell-Horn-Carroll (CHC) (figure 5.1). Basé sur l'analyse exploratoire de plus de 460 matrices de corrélations, ce modèle en trois strates (*three-stratum theory*) fait actuellement l'unanimité dans le domaine de la recherche. Il n'est donc pas étonnant de constater que la plupart des batteries d'efficience sont aujourd'hui conçues à partir du modèle CHC qui accorde d'ailleurs une place prépondérante aux fonctions mnésiques et exécutives dans la cognition globale et les apprentissages.

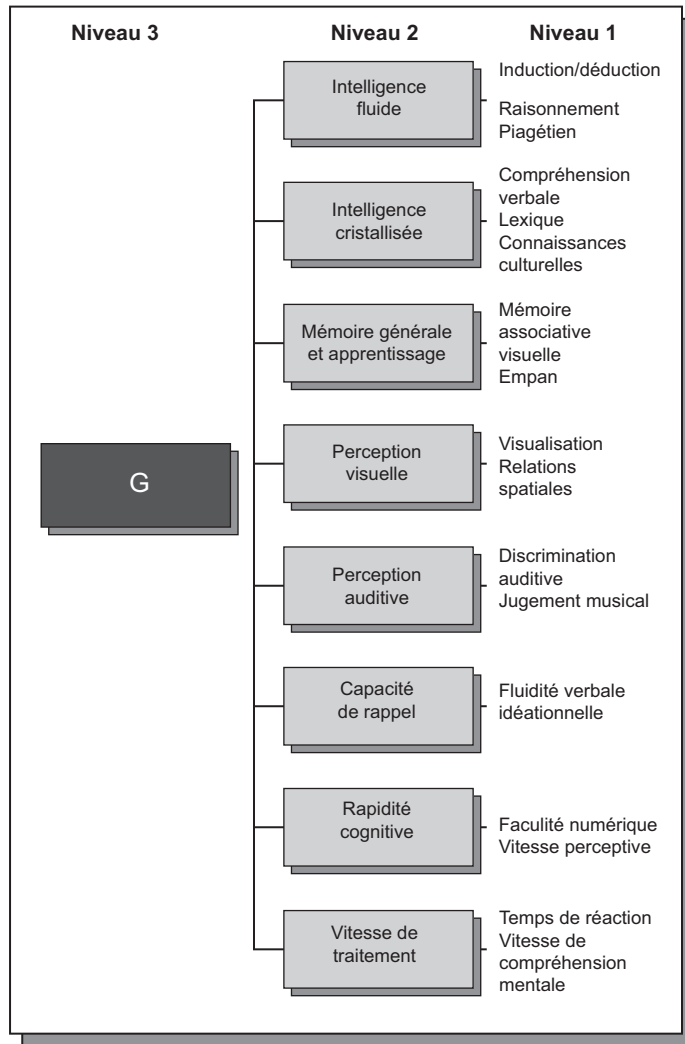


FIGURE 5.1. LE MODÈLE DE CATTELL-HORN-CARROLL.

8.1. L'échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents – 4^e édition (WISC-IV)

Les échelles de Wechsler sont les batteries d'efficiences les plus utilisées au monde (Meljac, Castro et Joubert, 1996). Jusqu'au début du xx^e siècle, ces outils reposaient du point de vue théorique sur la notion d'intelligence « globale », dans la lignée des travaux cliniques de leur fondateur, David Wechsler. La quatrième version de cette échelle (Wechsler, 2005) présente,

pour le public francophone, une rupture scientifique importante avec les versions précédentes (ce qui n'est pas forcément le cas pour d'autres pays) : la structure globale du WISC est remplacée par une structure composite. Celle-ci met en évidence quatre grandes dimensions cognitives principales, qui sont toutes placées sous la dépendance d'un facteur général d'intelligence (voir précédemment le modèle CHC). Dans le cadre du présent ouvrage, cette quadripartition des fonctions cognitives nous intéresse particulièrement puisqu'une échelle spécifiquement consacrée à la Mémoire de Travail (indice de Mémoire de Travail, IMT) occupe une place importante parmi les aptitudes mesurées. Notons aussi la présence d'un Indice de Vitesse de Traitement de l'information (IVT) qui permet d'établir des liens entre rapidité cognitive et efficacité mnésique.

Comment ces deux indices, d'inspiration principalement théorique et dont la pertinence a pu être remise en cause récemment, s'avèrent-ils utiles dans l'examen des fonctions mnésiques de l'enfant ? Comment les différents types de mémoire sont-ils sollicités dans les deux indices principaux (l'Indice de Compréhension Verbale, ICV, et l'Indice de Raisonnement Perceptif, IRP) ?

8.1.1. L'Indice de Mémoire de Travail

Composé de deux épreuves principales et d'une épreuve optionnelle, cette échelle sollicite trois des quatre composantes de la MT, telle que l'envisage Baddeley. Les fonctions attentionnelles et motivationnelles sont particulièrement impliquées dans les tâches proposées. Insistons sur le fait que, comme l'ont montré Zazzo, Gilly et Verba Rad (1966), l'attitude mobilisatrice de l'examineur peut influencer de manière notable sur le niveau de vigilance de l'enfant. De même, de nombreux éléments affectifs (anxiété, impulsivité, distractibilité, etc.) sont susceptibles de perturber le contrôle attentionnel et donc le rendement observable. Comme annoncé précédemment, la présentation des stimulus auditivo-verbaux par l'examineur doit suivre un rythme défini (1 unité/s), sur un ton homogène. Si l'on se réfère au modèle de Carroll, les facultés mises en œuvre dans ces épreuves sont principalement sous la dépendance du facteur « mémoire générale et apprentissage » (Gsm), qui est un facteur de deuxième niveau, sous la dépendance du facteur général d'intelligence (facteur « g »). Néanmoins, le modèle de la MT de Baddeley (2000) semble plus adapté pour identifier les différents mécanismes impliqués dans cet indice. C'est ce que nous allons tenter de mettre en évidence.

8.1.1.1. Mémoire des chiffres

Cette tâche classique de répétition auditivo-verbale est composée de 2 sous-épreuves.

1. La partie *Répétition en ordre direct* (8 items ; empan max. = 9) est une épreuve de rappel immédiat de séquences numériques. L'enfant doit répéter des chiffres dans le même ordre que celui de l'énonciation, ce qui ne sollicite que les processus de stockage et ceux de récupération (Grégoire, 2006). La principale dimension sollicitée est la MCT via la boucle phonologique ; le rendement observable peut donc être lié à la fluence

verbale de l'enfant. Le calepin visuo-spatial peut aussi être utilisé par certains enfants qui ont recours à une stratégie de récupération visuelle, en se représentant mentalement les chiffres tels qu'ils s'inscriraient devant eux ou sur la table. Cependant, les stratégies observables à cette épreuve sont plutôt limitées. Certains enfants tentent de regrouper les données (*chunking*), ou de « se plaquer » sur le rythme de l'énonciation pour faciliter la récupération de l'information en mémoire auditive. D'autres peuvent avoir recours à des stratégies qui perturbent davantage le stockage qu'elles ne l'améliorent comme, par exemple, la prononciation des chiffres en même temps que l'examineur les énonce ; il s'agit souvent d'un indice d'anxiété, lié à la crainte de ne pouvoir se souvenir ultérieurement des données.

2. La partie *Répétition en ordre inverse* (8 items ; empan max. = 8) implique un coût cognitif beaucoup plus élevé. L'empan observé y est donc généralement moins important. L'enfant doit stocker les données puis procéder à un travail de séquençage pour les répéter dans l'ordre inverse de celui de l'énonciation. En plus des processus impliqués dans l'épreuve en ordre direct, d'autres aspects de la MT sont sollicités, notamment l'administrateur central. Ce dernier maintient l'attention, la répartit en fonction des différents processus nécessaires et assure leur coordination (stockage, maintien de l'information en MCT, sériation, énonciation). Les stratégies possibles correspondent globalement à celles de l'épreuve en ordre direct. On peut observer plusieurs types d'erreurs (oubli, inversion, ajout, confusion) dont l'analyse est souvent intéressante du point de vue clinique.

8.1.1.2. Séquences lettres-chiffres

Cette épreuve issue de la WAIS-III a été introduite dans l'échelle de Wechsler pour enfants afin d'augmenter le poids des facteurs mnésiques dans l'examen cognitif global. On propose oralement à l'enfant une séquence composée de lettres et de chiffres. Il doit les répéter en opérant un travail de manipulation mentale important puisqu'il doit énoncer les chiffres en premier, dans l'ordre croissant, puis les lettres, dans l'ordre alphabétique. Il est donc nécessaire de s'assurer au préalable que l'enfant maîtrise la récitation de la suite numérique et de l'alphabet.

Cette épreuve met particulièrement à contribution la MT auditivo-verbale, et ce, dès l'annonce de la consigne, notamment pour les plus jeunes enfants. En effet, celle-ci est plutôt longue et peut constituer un premier indice des capacités de stockage et de compréhension du participant. Lors de l'épreuve en elle-même, la boucle phonologique est bien évidemment sollicitée, mais c'est surtout l'administrateur central qui est impliqué dans la coordination de différentes opérations simultanément nécessaires : l'enfant doit en effet conserver une trace active des stimulus, les identifier en tant que lettre ou chiffre, procéder à une comparaison de leur ordre d'appartenance dans la suite à laquelle ils appartiennent (suite numérique ou alphabétique), et énoncer le résultat de cet ensemble

d'opérations en inhibant éventuellement les informations non pertinentes. Notons d'ailleurs que l'inhibition de stratégies inappropriées, et donc l'attention sélective sous la dépendance de l'administrateur central, est nécessaire au cours de plusieurs items qui n'impliquent aucune manipulation (par exemple « 2, 5, F »).

8.1.1.3. Arithmétique (optionnel)

On lit à l'enfant plusieurs situations-problèmes impliquant des données numériques (quantités, notions temporelles, distances, volumes, etc.). Il doit les écouter et résoudre mentalement les opérations nécessaires. Une seule répétition de la consigne est possible.

En plus des fonctions attentionnelles et mnésiques à court terme, cette épreuve mobilise particulièrement la MT. En effet, tout en stockant les données numériques qui lui sont transmises oralement, l'enfant doit pouvoir se représenter la situation dans son ensemble, identifier le type de procédure arithmétique nécessaire à la résolution, procéder mentalement au calcul adéquat et émettre sa réponse. Des difficultés d'appréhension des faits numériques peuvent donc être impliquées dans le traitement global de cette tâche également saturée par les facteurs verbaux, ainsi que de nombreuses autres variables : anxiété à l'égard des données chiffrées, impulsivité, difficultés de compréhension ou d'audition, etc. Afin d'apprécier la part de la MT auditive dans cette tâche, il est éventuellement possible de comparer les résultats de l'enfant à cette épreuve avec ceux qu'il obtient lors de situations arithmétiques écrites, comme par exemple celles conçues par Mialaret (1957).

8.1.2. L'Indice de Vitesse de Traitement

Selon les théories actuelles dominantes, plus on traite rapidement une information plus l'espace en MT peut en accueillir de nouvelles, et donc plus l'efficacité cognitive est élevée. L'Indice de Vitesse de Traitement doit donc être envisagé en étroite relation avec l'Indice de Mémoire de Travail. Ils pourraient être comparés à deux « moteurs » qui régulent l'activité cognitive. Si l'un d'eux dysfonctionne, c'est tout le véhicule qui est susceptible de ralentir.

8.1.2.1. Code

Il s'agit de la seule épreuve d'apprentissage visuo-graphique de la batterie. On présente à l'enfant un code qui associe chaque chiffre entre 1 et 9 à un symbole. L'enfant doit appliquer ce code à un ensemble d'items. Dans la partie réservée aux enfants de moins de 8 ans, des formes géométriques simples sont proposées plutôt que des chiffres.

Du point de vue mnésique, cette épreuve visuo-motrice sollicite principalement la mémoire visuelle à court terme via un processus d'association entre un élément signifiant (chiffre) et son équivalent non signifiant (symbole). Pourtant, le principal enjeu de cette tâche est peut-être la capacité de l'enfant à initier des stratégies d'apprentissage en faisant appel à sa MT. En d'autres termes, l'enfant a-t-il l'idée de recourir à une technique de fixation ? Cette dernière est-elle efficace ? Il est possible d'observer la mémorisation

progressive de l'enfant au cours de l'épreuve en étudiant de manière régulière le rythme et la fréquence des mouvements visuels entre le modèle et les items – par exemple en examinant, à la fin de chaque ligne, si l'enfant regarde systématiquement le modèle ou s'il mémorise progressivement le code. Bien que cela ne soit pas prévu dans la standardisation de cette épreuve, il serait aussi envisageable d'évaluer la solidité de l'apprentissage via une tâche de rappel libre ou apparié immédiatement après l'épreuve de *Code* (rappel immédiat), ou bien quelques minutes après (rappel différé), comme c'est le cas dans la version destinée aux adultes (WAIS-III ; Wechsler, 2000).

8.1.2.2. *Symboles*

Il s'agit d'une épreuve de rapidité et de discrimination visuelle. On présente à l'enfant 2 symboles abstraits (ou un seul pour les 6–7 ans), et il doit indiquer s'il repère l'un de ces 2 symboles parmi 5 autres proposés sur la même ligne, en cochant la case appropriée (oui/non). Cette épreuve, très sensible à l'anxiété et aux difficultés attentionnelles, mobilise donc principalement la MCT visuelle, la coordination oculomotrice et aussi les capacités de vigilance et d'inhibition des informations non pertinentes – lors de certains items dans lesquels les symboles-stimulus sont très proches des symboles-cibles.

8.1.2.3. *Barrage (optionnel)*

Cette épreuve classique de barrage comporte 2 sous-parties : une partie en ordre aléatoire et une autre en ordre structuré. On présente à l'enfant une grande feuille sur laquelle figurent des stimulus sous forme de dessins d'animaux et d'objets. Il doit barrer d'un trait les animaux, et non les autres stimulus, en un temps limité (45 s pour chaque partie). Cette épreuve de vitesse sollicite donc la mémoire visuelle à court terme et les processus impliqués dans l'attention visuelle sélective. La comparaison entre les 2 parties est souvent source d'éléments cliniques intéressants, tant du point de vue qualitatif que quantitatif.

8.1.3. L'Indice de Compréhension Verbale

Cet indice est composé de trois subtests principaux qui sollicitent différemment les structures langagières de l'enfant, et donc ses connaissances, tant en ce qui concerne le « savoir » que le « savoir dire ».

Similitudes

On présente oralement à l'enfant deux termes inducteurs dont il doit dégager des caractéristiques communes.

Cette épreuve constitue, selon Grégoire (2006), une des meilleures mesures du facteur « g » bien qu'elle sollicite principalement l'intelligence cristallisée (Gc). Elle implique la mémoire sémantique (donc la MLT) et, a minima, la MT, puisqu'il s'agit de conserver la dyade sémantique en mémoire tout en inhibant les différences qui s'imposent initialement et en recherchant les caractéristiques communes aux deux termes (catégorie adéquate).

8.1.3.1. *Vocabulaire*

Cette épreuve verbale est composée de 36 mots de vocabulaire de complexité croissante, que l'enfant doit définir. De nombreux auteurs, comme Wechsler ou Zazzo (1966), considèrent que l'étendue du bagage lexical d'un individu représente très souvent un bon indice de ses capacités globales. L'épreuve de *Vocabulaire* sollicite les aptitudes catégorielles et conceptuelles ainsi que la mémoire déclarative au travers de sa composante sémantique et phonologique. Pour Mazeau (2003), ce type d'épreuve constitue d'ailleurs plutôt une tâche métalinguistique que simplement lexicale, c'est-à-dire qu'elle mobilise les fonctions langagières dans leur dimension structurale (planification et élaboration de raisonnements).

8.1.3.2. *Compréhension*

On demande à l'enfant d'expliquer certaines situations sociales de type « Pourquoi faut-il... ? ». L'enfant doit donc puiser les connaissances dans sa MLT et, plus précisément, dans sa mémoire déclarative (épisode).

8.1.4. **L'Indice de Raisonnement Perceptif**

Cet indice est destiné à apprécier les fonctions dites « fluides », c'est-à-dire relativement indépendantes des savoirs antérieurs. Il comporte plusieurs tâches non verbales au cours desquelles différents types de mémoire sont sollicités.

8.1.4.1. *Cubes*

Cette célèbre épreuve visuo-praxique implique la conceptualisation non verbale, les capacités d'analyse et de synthèse, ainsi que les fonctions exécutives – notamment la planification spatiale et motrice. Du point de vue des composantes mnésiques sollicitées, la MCT visuo-spatiale est donc mobilisée de prime abord puisque l'enfant doit procéder par allers-retours visuels entre le modèle et la structure tridimensionnelle qu'il élabore. Le rythme et la qualité des conduites de repérage oculo-spatiales sont variables et très importants cliniquement. La mémoire procédurale/implicite^[1] et la MT sont également impliquées, notamment lors des items les plus complexes.

En effet, l'enfant doit découvrir et assimiler spontanément différents schèmes d'assemblage tout en inhibant les effets de prégnance visuels induits par la présentation du matériel – particulièrement lorsqu'il doit reproduire les barres obliques ou les pointes (pour un exposé détaillé, voir Rozencwajg et Huteau, 1996).

8.1.4.2. *Identification de concepts*

Cette épreuve a été introduite dans le WISC-IV pour augmenter l'importance des raisonnements fluides. À partir d'un livret de stimulus, on présente à l'enfant plusieurs rangées de dessins (2, puis 3). Il doit repérer les concepts qui appartiennent à une catégorie commune (1/ligne). La mémoire visuelle à court terme est donc sollicitée de prime abord, ainsi que la mémoire sémantique (mémoire des catégories), notamment si l'enfant utilise une

stratégie de verbalisation de ses raisonnements. La MLT est impliquée dans la reconnaissance des stimulus. Insistons également sur le rôle important de la MT et des fonctions exécutives dans cette épreuve : par le biais d'un traitement visuo-spatial, l'enfant doit envisager différentes possibilités de catégorisation et parfois abandonner un critère de classement infructueux pour en envisager un autre. Notons également que plusieurs items contiennent des « leurres » perceptifs, que l'enfant doit identifier comme tels et inhiber pour accéder à la catégorisation requise – inhibition des informations non pertinentes et régulation de différentes procédures simultanées, assurées par l'administrateur central.

8.1.4.3. Matrices

On présente à l'enfant 35 matrices de complexité croissante qui figurent sur un livret de présentation. Cette épreuve, inspirée des célèbres *Matrices* de Raven, a pour but d'approcher les raisonnements dits « fluides » (« Gf » dans le modèle de Carroll), c'est-à-dire relativement indépendants de facteurs culturels (rappelons que l'intelligence n'est jamais aculturelle). Par ailleurs, de nombreux travaux ont montré l'importance du raisonnement visuo-spatial (Gv) dans ce type de tâche, ainsi que celle de la MT : il s'agit en effet de maintenir actives plusieurs informations tout en procédant mentalement à une série de transformations. Selon le modèle de Baddeley (2000), le maintien et la sélection de l'attention sont sous-tendus par le régulateur de la MT : l'administrateur central. Dans une épreuve telle que celle-ci, ce dernier « supporte » la charge cognitive et coordonne deux processus principaux :

1. l'induction, c'est-à-dire la découverte des principes sous-jacents à un problème ;
2. la déduction, qui correspond à l'application de la règle de transformation identifiée pour choisir une réponse appropriée parmi plusieurs possibilités.

8.2. Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant – 2^e édition (K-ABC-II)

Cet outil très récent (Kaufman et Kaufman, 2008) n'a, pour l'heure, fait l'objet d'aucune recherche ni commentaire en France. Au regard de la richesse des éléments cliniques qu'il permet de recueillir et de la robustesse de ses construits théoriques, on peut espérer que les praticiens, comme les chercheurs, feront l'effort de s'approprier ce nouvel outil.

Le K-ABC-II succède à une première version publiée par les ECPA en 1993. Il est applicable dès 3 ans et jusqu'à 12 ans 11 mois (avec une partie réservée aux 3–6 ans et une autre pour les 7–12 ans), et se compose de 18 subtests, dont 6 optionnels. Particulièrement novateur et ambitieux du point de vue de la liaison entre les théories et l'examen clinique de l'intelligence, le K-ABC-II repose sur un double ancrage théorique. Il permet d'obtenir 4 ou 5 scores composites (selon le modèle théorique choisi par l'examineur) et, ce qui est très intéressant, d'interpréter les résultats tant en termes de rendement intellectuel (via l'indice de fonctionnement global,

si l'on choisit le modèle de Carroll) que de spécificités de fonctionnement cognitif (Indice des Processus Mentaux, pour le modèle de Luria).

Le praticien peut en effet choisir entre deux perspectives théoriques différentes qui sont actuellement dominantes dans le domaine de la cognition et des apprentissages : le modèle CHC d'une part, et le modèle de Luria (1970) d'autre part. Ce dernier est basé sur la célèbre théorie neuropsychologique des processus mentaux proposée par Luria dans les années 1960 et reprise aux États-Unis par Das et ses collaborateurs (Das, Naglieri et Kirby, 1994). Selon cette théorie, toute conduite cognitive impliquerait la coordination de trois fonctions principales (schématisées en trois blocs, figure 5.2) :

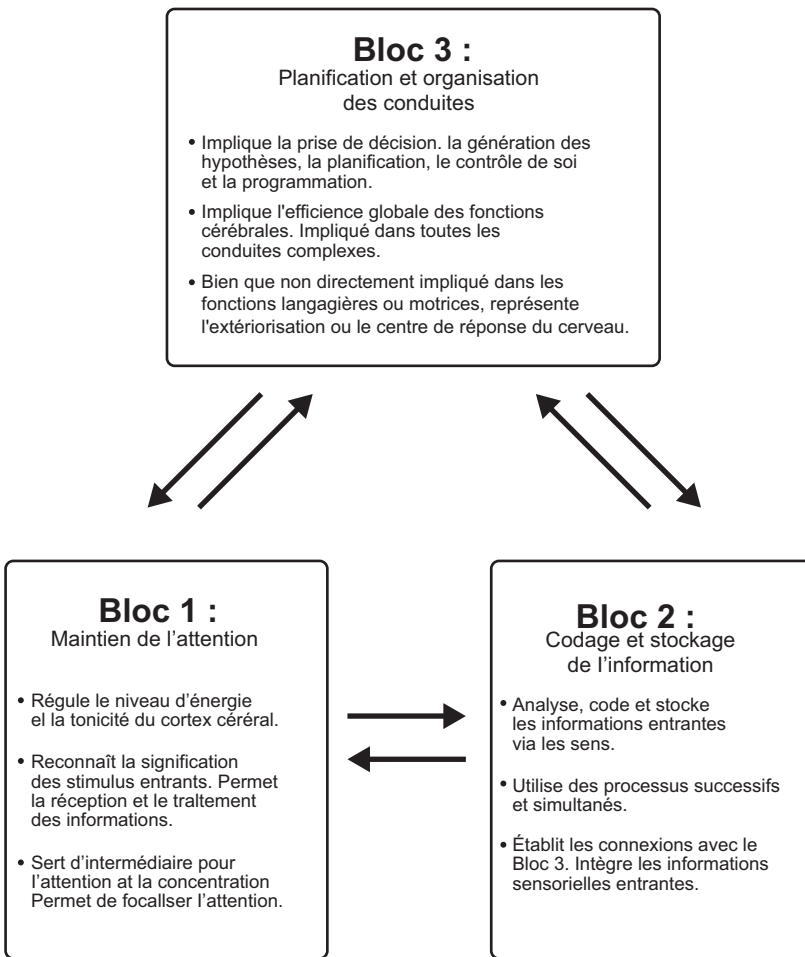


FIGURE 5.2. LE MODÈLE DE LURIA.

Figure du manuel K-ABC-II, reproduite avec l'autorisation des ECPA (Paris).

1. le premier bloc maintient principalement l'attention ;
2. le deuxième bloc a pour but de coder et de stocker l'information ;
3. le troisième assure la planification et l'organisation des conduites.

Ces trois grandes fonctions permettent le déploiement et la modulation de deux types de processus mentaux, qui sont disponibles chez tout individu mais inégalement sollicités selon le type de tâche envisagé et le « style » cognitif propre à chacun :

1. les processus séquentiels assurent le traitement successif d'informations qui se suivent et qui impliquent un déroulement temporel. Le discours humain en est un bon exemple, tout comme les activités de dénombrement s'appuyant sur la récitation de suites numériques ;
2. les processus simultanés réalisent la synthèse d'éléments séparés au sein d'un ensemble. C'est par exemple le cas lorsqu'il s'agit d'apprécier les différents éléments qui composent une image ou un paysage dans un cadre global.

Soulignons qu'il ne s'agit pas de « choisir » entre ces deux catégories principales de processus, mais plutôt d'apprécier la modulation souple permettant d'alterner entre un mode de traitement séquentiel et un mode simultané. Par exemple, si un enfant doit procéder à la lecture et à la compréhension d'un texte, il doit tout d'abord le déchiffrer en mobilisant les processus séquentiels, puis le réenvisager d'un point de vue global pour apprécier la portée de l'ensemble. De même, un professeur qui voudrait apprécier l'affluence des élèves à son cours peut évaluer globalement la quantité d'étudiants présents (traitement simultané), ou bien les dénombrer un à un (traitement séquentiel).

En procédant à la passation de certaines épreuves n'impliquant aucune verbalisation, le praticien peut aussi utiliser le K-ABC-II dans une perspective purement non verbale (Indice Non Verbal, INV), ce qui est très utile dans le cas de patients présentant des difficultés auditives ou de production langagière.

Le K-ABC-II accorde une place très importante à différents types de mémoire. Nous détaillons ici les différentes épreuves qui composent cette batterie, en respectant leur inclusion bi-théorique (Luria/CHC).

8.2.1. Échelle séquentielle/Gsm (facteur « MCT »)

8.2.1.1. Mémoire immédiate des chiffres

C'est une tâche classique de rappel immédiat de chiffres en ordre direct, qui sollicite donc les fonctions attentionnelles et la MCT. Elle permet de mettre en évidence l'empan auditif dont dispose l'enfant (pour un exposé plus large, voir précédemment *Mémoire des chiffres en ordre direct* du WISC-IV).

8.2.1.2. Suites de mots

L'enfant doit toucher du doigt une série de dessins familiers dans le même ordre que celui de l'énonciation réalisée par l'expérimentateur. Cette tâche implique la mémoire immédiate auditive et visuelle, ainsi que la MT, et comporte 2 parties : une partie en rappel immédiat, et une autre en rappel après interférence (dénomination de couleurs), ce qui permet d'apprécier la

qualité de la fixation mnésique et les éventuels effets de dégradation causés par une tâche distractive placée entre la présentation et le rappel.

8.2.1.3. Mouvements de main (optionnel)

L'enfant doit reproduire une séquence de *Mouvements de mains* (3 positions possibles) dans le même ordre que celui montré par l'examineur. Cette épreuve mobilise donc la mémoire visuelle via la sphère motrice, ce qui est souvent intéressant du point de vue clinique (tonus corporel, rapidité et force d'exécution, dextérité manuelle, coordination mémoire/geste, etc.). Certains enfants peuvent d'ailleurs initier des stratégies de mémorisation par vocalisation.

8.2.2. Échelle simultanée/Gv (facteur « traitement visuel »)

Planification spatiale

On montre à l'enfant un petit chien en plastique, ainsi qu'un quadrillage figurant sur un chevalet de présentation et représentant plusieurs chemins possibles pour que le chien atteigne son os, en contournant certains obstacles (buissons, rochers). L'enfant doit donc procéder à une évaluation visuelle de la situation (MCT visuelle) et envisager plusieurs possibilités de trajet (MT), tout en dénombrant les cases nécessaires pour chaque trajet possible (mémoire procédurale impliquée dans les conduites de dénombrement). Cette tâche ludique, et donc susceptible d'être perturbée par des facteurs affectifs, sollicite de prime abord les fonctions exécutives et, en particulier, la planification de scénarios visuo-spatiaux. La MT intervient notamment dans la régulation des conduites de dénombrement et d'anticipation.

8.2.2.1. Triangles

Les procédures visuo-practo-spatiales mises en jeu dans cette épreuve, impliquent particulièrement les fonctions exécutives et sont proches de celles que mobilise le subtest *Cubes* du WISC-IV. En effet, l'enfant doit reconstituer avec des triangles en mousse bicolores (jaunes d'un côté et bleus de l'autre), des ensembles non signifiants présentés sur un chevalet. La MT visuelle est donc sollicitée puisque l'enfant doit découvrir et assimiler des schèmes d'action synthétiques tout en confrontant sa réalisation en cours avec le modèle. Plus la difficulté augmente, plus les prégnances visuelles sont importantes, ce qui implique l'inhibition des effets de leurre, fonction qui dépend de l'administrateur central.

8.2.3. Planification/Gf (facteur « raisonnement fluide »)

8.2.3.1. Histoires à compléter

À partir d'un carnet de présentation, on propose à l'enfant plusieurs images formant un scénario chronologique de la vie courante (par exemple : déroulement d'une fête d'anniversaire, différentes étapes de préparation d'un plat, etc.). Une étape est manquante, matérialisée par un cadre blanc, et l'enfant doit sélectionner, parmi plusieurs images présentées visuellement sous forme

de cartes, l'image correspondant à l'étape manquante. Puisqu'une synthèse des données visuelles est nécessaire pour identifier la trame de l'histoire, la MT visuelle est mobilisée (calepin visuo-spatial), ainsi que la mémoire épisodique chargée de réactiver la connaissance de scénarios familiers en MLT.

8.2.3.2. Séquences logiques

Il s'agit d'une épreuve d'induction de corrélats qui sollicite globalement les mêmes types de processus que l'épreuve *Matrices* du WISC-IV (voir précédemment). La MT est donc particulièrement sollicitée via la supervision et la coordination d'un ensemble de conduites cognitives complexes et simultanées.

8.2.4. Apprentissages/Glr (facteur « stockage et récupération en MLT »)

8.2.4.1. Mémoire associative

On présente à l'enfant différents stimulus signifiants appartenant à 3 catégories (poissons, algues, coquillages). On baptise progressivement chaque stimulus avec un pseudo-mot. L'enfant doit donc mémoriser les noms des images puis retrouver, parmi plusieurs possibilités, l'image correspondant à chaque pseudo-mot. La longueur de ces derniers est fonction de la catégorie d'appartenance du stimulus (par exemple, les noms de poissons ne comportent qu'une syllabe et les noms d'algues sont constitués de deux syllabes). En plus des capacités de mémorisation associative (dans ses dimensions sémantiques et visuelles), cette épreuve met donc aussi en jeu la mémoire des catégories. Certains items peuvent faire l'objet de stratégies mnémotechniques qui, si elles sont spontanément initiées, permettent de recueillir de précieuses informations cliniques : en effet, dès lors que l'enfant accède à un traitement plus fluide de certains stimulus, il soulage en partie sa MT, ce qui permet des apprentissages plus nombreux et plus complexes.

Notons que, selon les consignes, l'enfant peut profiter d'étayages lorsqu'il commet des erreurs, ce qui est particulièrement intéressant pour apprécier ses capacités d'apprentissage évolutives spontanées.

8.2.4.2. Mémoire associative – [Rappel] différé

Le rappel différé des apprentissages associatifs intervient 15–20 min après l'apprentissage dit « immédiat ». On présente à nouveau les stimulus à l'enfant et il doit les reconnaître un par un, ce qui permet d'apprécier la qualité de fixation sémantico-visuelle et la robustesse d'un éventuel souvenir des catégories d'appartenance en fonction de la longueur des pseudo-mots.

8.2.4.3. Apprentissage de codes

Il s'agit d'une épreuve visant à évaluer les capacités d'apprentissage d'un code langagier. À partir du chevalet de présentation, on associe progressivement des mots à différents symboles non signifiants qui forment en fait un code assez proche d'un système de rébus ou de hiéroglyphes. L'enfant doit donc apprendre la signification des symboles, qui gagnent en complexité et conduisent à l'élaboration d'un langage et à la découverte de courts récits –

(principes proches de l'apprentissage de la lecture). La MT auditivo-verbale est donc nécessaire, ainsi que la mémoire associative visuo-sémantique, les habiletés langagières, et donc la mémoire procédurale.

Des aides par correction sont proposées au cours de l'épreuve, ce qui mobilise les capacités de vicariance mnésique et les processus d'inhibition des informations non pertinentes (administrateur central de la MT).

8.2.4.4. Apprentissage de codes – [Rappel] différé

Le rappel différé intervient 15–20 min après la mémorisation immédiate. Elle vise à évaluer la solidité des fixations sémantico-visuelles.

8.2.5. Connaissances/Gc (facteur « intelligence cristallisée »)

8.2.5.1. Connaissances culturelles

Il s'agit d'une épreuve de reconnaissance visuelle destinée à évaluer le bagage culturel de l'enfant – dans plusieurs domaines : anatomique, animalier, géographique, scientifique, etc. On lui demande, à chaque item, d'identifier visuellement un concept présenté sur un chevalet parmi plusieurs autres stimulus. Par exemple, – item factice – « Montre-moi ce qu'on peut mettre sur les mains en hiver » : l'enfant doit désigner les gants, sans nécessairement les nommer. Il semblerait que ce soit le système de représentation perceptive[□] qui intervient de prime abord, puisque l'enfant doit tenir compte de la dimension auditive des concepts et de leur structure visuelle, tout en récupérant une information stockée en MLT (mémoire déclarative sémantique). La mémoire auditive à court terme est donc nécessaire. La MT visuelle est également impliquée puisque l'enfant doit tenir compte de plusieurs concepts proposés visuellement, tout en procédant à une recherche de connaissances antérieures. Lorsque le niveau de difficulté augmente, la MT régule aussi les processus d'inhibition sélective nécessaires.

8.2.5.2. Devinettes

Cette épreuve classique de devinettes mobilise en premier lieu la mémoire déclarative, mais aussi la MCT auditivo-verbale ainsi que la MT qui régule la coordination de différents processus. En effet, l'enfant doit écouter les différents indices qui lui sont énoncés, les mémoriser, procéder à leur synthèse, puis confronter le résultat de ce travail à l'ensemble de ses connaissances stockées en mémoire sémantique. Il n'est pas rare que la mémoire dite « émotionnelle » se manifeste dans certaines réponses puisque les représentations mentales de l'enfant sont impliquées, et donc, nécessairement aussi, les émotions qui y sont associées.

8.3. La NEMI-2 (Nouvelle Échelle Métrique de l'Intelligence – 2^e édition)

Comme l'explique Meljac dans la préface du *Manuel* (Cognet, 2006), cet outil français s'inscrit dans une longue tradition clinique, initiée par Binet et Simon en 1905 et poursuivie par Terman et Merrill aux États-Unis, via la conception

du Stanford-Binet, puis du Terman-Merrill. La NEMI-2 est une refonte de la célèbre NEMI de Zazzo (1966). Cette nouvelle version, étalonnée auprès de 858 participants, présente notamment l'avantage de « coller » en un temps record (40 min environ) à l'univers intellectuel de l'enfant, avec une souplesse clinique très appréciable, ce qui permet de proposer des épreuves complémentaires s'il le faut. De plus, alors que la version précédente était principalement verbale, la NEMI-2 propose aussi d'évaluer les raisonnements dits « fluides » (subtest *Matrices analogiques*), ainsi que visuo-spatiaux et grapho-moteurs (subtests optionnels *Copie de figures* et *Comptage de cubes*). Différents types de processus mnésiques sont donc observables.

Dans une publication récente, Vannetzel et Cognet (2009) proposent une analyse détaillée de ce nouvel outil dit « de première intention », exclusivement français, qui présente notamment l'avantage de couvrir à la fois le cycle des premiers apprentissages (maternelle) et celui de l'école primaire (enfants âgés de 3 ans 6 mois à 12 ans).

8.2.5.2. *Connaissances*

On évalue oralement, sur un mode question/réponse, les connaissances concrètes dont dispose l'enfant dans des domaines variés : anatomie, zoologie, botanique, physique, géographie, histoire. Ce subtest apprécie donc la capacité globale de l'enfant à acquérir un ensemble de savoirs, de manière active et passive (mémoires implicite et explicite^[1]). Très sensible à l'influence socioculturelle, l'épreuve *Connaissances* mobilise particulièrement la mémoire déclarative/sémantique.

8.2.5.3. *Comparaisons*

Cette épreuve de catégorisation comporte 2 parties.

1. La partie *Comparaison-différences* est destinée aux enfants de moins de 8 ans. L'examinateur présente oralement 2 termes concrets (de type objets, animaux, fruits) et l'enfant doit en dégager des différences significatives. La consigne de l'épreuve sollicite d'emblée l'imagerie visuelle et les représentations mentales associées aux concepts énoncés (« Tu as déjà vu une pomme ? Tu as déjà vu un melon ? Quelle différence il y a entre une pomme et un melon ? » – item factice –). La MLT intervient donc de prime abord dans la reconnaissance des concepts évoqués. L'enfant doit ensuite procéder à une comparaison entre les stimulus stockés en mémoire auditive à court terme pour en identifier les différences, ce qui met en jeu la mémoire sémantique et la MT.
2. La partie *Comparaison-ressemblances* est proche de l'épreuve *Similitudes* du WISC-IV. Destinée aux enfants capables de catégoriser des concepts verbaux (plus de 8 ans ou n'ayant pas atteint le critère d'arrêt de la partie *Différences*), elle propose 3 termes inducteurs (4 items), puis 2 (13 items) dont l'enfant doit dégager la catégorie d'appartenance. Cette partie fait appel à la mémoire sémantique, donc à la MLT, et met aussi en jeu, a minima, la MT puisqu'il s'agit de conserver les stimulus verbaux en mémoire auditive, de rechercher les caractéristiques communes aux

termes proposés, et d'identifier la catégorie d'appartenance (mémoire des catégories), tout en inhibant les différences qui s'imposent initialement (administrateur central de la MT).

Notons que le passage d'une tâche à l'autre, lorsque l'âge et le niveau de réussite de l'enfant l'autorisent, permet d'évaluer qualitativement les aptitudes du participant à fonctionner selon des registres de traitement différents (procédures de vicariance).

8.2.5.4. *Matrices*

Cette épreuve de raisonnement logique a été spécifiquement élaborée pour explorer les raisonnements « fluides » dans cette échelle à forte connotation verbale. Contrairement à de nombreuses épreuves du même type, ces *Matrices* sont exclusivement constituées de stimulus non signifiants afin que la mémoire dite « émotionnelle » n'interfère pas, ou peu, avec les raisonnements logiques ciblés. Cette tâche classique de déduction/induction sollicite donc la mémoire visuelle à court terme, et surtout la MT : l'enfant doit en effet découvrir les règles de transformations nécessaires, en assimiler la logique sous-jacente, puis conserver la représentation de ces règles en mémoire tout en recherchant la réponse adéquate parmi plusieurs possibilités. L'administrateur central régule la coordination des différents processus cognitifs, notamment attentionnels, et intervient aussi dans l'inhibition des éventuels effets de leurre perceptif. *Le Manuel* de la NEMI-2 (Cognet, 2006) propose un exposé détaillé des différentes opérations logiques impliquées à chaque item (rotation, symétrie, appariement, etc.).

8.2.5.5. *Vocabulaire*

L'enfant doit définir des termes qui lui sont proposés (27 mots de vocabulaire de complexité croissante). Assez proche du subtest *Vocabulaire* du WISC-IV (voir précédemment), cette épreuve métalinguistique a pour but d'apprécier l'étendue du stock lexical de l'enfant et implique donc la mémoire déclarative (MLT), dans ses composantes sémantiques, et la mémoire non déclarative (implicite) dans ses composantes phonologiques. Au-delà de l'examen du stock lexical en lui-même, ce subtest permet l'analyse qualitative des capacités de l'enfant à « savoir dire ».

8.2.5.6. *Adaptation sociale (optionnel)*

On demande à l'enfant d'expliquer certaines situations de la vie quotidienne ou faisant référence à des normes sociales. L'enfant doit activer des représentations stockées en mémoire déclarative – parfois autobiographique lorsqu'il s'appuie sur des données personnelles – pour produire une réponse verbale.

8.2.5.7. *Répétition de chiffres (optionnel)*

Cette tâche classique de répétition de chiffres est composée de 2 sous-parties :

1. *Répétition de chiffres à l'endroit* (7 items, empan max. = 8) ;
2. *Répétition de chiffres à l'envers* (5 items, nombre de chiffres max. = 6).

Chaque item comporte 3 essais. L'épreuve d'empan à l'endroit mobilise surtout la mémoire auditive immédiate. L'épreuve à rebours implique davantage la MT, et éventuellement le calepin visuo-spatial si l'enfant a recours à une stratégie de mémorisation visuelle.

8.2.5.8. Copie de figures (optionnel)

Les enfants de moins de 9 ans doivent copier plusieurs figures qui sont présentées sur le protocole de passation. La MCT visuelle est donc nécessaire, ainsi que différents processus coordonnés par l'administrateur central de la MT (coordination, planification). Les habitudes graphiques interviennent également, et donc la mémoire implicite procédurale.

8.2.5.9. Comptage de cubes (optionnel)

Cette épreuve visuo-spatiale est destinée aux enfants de plus de 9 ans. Des empilements de cubes sont représentés en deux dimensions sur un livret de stimulus. Il est demandé au participant de les dénombrer. Il doit, à chaque item, prendre en compte les cubes qui apparaissent, mais aussi envisager ceux qui n'apparaissent pas. Particulièrement sensible aux difficultés attentionnelles (anxiété, impulsivité, etc.) et de représentation visuo-spatiale (type dyspraxie), cette épreuve implique la connaissance des faits numériques, et donc la mémoire implicite procédurale, ou non déclarative, pour activer les procédures de comptage. La MT intervient particulièrement puisque l'enfant doit procéder au dénombrement d'une quantité tout en se représentant mentalement les cubes invisibles.

9. Le problème du choix des épreuves

9.1. Quels sont les meilleurs tests ?

Bien que cette question revienne fréquemment, il est impossible d'y répondre en mentionnant le nom de tel ou tel test. En principe, tout test qui a été conçu à partir de normes psychométriques scientifiques est valide. La vraie question serait plutôt : quels critères doivent être pris en compte au moment de choisir une épreuve mnésique ?

Soulignons que les facteurs à envisager sont nombreux et qu'il n'est pas toujours possible d'opter pour la technique appropriée dans les cas particuliers. Il faut considérer les hypothèses de départ, c'est-à-dire les causes et les objectifs de l'examen (objectifs diagnostiques ou thérapeutiques), tenir compte de l'âge chronologique et mental de l'enfant, mais aussi d'éventuels déficits sensoriels, moteurs, cognitifs (ou autres), qui sont susceptibles d'interférer avec la mesure et d'invalider les résultats (ce qui est assez fréquent dans le cas de patients atteints de troubles neurologiques).

En résumé, le meilleur test sera celui qui apporte le plus d'informations dans le domaine que l'examineur veut évaluer, après avoir considéré toutes les variables mentionnées précédemment.

Pour la pratique quotidienne, il est parfois suffisant de pratiquer l'examen avec parcimonie et de s'efforcer d'acquérir de l'expérience avec une ou deux techniques de base, de large application, en fonction du type de patients qui est accueilli dans chaque institution. Toutefois, il est nécessaire de disposer d'autres recours pour les cas particuliers.

Il convient bien évidemment de se tenir informé des nouveautés dans ce domaine, des révisions et des aboutissements de recherches réalisées avec ces instruments, ce qui ne signifie pas pour autant qu'il faille sans cesse changer de technique pour être « à la mode » et subir l'influence du marché des tests. L'expérience de l'examineur dans une épreuve précise est un facteur de première importance, et il ne convient pas de remplacer une épreuve par une autre sans avoir de garanties suffisantes du bien-fondé de ce changement.

10. Critiques des tests de mémoire

Une des critiques les plus répandues à propos des tests mnésiques touche au manque de validité écologique⁵. Il est donc nécessaire que les psychologues délimitent clairement les aptitudes mnésiques nécessaires pour vivre de manière autonome, qu'ils définissent aussi les procédures cognitives qui sous-tendent ces aptitudes, ainsi que leurs effets sur le fonctionnement au quotidien.

La validité écologique d'un examen peut être améliorée par le recours aux informations que les proches de l'enfant apportent. Il est également possible d'utiliser des outils qui permettent d'apprécier la qualité de ses activités mnésiques au quotidien (mémoire autobiographique, prospective, mémoire des visages, des noms, mémoire topographique, etc.), via l'observation directe des difficultés du sujet ou encore en utilisant des tests de conduites mnésiques comme le RBMT-E (Wilson, Cockburn et Baddeley, 2005).

Une autre critique fréquemment formulée porte sur le conservatisme des maisons d'édition de tests et sur le retard observable en comparaison avec les progrès des sciences cognitives, tant dans le développement que dans le perfectionnement des instruments. Par exemple, on remarque de plus en plus fréquemment l'introduction de tâches de reconnaissance dans les batteries mnésiques, de rappel différé, de stratégies d'encodage, d'analyse des erreurs, de sensibilité à l'interférence et de tâches qui évaluent l'oubli, mais cela constitue une tendance relativement récente. La conception d'instruments destinés à évaluer la mémoire implicite est encore insuffisante, la majorité des outils se limitant à l'examen de la mémoire déclarative. Enfin, de nombreux tests ne disposent pas de normes satisfaisantes (Moye, 1998).

5. Indice qui fait référence à la possibilité de généraliser des résultats scientifiques à d'autres situations que celle dans laquelle la récolte des données a été réalisée.

Alors que des avancées intéressantes ont été produites durant ces 10 dernières années, il serait souhaitable de pouvoir compter par la suite sur de nouveaux tests cliniques disposant de normes actualisées, tant auprès de groupes d'individus « sains » que de patients présentant des pathologies cérébrales connues. Ce type d'instruments impliquerait de plus solides assises théoriques, une meilleure connaissance des liens entre tests mnésiques et tests d'intelligence, et donc des relations entre les différentes fonctions cognitives et la mémoire, dans une perspective neurodéveloppementale.

Il serait également souhaitable de disposer de versions informatisées de certains tests, ainsi que d'une pluralité de techniques équivalentes, afin d'apprécier une éventuelle évolution tout en évitant l'interférence avec la variable apprentissage, lors d'un retest (Sánchez et Beato, 2001).

Pour résoudre ces problèmes liés à la validité écologique, il faudrait donc concevoir des épreuves permettant d'appréhender les troubles mnésiques tels qu'ils se manifestent dans la vie de tous les jours. Il serait également utile de développer plus d'instruments pour évaluer la mémoire procédurale et la mémoire prospective.

Pour les plus jeunes enfants, il est nécessaire de disposer d'épreuves adéquates destinées aux moins de 5 ans, avec un matériel de présentation plus adapté et attrayant pour cet âge. On aurait également besoin de davantage de questionnaires mnésiques étalonnés pour les enfants, ainsi que d'échelles et de guides d'observation standardisés pour les familles et les enseignants.

11. Conclusion

Chez l'enfant qui ne rencontre pas de difficultés de développement, nous savons que la MT et la MLT fonctionnent en étroite relation et constituent des préalables déterminants pour les capacités d'apprentissage. En revanche, dans le cas de pathologies, on peut observer des déficits sélectifs de tel ou tel secteur mnésique. Au-delà des épreuves classiques qui sollicitent la MCT et la MT (*Répétition de chiffres en ordre direct et en ordre inverse*), il est nécessaire de réaliser une évaluation différentielle en utilisant des épreuves spécifiques clairement opposées deux à deux, comme par exemple MLT et MT, ou encore matériel auditivo-verbal et matériel visuo-spatial. D'autres oppositions mériteraient de faire l'objet de recherches plus poussées, comme par exemple celle entre processus séquentiels et simultanés, ou bien celle entre rappel et reconnaissance.

Il est fondamental de tenir compte de la modalité de présentation du matériel : visuelle, auditive ou verbale, simultanée ou séquentielle, immédiate ou différée, rappel libre ou indicé. Lors des épreuves chronométrées, il faut prêter attention au temps de présentation des stimulus et au temps autorisé pour la réponse.

La comparaison du rendement de l'enfant en fonction de ces différentes conditions facilite une distinction plus efficace entre les processus déficitaires et les processus préservés, ce qui permet d'affiner le diagnostic et

d'envisager ainsi les aides thérapeutiques appropriées. Par exemple, si un enfant réussit facilement les situations de reconnaissance, et qu'en revanche il est en difficulté lors de tâches de rappel, on peut conclure que l'information a bien été enregistrée et que le problème se situe davantage du côté des processus de récupération de l'information stockée. Il est également très important de vérifier si la perte d'information entre le rappel immédiat et le rappel différé est normale ou pathologique. En effet, certains enfants apprennent rapidement mais oublient tout aussi rapidement.

Il ne faut pas oublier qu'aucune tâche n'est totalement « pure », qu'aucune épreuve ne permet de tirer de conclusion définitive, et qu'il existe toujours de multiples sphères cognitives qui sont impliquées. Cela nécessite de procéder à l'examen de plusieurs domaines et de confronter les résultats des diverses épreuves sur un véritable plan déductif. Les échecs isolés n'ont aucune valeur intrinsèque. Seul un échec massif dans toutes les épreuves, ou un déficit qui atteint de manière significative un secteur mnésique précis, peut donner lieu à une interprétation en termes de pathologie.

Un autre aspect à prendre en compte est la distinction entre :

- les manifestations de la mémoire spontanée, qui ne nécessite pas d'intervention consciente de la part du sujet (c'est le cas des souvenirs incidents ou de la biographie personnelle, très sensibles aux états émotionnels) ;
- la mémorisation volontaire ou les apprentissages intentionnels, qui dépendent quant à eux d'une décision volontaire, et qui exigent un effort mental particulier, conscient, généralement répété (révisions) pour assimiler l'information ou en empêcher l'oubli.

Rappelons qu'en ce qui concerne les apprentissages scolaires, certains relèvent du « savoir-faire », et sont donc dépendants de la mémoire procédurale (par exemple la lecture ou l'écriture). D'autres, en revanche, constituent des savoirs académiques, de nature déclarative, sémantique, épisodique ou encore issus de processus multimodaux.

En général, les souvenirs biographiques sont particulièrement robustes dans le cas de pathologies organiques, neurologiques ou développementales, et très sensibles aux variations psychoaffectives et aux pathologies psychodynamiques. Au sein des MLT, la dissociation entre la mémoire des événements, qui serait bien conservée, et la mémoire didactique⁶ (affectée) est souvent caractéristique d'un dysfonctionnement mnésique intrinsèque, non psychogène.

Il faut également tenir compte du fait que la mémoire explicite est difficilement évaluable de manière formelle avant l'âge de 5 ans environ. Il faut donc avoir recours à des techniques différentes des tests traditionnels durant cette période précoce du développement. Les batteries mnésiques standardisées existantes sont d'une aide précieuse, mais aucune n'apporte de réponse systématique aux interrogations que sollicite chaque patient spécifique.

6. Il s'agit de la mémoire associée à des stratégies de mémorisation volontaire pour les connaissances académiques, scolaires, encyclopédiques.

Ainsi, il n'est pas toujours nécessaire de réaliser un examen complet, et un professionnel expérimenté peut parfois se contenter de certaines épreuves sélectionnées en fonction du contexte clinique.

Au terme de cet exposé, nous devons évidemment souligner que l'examen de la mémoire est un thème complexe, difficile à aborder, et qu'il exige le recours à différents tests. Les relations étroites entre la mémoire et le reste des fonctions cognitives impliquent nécessairement d'isoler les variables, mais aussi d'analyser les corrélations, les associations et les dissociations entre ces variables en tenant compte du fonctionnement global de l'individu. Dans le cas des enfants, il ne faut jamais perdre de vue la dimension du développement. Enfin, rappelons que l'examen de la mémoire de l'enfant doit toujours être réalisé dans le contexte d'une évaluation globale.

De plus, il n'existe jusqu'à présent aucun test permettant d'évaluer des aspects « purs » de la mémoire, ou pouvant se réduire à la question récurrente d'une simple estimation chiffrée. Le diagnostic est toujours réalisé sous la responsabilité du clinicien, qui mobilise toutes ses connaissances et son expérience afin d'identifier et de délimiter le problème mnésique, de mettre à jour les facteurs actifs qui le sous-tendent, et de proposer une issue thérapeutique afin d'améliorer ou de compenser les déficits éventuels observés.

Références

- Adams W, Sheslow D. Wide Range Achievement of Memory and Learning. Wilmington: Jastak Assessment System; 1990.
- Adams W, Sheslow D. Wide Range Achievement of Memory and Learning. 2.^a ed. (WRAML II). Wilmington: Jastak Assessment System; 2003.
- Baddeley AD. The Episodic Buffer: a New Component of Working Memory? *Trends in Cognitive Science* 2000;4:417-423.
- Baron IS. Neuropsychological evaluation of the child. New York: Oxford University Press; 2004.
- Bekerian, D, Dhillon, D, O'Neill, MH. The Children's Autobiographical Memory Inventory. Valencia: Poster presentation. Paper presented at the 3rd International Conference on Memory; 2001.
- Benedet MJ, Alejandre MA, Pamos A. Test de Aprendizaje Verbal Española-Complutense Infantil. Madrid: TEA; 2000.
- Benedict R. Brief Visuospatial Memory Test-Revised. Odessa: Psychological Assessment Resources; 1997.
- Benton AL. Test de rétention visuelle de Benton. Paris: ECPA; 1982.
- Bernstein JH, Waber DP. Developmental Scoring System for the Rey-Osterrieth Complex Figure. Manual. Odessa: Psychological Assessment Resources; 1996.
- Branca M, Alcántud F, Ferrer A, Quiroga M. EDAF - Evaluación de la discriminación auditiva y fonológica. Barcelona: Lebon; 1998.
- Brandt J, Benedict R. Hopkins Verbal Learning Test-Revised. Odessa: Psychological Assessment Resources; 2002.
- Bravo L, Pinto A. Batería de Exploración Verbal para Trastornos de Aprendizaje (BEVTA). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile; 1987.

- Briscoe J, Gathercole S, Marlow N. Everyday memory and cognitive ability in children born very prematurely. *J Child Psychol. Psychiat.* 2001;42:749-54.
- Buschke H. Selective reminding for analysis of memory and learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior.* 1973;12:543-50.
- Carmichael J, MacDonald J. Developmental norms for the sentence repetition test. *Journal of Consulting and Clinical Psychology.* 1984;52:476-7.
- Casullo M, Figueroa N. El test VADS de Koppitz. Buenos Aires: Guadalupe; 1988.
- Chiland C. Épistémologie et psychologie génétiques. In: Lebovici S, Diatkine R, Soulé M, eds. *Nouveau traité de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent.* Paris: PUF; 1985.
- Cognet G. *Nouvelle Échelle Métrique de l'Intelligence – 2^e édition.* Paris: ECPA; 2006.
- Cohen M. *Échelle de mémoire pour enfants.* Paris: ECPA; 2001.
- Colarusso R, Hammill D. *Test de Percepción Visual No Motriz (TPVNM).* Buenos Aires: Panamericana; 1980.
- Cordero A. *MAI, Memoria Auditiva Inmediata.* 1.^a ed. Madrid: TEA; 1978.
- Dalmas F. *La memoria desde la neuropsicología.* Montevideo: Roca Viva; 1993.
- Das JP, Naglieri JA, Kirby JR. *Assesment of cognitive processes : the PASS theory of intelligence.* Boston: Allyn and Bacon; 1994.
- De la Cruz MV. *Aptitudes en Educación Infantil - AEI.* Madrid: TEA; 1999.
- Delis D, Kramer J, Kaplan E, Ober B. *California Verbal Learning Test-Children's Version.* San Antonio: The Psychological Corporation; 1994.
- Denman S. *Denman Neuropsychology Memory Scale.* Charleston. USA: Sydney B. Denman; 1997.
- Deweert B, Kalafat M, van Der Linden M. *California Verbal Learning Test, adapté par Poitrenaud.* Paris: ECPA; 2007.
- Ewing-Cobbs L, Levin H, Fletcher J, Miner M, Eisenberg H. The Children's Orientation and Amnesia Test: relationship to severity of acute head injury and to recovery of memory. *Neurosurgery;* 1990;27:683-91.
- Fastenau PS. Development and preliminary standardization of the «Extended Complex Figure Test» (ECFT). *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology.* 1996;18:63-76.
- Gaonac'h D, Larigauderie P. *Mémoire et fonctionnement cognitif.* Paris: Armand Colin; 2000.
- González Torres M. *La memoria.* En: J. Peña-Casanova, ed. *La exploración neuropsicológica.* Barcelona: MCR; 1988.
- Goodman A, Delis D, Mattson SN. Normative data for 4-year-old children on the California Verbal Learning Test-children's Version. *The Clinical Neuropsychologist.* 1999;13:274-82.
- Grégoire J. *L'examen clinique de l'intelligence de l'enfant.* Liège: Mardaga; 2006.
- Hannay H, Levin H. Visual continuous recognition memory in normal and closed-head-injured adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology.* 1989;11:444-60.
- Hufty A. *Hufty Attention and Memory Test (HAM Test). Version 2.1.* Roma: Itaca; 2004.
- Jambaqué I, Dellatolas G, Dulac O, Signoret JL. Validation de la Batterie d'Efficiencie Mnésique 144, chez l'enfant d'âge scolaire. *ANAE – Approche Neuropsychologique aux Apprentissages chez l'Enfant.* 1991;3:125-35.
- Jambaqué I, Dellatolas G, Nonnez G. Reconnaissance et rappel de figures chez le jeune enfant. *ANAE – Approche Neuropsychologique aux Apprentissages chez l'Enfant.* 1993;5:13-20.

- Kadis D, Stollstorff M, Elliot I, Lach L, Smith ML. Cognitive and psychological predictors of everyday memory in children with intractable epilepsy. *Epilepsy & Behavior*. 2004;5:37-43.
- Kail R. Developmental change in proactive interference. *Child Development*. 2002;73:1703-14.
- Kail RV, Hall LK. Distinguishing short-term memory from working memory. *Memory & Cognition*. 2001;29:1-9.
- Kaufman A, Kaufman N. Batterie pour l'examen psychologique de l'enfant – 2^e édition. Paris: ECPA; 2008.
- Kirk S, McCarthy J, Kirk W. ITPA. Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas. Manual. Madrid: TEA; 1986.
- Koppitz E. The visual aural digit span test. New York: Grune & Stratton; 1979.
- Korkman M, Kemp SL, Kirk U. Developmental assessment of neuropsychological function with the aid of the NEPSY. En: Kaufman A, Kaufman N, eds. *Specific Learning Disabilities: Psychological assessment and evaluation*. Cambridge: University Press; 2000.
- Korkman M, Kirk U, Kemp SL. NEPSY. A Developmental Neuropsychological Assessment. San Antonio: The Psychological Corporation; 1998.
- Korkman M, Kirk U, Kemp S. Bilan neuropsychologique pour enfants. Paris: ECPA; 2003.
- Lezak MD, Howieson DB, Loring DN. Neuropsychological assessment. New York: Oxford University Press; 2004.
- Luria AR. The functional organization of the brain. *Scientific American* 1970;222:66-78.
- Manga D, Ramos F. Neuropsicología de la edad escolar. Madrid: Visor; 1991.
- Mazeau M. Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant. Paris: Masson; 2003.
- Mazeau M. Dysphasies, troubles mnésiques, syndrome frontal chez l'enfant. Paris: Masson; 1999.
- McCarthy D. Escalas McCarthy de Aptitudes y Psicomotricidad para Niños. 3.^a ed. Adaptación española. Madrid: TEA; 1988.
- Meljac C, Castro D, Joubert B. Les tests au XXI^e siècle. *Pratiques psychologiques*. 2006;4:73-80.
- Meljac C. Préface du Manuel. In: Cognet G, ed. *Nouvelle Échelle Métrique de l'Intelligence – 2^e édition*. Paris: ECPA; 2006.
- Mendilaharsu C., et al. Batería de pruebas para el estudio del lenguaje del niño, de acuerdo al modelo de Spreen y Benton. En: Mendilaharsu C, eds. *Estudios Neuropsicológicos*. Montevideo: Delta; 1981.
- Mialaret G. Éléments pour une pédagogie du calcul. Neuchâtel-Paris: Delachaux Niestlé; 1957.
- Molina García S. BADIMALE Batería diagnóstica de la Madurez Lectora. Madrid: CEPE; 1983.
- Montheil MC. Manuel de la feuille de dépouillement de la Figure de Rey: Figures A et B. Paris: ECPA; 1993.
- Mora JA. Batería Evaluativa de las Habilidades Necesarias para el Aprendizaje de la Lectura y Escritura - BEHNALE. Madrid: TEA; 1993.
- Moye J. Nonverbal Memory Assessment with Designs: Construct Validity and Clinical Utility. *Neuropsychology Review*. 1998;7:157-70.
- Osterrieth PA. Le test de copie d'une figure complexe. Contribution à l'étude de la perception et de la mémoire. *Archives de psychologie*. 1945;30:205-353.

- Peralta López F, Narbona García J. Evaluación de la memoria verbal y visual en el ciclo inicial de la EGB. Aportación de un instrumento de medida (MEVECIMEVICI): Estudio piloto. *Acta Pediátrica Española*. 1994;52:24-9.
- Pickering S, Gathercole S. Working Memory Test. Battery for Children. San Antonio: The Psychological Corporation; 2001.
- Portellano J, Mateos R, Martínez R. Cuestionario de Madurez Neuropsicológica Infantil (CUMANIN). Madrid: TEA; 2000.
- Rey A. Test de la figure complexe de Rey. Paris: ECPA; 1960.
- Rey A. El examen clínico en psicología. Buenos Aires: Kapelusz; 1962.
- Rey A. Rey. Test de Copia y de Reproducción de Memoria de Figuras Geométricas Complejas. Manual. 8.ª ed. Madrid: TEA; 2003.
- Rey A. L'examen clinique en psychologie. Paris: Presses Universitaires de France; 1958.
- Reynolds C, Bigler E. Test of Memory and Learning. Austin, Texas: Pro-Ed; 1994.
- Reynolds C, Bigler E. TOMAL-Test de Memoria y Aprendizaje. Madrid: TEA; 2001.
- Rozencwajg P, Huteau M. Les stratégies globale, analytique et synthétique dans les cubes de Kohs. *Psychologie Française*. 2006;41-1, 57-64.
- Ruiz-Vargas JM. Memoria y olvido. Perspectivas evolucionista, cognitiva y neurocognitiva. Madrid: Trotta; 2002.
- Ruiz-Vargas JM. Psicología de la memoria. Madrid: Alianza; 1998.
- Sánchez A, Beato M. Psicología de la memoria. Ámbitos aplicados. Madrid: Alianza; 2001.
- Schneider W, Pressley M. Memory development between two and twenty. 2.ª ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1997.
- Schum R, Sivan A, Benton A. Multilingual Aphasia Examination. Norms for children. *The Clinical Neuropsychologist*. 1989;3:375-83.
- Seashore C, Lewis D, Saetveit D. Test de Aptitudes Musicales. Madrid: TEA; 1992.
- Semel L, Wiig E, Secord W. CELF 3- Clinical Evaluation of Language Fundamentals. Spanish edition. San Antonio: The Psychological Corporation; 1997.
- Signoret JL. Batterie d'Efficiencé Mnésique (BEM 144). Amsterdam: Elsevier; 1991.
- Sivan A. Benton Visual Retention Test. 5th ed. San Antonio: The Psychological Corporation; 1992.
- Soprano AM. Técnicas para evaluar la memoria del niño. *Revista de Neurología*. Barcelona; 2003;37:35-43.
- Spreen O, Strauss E. A compendium of neuropsychological tests. 2.ª ed. New York: Oxford University Press; 1998.
- Talley JL. Children's Auditory Verbal Learning Test-2. Professional Manual. Odessa: Psychological Assessment Resources; 1996.
- Terman L, Merrill M. Escala de Inteligencia Stanford-Binet. Forma L-M. Versión española. Madrid: Espasa Calpe; 1975.
- Torgesen J. A model of memory from an information processing perspective. En: Lyon R, Krasnegor N, eds. *Attention, Memory and Executive Function*. Baltimore: Paul Brooks; 1996.
- Ullman D, McKee D, Campbell D, Larrabee G, Trahan D. Preliminary children's norms for the continuous visual memory test. *Child Neuropsychology*. 1997; 3:171-5.
- Vannetzel L, Cognet G. La NEMI-2: souplesse et rigueur dans l'examen clinique de l'intelligence de l'enfant. *Le Journal des Psychologues* 2009 (In Press).

- Vicari S, Pasqualetti P, Martota L, Carlesimo GA. Word-list learning in normally developing children: effects of semantic organization and retention interval. *Italian Journal of Neurological Sciences*. 1999;20:119-28.
- Wallon P. Une bibliographie automatisée sur la Figure de Rey. In: Wallon P, Mesmin C, eds. *La Figure de Rey : une approche de la complexité*. Saint-Étienne: Les Pluriels de la Psyché; 1998. p. 127-40.
- Wallon P, Mesmin C. *La Figure de Rey : une approche de la complexité*. Saint-Étienne: Les Pluriels de la Psyché; 1998.
- Warrington EK. *Recognition Memory Test (RMT)*. Odessa: Psychological Assessment Resources; 1984.
- Wechsler D. *Échelle d'intelligence de Wechsler pour adultes – 3^e édition*. Paris: ECPA; 2000.
- Wechsler D. *Échelle clinique de mémoire, troisième révision*. Paris: ECPA; 2001.
- Wechsler D. *Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants – 4^e édition*. Paris: ECPA; 2005.
- Wechsler D. *Escala de Memoria de Wechsler III (WMS-III)*. Madrid: TEA; 2004.
- Wechsler D. *Test de inteligencia para pre-escolares (WPPSI)*. Buenos Aires: Paidós; 1983.
- Wechsler D. *Wechsler Memory Scale-Third Edition*. San Antonio: The Psychological Corporation; 1997.
- Wilson BA, Cockburn J, Baddeley AD. *The Rivermead Behavioural Memory Manual*. Suffolk: Thames Valley Test Co.; 2000. p. 7-9.
- Wilson BA, Cockburn J, Baddeley AD. *The Rivermead Behavioural Memory Test – Enfants*. Paris: ECPA; 2005.
- Wilson B, Ivani-Chalian R, Aldrich A. *Le Rivermead Behavioural Memory Test pour enfants de 5 à 10 ans*. Paris: ECPA; 2005.
- Wilson B, Ivani-Chalian R, Besag FM, Bryant T. Adapting the Rivermead Behavioural Memory Test for use with children aged 5 to 10 years. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 1993; 15: 474-86.
- Williams J. *Memory Assessment Scales*. Odessa: Psychological Assessment Resources; 1991.
- Yuste C. *MY Tests de Memoria*. Madrid: TEA; 1989.
- Zazzo R, Gilly M, Verba-Rad M. *La nouvelle échelle métrique de l'intelligence*. Paris: EAP; 1966.
- Zazzo R. *Manual para el examen psicológico del niño*. Madrid: Fundamentos; 1976.

CHAPITRE 6

Les méthodes d'intervention pour les troubles mnésiques chez l'enfant

A.-M. Soprano

1. La métaphore de la volière et l'importance des 3R

Dans son *Théétète*, le philosophe grec Platon comparait la mémoire à une volière : acquérir un nouveau souvenir correspondrait à ajouter un nouvel oiseau à la volière, tandis que le fait de se souvenir reviendrait à capturer un oiseau pour l'observer. Cette métaphore met en évidence qu'il existe une nette distinction entre le stockage et la récupération. Un oiseau (événement ou élément de connaissance) peut être dans la volière (stock de la mémoire), sans toutefois être capturé (rappelé) à un moment donné. Nous pouvons cependant parvenir à le capturer un peu plus tard (expérience familière de se souvenir de quelque chose dont nous avons été incapables de nous rappeler antérieurement).

Cette métaphore fournit différentes raisons susceptibles d'expliquer pourquoi le souvenir d'un événement peut être inaccessible à un moment donné. L'oiseau peut ne jamais avoir été capturé et placé dans la cage (c'est-à-dire que la représentation de cet événement n'a jamais été établie). L'oiseau peut aussi mourir en captivité et, par conséquent, il sera absent lorsqu'on le cherchera par la suite (c'est-à-dire que la trace mnésique du souvenir peut avoir été effacée du stock mnésique). Autre possibilité déjà mentionnée : nous pouvons être incapables de capturer à nouveau, lorsque nous le désirons, cet oiseau précis parmi les mille autres présents dans la cage (échec dans le souvenir ou dans la récupération). Ces trois explications possibles aux problèmes mnésiques peuvent être identifiées comme des défaillances d'enregistrement, de rétention et de récupération (Ellis et Young, 1992). Un événement ou une information dont on doit

se souvenir par la suite doivent être enregistrés, conservés en mémoire et susceptibles d'y être récupérés.

Par conséquent, et au-delà des différentes théories, il est très utile de garder à l'esprit les **3R** pour envisager les méthodes possibles et les recours susceptibles d'optimiser la mémoire : en**R**egistrement, **R**étention et **R**écupération¹.

Un programme d'intervention efficace se devrait de solliciter ces trois processus qui, par ailleurs, sont étroitement reliés. Cependant...

2. Est-il possible d'apprendre à se souvenir ?

On suppose généralement qu'il n'est pas nécessaire d'apprendre à se souvenir, que la mémoire mûrit et se développe spontanément comme n'importe quel autre organe physique. Cependant, de nombreux éléments suggèrent que certains aspects de la mémoire humaine relèvent de l'apprentissage² et que le milieu social influence la qualité du développement mnésique des enfants.

Comme nous l'avons vu précédemment (voir chapitre 3), les chercheurs ont montré que toutes les mères ne s'adressent pas à leurs enfants de la même manière, que ce soit pour les éduquer, les appeler ou pour s'entretenir avec eux. Il existe différents styles de conversation à propos d'un souvenir, et chaque mère tend à en privilégier certains. Les enfants dont les mères ont tendance à commenter leurs expériences, à les stimuler par des questions et à enrichir leurs narrations, sont généralement plus aptes à se souvenir d'un événement que ceux dont les mères communiquent seulement de manière pragmatique. Cela montre que le contexte social influe sur le souvenir d'une expérience, tant au moment de partager cette expérience que lorsqu'on en évoque le souvenir (Nelson, 1996).

De plus, comme nous le savons déjà, la mémoire dépend également en partie des connaissances de base. Celles-ci sont acquises dans l'environnement quotidien et surtout par le biais de l'éducation formelle. Il en va de même avec les techniques d'étude que l'on apprend à l'école et dont l'usage adéquat permet d'augmenter les capacités de rétention et l'efficacité mnésique. Enfin, si dans le cadre du développement normal les enfants peuvent être entraînés à tirer davantage profit de leurs capacités mnésiques innées, cela permet de supposer que dans le cadre de la pathologie, et à l'intérieur des limites que celle-ci impose, il est également possible d'améliorer le rendement mnésique en utilisant probablement les mêmes recours éducatifs que ceux employés dans l'enseignement traditionnel, mais en les adaptant aux caractéristiques du sujet envisagé (Van't Hooft, 2005).

3. Les aspects généraux du traitement

Jusqu'au début des années 1980, la stratégie de remédiation la plus fréquente dans le domaine de la mémoire consistait à réaliser des jeux et des exercices mnésiques répétitifs. Toutefois, de nombreuses études ont

1. Dans le texte original en espagnol : *Registro, Retención y Recuperación*.

montré l'inefficacité de telles méthodes, qu'il s'agisse de conceptions informatisées avec l'utilisation d'un ordinateur ou de méthodes traditionnelles de type « papier-crayon ». La répétition mécanique, à elle seule, n'améliore pas le rendement mnésique puisque les progrès enregistrés en laboratoire ne s'étendent pas, par la suite, aux situations correspondantes de la vie quotidienne (Wilson et Evans, 2003).

Actuellement, trois lignes de recherche principales se dessinent : celle qui vise à l'amélioration des méthodes d'apprentissage, celle qui se centre sur l'adaptation de l'environnement, et celle qui étudie le développement et l'application de nouvelles technologies.

3.1. Les méthodes pour améliorer les apprentissages

3.1.1. Imagerie visuelle et apprentissage « sans erreurs »

De nombreuses études ont montré qu'il est possible, en utilisant des stratégies d'apprentissage, d'enseigner de nouvelles connaissances lexicales à des patients amnésiques malgré la difficulté que cela représente. On a, par exemple, prouvé que le recours à des stratégies d'imagerie visuelle s'avère toujours plus efficace que l'apprentissage basé sur la simple répétition mécanique (Boget et Penadés, 2000 ; Dynes, 2002).

La méthode d'apprentissage « sans erreurs » constitue également une technique utile. Comme son nom l'indique, cette méthode implique d'apprendre sans faire de fautes. La majorité des personnes apprennent ou bénéficient de leurs erreurs car elles s'en souviennent et, par conséquent, évitent de les reproduire. Cependant, les patients présentant un déficit en mémoire épisodique^[1] ne peuvent se souvenir de leurs erreurs, car le processus de remémoration échoue au moment de les corriger. On sait que les sujets amnésiques sont capables d'acquérir de nouvelles connaissances grâce à la préservation de la mémoire implicite^[2], c'est-à-dire qu'ils peuvent apprendre certaines choses d'une façon quasi normale, sans toutefois en être conscients ni se souvenir de les avoir apprises. De nombreuses tentatives qui visaient à enseigner à des patients amnésiques des contenus déterminés (par exemple en informatique) n'ont abouti qu'à des résultats très limités. Une des raisons de cet échec pourrait être la faible capacité de la mémoire implicite à éliminer les erreurs. En effet, éliminer les erreurs relève de la mémoire explicite^[3] et non de la mémoire implicite. Si les patients ne peuvent avoir recours qu'à la mémoire implicite, comme c'est le cas dans l'amnésie, l'apprentissage de type essai-erreur s'avère un processus lent et laborieux. D'autre part, pour augmenter son efficacité, l'apprentissage sans erreur doit être associé à une méthode d'apprentissages progressifs, c'est-à-dire à des exercices courts répétés à fréquence élevée.

3.1.2. Les techniques d'étude

Elles représentent un ensemble d'aides favorisant la mémorisation de textes en prose qui contiennent des informations structurées et signifiantes. Le

contexte scolaire en est l'exemple typique. Il existe à ce sujet une grande variété de méthodes (Serafini, 2005). L'une des plus populaires se nomme **PQ4R** (*Preview, Question, Read, Reflect, Recite, Review*).

Cette méthode sollicite l'encodage actif par le biais de techniques d'*autoquestionnement* qui reposent sur un plan prenant en compte les points importants du texte. L'étude d'un chapitre comporte six phases.

1. Lecture rapide (coup d'œil sur l'ensemble).
2. Élaboration de questions sur le texte en utilisant le plus possible les titres et les sous-titres.
3. Lecture du texte en s'efforçant de répondre aux questions.
4. Réflexion sur le sens du texte, mise en relation avec d'autres connaissances présentes en mémoire, élaboration du contenu.
5. Rappel du contenu après chaque rubrique, en essayant de répondre à nouveau aux questions précédemment élaborées.
6. Révision du contenu du chapitre en insistant sur les points importants et en revenant sur les questions.

Il existe d'autres méthodes :

- **PQRST** : *Preview, Question, Read, State, Test, Preview*, survoler le texte pour en extraire un sens général. *Question*, poser des questions-clés pour investiguer le contenu. *Read*, lire le texte de façon active pour répondre aux questions. *State*, répéter l'information lue. *Test*, tester l'efficacité en répondant aux questions préalablement élaborées.
- **IPLRR²** : Inspection, Poser des questions, Lecture, Répétition, Révision.
- **EPLER³** : Exploration, Poser des questions, Lecture active, Explication, Révision.
- **2L, 2S, 2R** : Lecture exploratoire (tout le chapitre), Lecture informative (par paragraphe), Soulignage des points importants, Synthèse du paragraphe, Récitation de la synthèse, Révision générale.

Comme on peut le constater, toutes ces méthodes, bien que légèrement différentes, ont pour point commun de faciliter l'extraction des idées principales et leur organisation. Elles sont plus globales et complexes que les méthodes mnémotechniques parce qu'elles exigent de comprendre le texte. En effet, comprendre implique de surajouter les informations et perceptions nouvelles aux schémas, scénarios et conceptions déjà présents en mémoire qui, de cette manière, s'enrichissent et se modifient. Ce processus implique d'accéder à des analogies et à des mises en relation, qui sont d'autant plus évidentes que les matériaux de l'étude sont assimilés de manière personnelle.

Dans tous les cas, il ne suffit pas de lire un texte pour s'en approprier le contenu. D'autres actions sont également requises : *souligner, prendre des notes, concevoir des tableaux synoptiques*, etc. Celles-ci aident à

2. Dans le texte original en espagnol : *Inspección, Preguntas, Lectura, Repetición, Repaso*.

3. Dans le texte original en espagnol : *Exploración, Preguntas, Lectura activa, Explicación, Repaso*.

comprendre et à mémoriser le texte qui a été lu, à le mettre en relation avec les autres informations dont nous disposons et à élaborer une structure qui puisse être utilisée pour en rendre compte sous forme écrite ou orale. En d'autres termes, il s'agit de passer de la lecture à l'étude. De plus, l'usage de représentations graphiques, organigrammes, cartes et routes conceptuelles, diagrammes de flux et schémas de contenu, permet un double encodage – visuo-verbal – qui facilite aussi la mémorisation (Ledo, 1997 ; Quintanal, 1997).

En ce qui concerne les enfants scolarisés, il est fondamental que les enseignants favorisent l'acquisition d'habiletés de compréhension en lecture en incitant leurs élèves à identifier et à intérioriser la structure d'un texte, à le résumer (oral et écrit), à appliquer des macro-règles (d'omission ou de sélection, de généralisation et d'intégration) et à réaliser des inférences. Les exercices de lecture conjointe ou partagée peuvent constituer un recours intéressant. Un lecteur aguerri apporte à un élève l'aide dont il a besoin pour comprendre le texte : l'accompagnateur lui sert de modèle, il verbalise les opérations qu'il réalise mentalement, identifie les difficultés avec l'élève, éclaire les zones d'ombre et insiste sur les points particulièrement difficiles. Ainsi, face à une lecture lente et hésitante durant laquelle l'élève perd rapidement le fil de ce qu'il est en train de lire, l'accompagnateur peut prendre en charge toutes les activités précédemment décrites que l'élève n'est pas capable de réaliser : contextualiser, identifier le schéma, s'interroger lui-même, extraire l'idée principale – c'est-à-dire toute les actions qui facilitent la compréhension du texte (Ramos et Cuetos, 1999 ; García Madruga, Elosúa et Gutiérrez, 1999 ; Aguado, Cruz et Domezain, 2003).

3.1.3. Les méthodes mnémotechniques

La plus ancienne méthode mnémotechnique, qui était déjà utilisée par les orateurs grecs, est la *méthode des localisations*, qui est en réalité une technique de récupération basée sur des images. Cicéron rapporte l'histoire du poète Simonide de Céos (556–468 av. J.-C.) qui fut capable d'identifier les convives d'un banquet morts dans un éboulement : il put, en effet, se souvenir de la place qu'occupait chacun d'eux à la table.

La technique repose sur l'élaboration d'un système de lieux (*loci*) et d'images : l'orateur établit tout d'abord un itinéraire à partir d'une série de lieux architecturaux, fictifs ou réels ; après avoir intégré cet itinéraire en mémoire, il fabrique des images, des informations à mémoriser, et il les situe dans les différents lieux de l'itinéraire, assimilés métaphoriquement à des tablettes de cire. Les images sont disposées de telle manière que l'ordre du discours et l'ordre des lieux se confondent. Le parcours mental de l'itinéraire induit ainsi la réminiscence. Grâce à ce procédé, certains orateurs antiques ont réalisé d'extraordinaires prouesses mnésiques, comme Hippias d'Élis à qui il suffisait d'« entendre une seule fois 50 mots » pour s'en souvenir.

La *méthode des localisations* est un moyen mnémotechnique aux fondements scientifiques indiscutables. De nombreuses recherches en psychologie ont montré que le fait de déplacer une personne dans le contexte (lieu) de

l'apprentissage initial optimise le souvenir. Ce phénomène permet de justifier les reconstitutions de crimes (Candau, 2002).

Il existe d'autres méthodes : les cartes mentales, la méthode de l'histoire, la méthode des amorces ou « perches mentales » et le système de la forme numérique (O'Brien, 2000 ; Albaigués, 2005).

3.1.4. La répétition comme stratégie de stockage par consolidation

« Je l'ai appris, mais je ne me souviens de rien » est une expression souvent entendue dans le domaine de l'enseignement. Cela peut s'expliquer par le fait que les informations lues, synthétisées, et recopiées sous forme de fiches d'étude sont oubliées en quelques jours si l'activité de *révision* ne les renforce pas. La mémorisation nécessite du temps, de la patience, une bonne méthode et des efforts prolongés. Un passionné de football qui connaît par cœur les joueurs des équipes de première division a, en fait, appris les noms des joueurs en lisant et en relisant les journaux, en écoutant la radio et la télévision, en parlant et en discutant avec des amis. Il a été amené à voir ces noms à de nombreuses reprises. De la même manière, dans l'étude d'un texte, il faut se préparer à rencontrer à un moment ou à un autre les mêmes informations, sous des formes diverses, et à plusieurs reprises.

L'activité de répétition semble si simple que de nombreux pédagogues la sous-estiment ou même la déconseillent. Cependant, quelles que soient les méthodes utilisées pour étayer et améliorer la mémorisation, répéter est indispensable pour parvenir à acquérir un savoir. Par la suite, il est nécessaire de répéter de temps à autre pour ne pas oublier (consolidation).

La répétition est importante car elle permet d'opérationnaliser les concepts grâce à leur récurrence dans des contextes variés. Contrairement à ce que l'on pense couramment, les mots eux-mêmes ne sont pas des entités que l'on enregistre directement. Ce sont plutôt des concepts que l'on apprend progressivement via leurs rencontres successives au cours de situations diverses. En ce sens, la répétition représente une des conditions d'accès à l'abstraction (Lieury, 1992 ; Dumont, 1998).

3.1.5. Les aide-mémoire

Les aide-mémoire constituent des recours employés pour améliorer l'efficacité de la mémoire. On en distingue deux principaux types : les aide-mémoire internes et externes. Les aide-mémoire internes sont des stratégies qui permettent d'utiliser efficacement les processus d'encodage et de récupération. Les aide-mémoire externes sont des recours matériels dont la fonction est de rappeler un contenu ou une action à un moment donné. Les agendas, les listes de courses ou le fait de disposer des objets à des endroits précis en sont des exemples typiques.

Le choix de l'aide-mémoire doit tenir compte du moment de son utilisation – selon qu'il concerne la phase d'encodage ou de récupération – et de la nature du contenu à mémoriser (connaissances générales, événements spécifiques ou intention de faire quelque chose).

Le tableau 6.1 présente une liste des aides internes, externes et combinées fréquemment utilisées. Cette liste a été élaborée grâce à un questionnaire

TABLEAU 6.1. LISTE D'AIDE-MÉMOIRE FRÉQUEMMENT UTILISÉS

Aide-mémoire	Type d'aide*
1. Recherche alphabétique : parcourir l'alphabet en recherchant des mots qui commencent par chacune des lettres.	I
2. Solliciter quelqu'un pour qu'il nous aide à nous souvenir ou lui demander directement la réponse.	E
3. Noter sur un calendrier : écrire sur un calendrier ou un agenda ce dont il faut se souvenir.	E
4. Associer visage et nom : associer le nom d'une personne à des caractéristiques distinctives de son visage.	I
5. Autorépétition : se répéter quelque chose que l'on veut mémoriser.	I
6. Reconstruction mentale : passer mentalement en revue quelque chose qui s'est produit avec l'objectif de s'en souvenir.	I
7. La méthode des lieux : concevoir un trajet de lieux connus auxquels sont associés les éléments dont on veut se souvenir. Par la suite, il suffit de se déplacer mentalement au travers des différents lieux et de récupérer dans chacun d'entre eux l'élément correspondant.	I
8. La méthode des « perches mentales » : apprendre une série d'associations de mots-noms, souvent avec des rimes, et former une image dynamique de cette paire avec les éléments dont on veut se souvenir.	I
9. Les photographies : utiliser des photos pour se souvenir de certains événements ou éléments.	E
10. Conserver un objet dans un lieu spécial : il s'agit de conserver un objet dans un lieu où on est certain de le retrouver.	E
11. Les notes : écrire sur un livret que l'on porte sur soi ce qu'on ne veut pas oublier.	E
12. Les rimes : mémoriser des rimes concernant l'information qu'on ne veut pas oublier.	I
13. Dire à haute voix : dire quelque chose à quelqu'un ou demander à quelqu'un qu'il répète ce qu'on a dit.	C
14. Raconter une histoire : établir un fil directeur entre différentes choses via une histoire ou des phrases.	I
15. Mettre en relation des choses avec d'autres événements : utiliser des associations entre des éléments de la vie quotidienne pour se souvenir. Par exemple : après avoir dîné, avant le cours d'anglais, etc.	I
16. Alarme : utiliser une alarme pour se souvenir de faire quelque chose à un moment donné.	E
17. Essai et erreur : écrire ou imaginer une partie de l'information avec l'objectif de réactiver d'autres souvenirs.	C
18. Écrire sur la main : écrire sur la main l'information dont il faut se souvenir.	E

* Type d'aide : I, interne ; E, externe ; C, combinée.

dans lequel les sujets devaient indiquer à quelle aide ils avaient recours de manière préférentielle pour résoudre un problème de mémoire donné. « Imaginez par exemple que vous êtes avec un groupe d'amis. L'un d'eux raconte une blague dont vous aimeriez vous souvenir. Que faites-vous pour la mémoriser ? ». Les participants semblent privilégier les aides externes dans des situations qui exigent une grande précision ou face à des informations qui doivent être retenues durant une longue période de temps. Les aides internes sont utilisées dans des situations où il n'est pas possible d'avoir recours à des moyens externes (comme par exemple durant un examen), ou quand l'aide externe peut interférer avec la tâche en cours (par exemple, noter une adresse alors qu'on est en train de conduire). Bien que cette liste ait été confectionnée à partir de réponses de participants adultes, la majorité des aides mentionnées est applicable aux enfants (Fortin et Rousseau, 1989).

Évidemment, d'autres facteurs comme les traits de personnalité, la motivation, l'anxiété, l'humeur, le style de vie et les éventuels troubles cognitifs associés, peuvent modifier la prise en charge des problèmes mnésiques de la vie quotidienne, les réponses à ces problèmes, les stratégies de compensation employées et, enfin, l'évolution finale.

3.2. L'adaptation de l'environnement

L'objectif primordial dans le modèle de l'adaptation de l'environnement est d'éviter ou de surmonter les problèmes engendrés quand la mémoire est affectée. On peut situer les origines de ce modèle dans la théorie de la modification des conduites. S'il apparaît clairement qu'un comportement non souhaité se produit dans une situation spécifique, on peut tenter de modifier cette situation afin d'éviter que ce comportement ne survienne (Clare et Wilson, 2001).

Citons le cas d'un enfant de 11 ans qui avait l'habitude d'oublier sa trousse avant de partir pour l'école, et pour qui on a conçu un pictogramme représentant un enfant avec sa trousse dans les mains. On a affiché ce dessin sur la porte de sa chambre et cette simple intervention s'est avérée très efficace. De même, si un enfant oublie où il range certaines affaires, on peut avoir recours à des étiquettes autoadhésives qui facilitent leur identification.

À l'école, certaines mères font des trous dans les gommes ou les règles de leurs enfants pour les attacher avec un cordon qu'on peut relier à la trousse afin qu'elles ne soient pas perdues. On peut également attacher autour du cou de l'enfant de petits livrets d'annotations ou de communications parents/enseignants. Certains collèges ont recours à une méthode intéressante : il s'agit de désigner chaque semaine un élève qui est chargé de contrôler la salle de classe. Cet enfant est le dernier à sortir de la classe et il doit s'assurer qu'il ne reste rien sur les chaises ou par terre. Cette technique est appréciée des enfants et très utile pour ceux qui oublient fréquemment la moitié de leurs affaires à l'école.

Citons le cas d'un enfant qui avait acquis le principe de la division mais qui échouait toujours car elle sautait des étapes. On lui écrivit un petit « mémo » qu'elle conservait sur un coin de son bureau et qui l'a beaucoup aidée. Un autre exemple : un enfant avait à prendre un médicament à heure fixe, mais sa maîtresse et lui-même l'oubliaient fréquemment. Sa mère lui fournit une montre avec alarme qu'elle programma à l'heure où il devait prendre son médicament. Ainsi, lorsque l'alarme sonnait, l'enfant prévenait la maîtresse qu'il était l'heure.

Ces techniques présentent évidemment des limites. Il n'est pas possible de les appliquer en toutes circonstances. Cependant, pour de nombreux patients présentant des altérations mnésiques importantes, il est certain que le contrôle de l'environnement représente la meilleure option pour acquérir une certaine autonomie.

3.3. Les nouvelles technologies

Les avancées technologiques ont contribué, de diverses manières, au développement de remédiations des troubles mnésiques. Les « maisons intelligentes », par exemple, utilisent des ordinateurs et des caméras vidéo pour vérifier et contrôler l'environnement quotidien des personnes affectées, avec pour objectif d'augmenter leur indépendance, leur activité et leur qualité de vie. Il est probable que, dans le futur, différents projets de maisons intelligentes puissent être mis au point : ils seront spécifiquement adaptés aux différentes catégories de patients, y compris aux enfants.

Le NeuroPage est un autre outil intéressant. C'est un instrument destiné à être utilisé par des patients qui présentent des altérations mnésiques faisant suite à une atteinte cérébrale. Il s'agit d'un système de communication portatif, simple, équipé d'un moteur de recherche. Il fonctionne avec un ordinateur connecté à une centrale de recherche, via un modem et un téléphone. Pour chaque individu, on programme des rappels ou des indices qui sont introduits dans l'ordinateur. L'intervention humaine n'est pas nécessaire pour la connexion. À la date et à l'heure prévues, le NeuroPage transmet automatiquement le message de rappel à la centrale de recherche qui, à son tour, le transmet à l'appareil. Ce système s'est révélé efficace chez des patients affectés par des traumatismes craniocéphaliques ou des tumeurs. À l'heure actuelle, on essaie de l'adapter aux personnes présentant des problèmes mnésiques qui perturbent leur quotidien. Cela peut, par exemple, concerner des patients présentant une amnésie organique ou bien des difficultés de planification, d'attention et d'organisation. De plus, ce système pourrait également s'avérer utile pour des personnes d'âge avancé et pour certains enfants rencontrant des difficultés mnésiques dans la vie quotidienne.

Les « ordinateurs-vêtements » (*wearable computers*) sont des équipements portatifs qui s'ajustent à la ceinture et qui sont activés vocalement. Ils sont équipés d'un clavier spécial ainsi que d'un écran incorporé à des lunettes. On développe actuellement des modèles de ce type capables de reconnaître les visages et de les associer à un nom. Le souvenir des noms

représente une difficulté fréquente chez les patients amnésiques. De plus, le dispositif pourrait être miniaturisé et introduit dans une montre-bracelet ou une épingle de cravate (Soprano, 2005).

Le B.A.Bar est un autre dispositif, développé par la Fondation Suisse pour les Théléthèses (FTS) et applicable aux personnes de 3 à 89 ans. C'est un petit appareil capable de lire un code-barres imprimé sur des étiquettes autoadhésives que l'on place sur les objets ou les emplacements souhaités, et qui « diffuse » une information sonore préalablement enregistrée.

4. Les programmes d'intervention chez l'enfant

4.1. Aspects différentiels

Certains aspects doivent être pris en compte au moment de concevoir un programme d'intervention destiné à un enfant (Wright et Limond, 2004).

4.1.1.1. Les caractéristiques évolutives de la mémoire

Les stratégies doivent tenir compte des changements évolutifs qui surviennent au cours du développement et qui affectent aussi bien les systèmes mnésiques que les autres habiletés cognitives de l'enfant. Les déficits mnésiques peuvent rester latents et émerger seulement lorsque l'enfant rencontre des situations ou des enjeux inédits.

Le développement de la mémoire et des autres habiletés cognitives

À la différence de l'adulte, les déficits mnésiques de l'enfant se répercutent sur le développement des autres composantes cognitives qui sont en cours de structuration.

Le développement de la mémoire de travail joue un rôle central dans le développement cognitif global de l'enfant ; un déficit mnésique est donc susceptible de l'entraver. Par exemple, des déficits qui affectent la boucle phonologique[□] peuvent être associés à des troubles de l'acquisition du langage et sont donc plus bruyants chez les enfants que chez les adultes présentant des difficultés équivalentes. De la même manière, des déficits touchant le calepin visuo-spatial ont un impact sur l'acquisition de concepts visuo-spatiaux. En résumé, alors qu'à l'adolescence l'apparition d'un problème exclusivement mnésique épargne les connaissances verbales et visuelles préexistantes, le déficit de mémoire acquis limite le développement d'autres habiletés chez les jeunes enfants.

Réciproquement, les difficultés cognitives spécifiques – qu'elles soient d'ordre perceptif, attentionnel ou exécutif – limitent l'acquisition des connaissances de base et engendrent une difficulté d'apprentissage globale qui se répercute sur le fonctionnement de la mémoire et sur l'utilisation des stratégies de remédiation.

4.1.1.2. La motivation, l'intérêt et la conscience des difficultés mnésiques

Les enfants qui présentent des problèmes mnésiques peuvent être moins conscients que les adultes de l'existence de leurs propres difficultés et, par

conséquent, présenter moins de motivation ou d'intérêt à s'investir dans des exercices de remédiation ou dans l'application de stratégies efficaces. Ainsi, l'enfant nécessite plus de stimulations, de récompenses et de soutien externe que l'adulte.

Par ailleurs, on sait que le développement de la métamémoire[□] et le développement du rendement mnésique ont des influences bidirectionnelles :

1. la connaissance de l'enfant sur sa propre mémoire influence l'utilisation des stratégies, qui participe elle-même au rendement mnésique ;
2. de même, l'évolution du rendement mnésique engendré par l'utilisation de nouvelles stratégies a une influence bénéfique sur la conscience du fonctionnement mnésique.

4.1.1.3. *Le développement des capacités de régulation*

Les fonctions attentionnelles et exécutives en voie de développement, ainsi que la vitesse de traitement de l'enfant, en général inférieure à celle de l'adulte, peuvent affecter l'efficacité des techniques de remédiation, lesquelles doivent être adaptées en fonction des contraintes évolutives.

Chez les jeunes enfants, il semble que la lenteur de traitement est une composante-clé qui engendre une restriction des stratégies en mémoire de travail. Il s'agit d'un effet « boule de neige ». Les limites cognitives et attentionnelles conduisent à une élaboration limitée et à un faible stockage de l'information. À leur tour, de tels déficits se répercutent indirectement sur le fonctionnement de la mémoire, limitant par conséquent son efficacité ainsi que l'application appropriée de stratégies de remédiation.

Conformément au modèle de Baddeley, les déficits des fonctions exécutives contribuent eux aussi directement au déficit de la mémoire de travail, et limitent le recours spontané à des stratégies adéquates.

4.1.1.4. *Le contexte psychosocial dans lequel se déroule la remédiation*

Chez l'adulte, l'objectif de la rééducation est traditionnellement focalisé sur la réduction des difficultés associées à un trouble cognitif particulier. Chez l'enfant, la rééducation vise également à prévenir des difficultés ultérieures. Les techniques de remédiation peuvent contribuer à l'éducation générale d'un individu qui doit acquérir de nouvelles habiletés et connaissances. Elles exigent également une mobilisation de la famille et de l'école. Le soutien des parents et des enseignants a une importance décisive dans le succès de tout programme d'intervention auprès de l'enfant.

4.2. Les interventions conçues sur des modèles théoriques

Les programmes d'intervention reposant sur des modèles théoriques sont rares. Cependant, il est vraiment important et utile de concevoir un programme individuel de remédiation sous-tendu par des hypothèses qui associent des troubles spécifiques à des interventions spécifiques. Ainsi, les relations entre les processus mnésiques et les conditions de l'intervention sont établies de manière explicite et, ce qui est encore plus important, les résultats de ces interventions peuvent aussi être évalués.

En général, comme le remarque Monfort (1999), les thérapeutes ont rarement la possibilité de s'impliquer dans les recherches expérimentales qui requièrent des moyens et du temps dont ils ne disposent presque jamais. Cependant, ils peuvent y contribuer par des apports ponctuels : études de cas, analyses rétrospectives de situations cliniques ou recueils et descriptions rétrospectives de résultats issus de programmes d'intervention. Il s'agit de rationaliser l'activité de rééducation afin de disposer de données fiables pouvant être recueillies par des instruments adaptés à la réalité du travail clinique, et de développer une technique scientifique applicable aux méthodes d'intervention. Il faudrait s'efforcer de convertir en indices pratiques les données apportées par les recherches théoriques et de transmettre à d'autres l'expérience accumulée tout au long d'une carrière. Si ce n'est pas le cas, chaque génération s'inspirera des principes en vogue à son époque, sans profiter des apports des professionnels de la génération précédente. Pour tout cela, il est nécessaire de soutenir le développement des connaissances thérapeutiques par des recherches expérimentales longitudinales qui respectent les normes de la recherche scientifique. Ce type de description de cas isolés est très utilisé dans la recherche en neuropsychologie et en remédiation cognitive.

En résumé, on a besoin de modèles théoriques sur lesquels baser la pratique. Les résultats obtenus dans ces conditions pourraient être évalués et retransmis, ce qui permettrait de continuer à les perfectionner en tenant compte de l'expérience acquise.

4.3. Modèle de référence pour un programme d'intervention spécifique

Nous tenterons maintenant de présenter un modèle adapté des travaux de Rankin et Hood (2005). Même s'il ne s'agit pas de proposer un programme exhaustif, quelques techniques d'intervention spécifiques seront exposées à titre d'exemple, de manière synthétique, en lien avec les trois principaux types de mémoire (tableau 6.2) : une à court terme (la mémoire de travail, selon le modèle de Baddeley), et deux à long terme (mémoire sémantique et épisodique).

4.3.1. Déficit de la boucle phonologique

On a montré que les déficits de la boucle phonologique sont à l'origine de difficultés persistantes dans l'acquisition du langage et d'autres habiletés qui y sont liées, comme la compréhension en lecture, l'apprentissage de langues étrangères et la mémorisation d'informations verbales. C'est pourquoi nous proposons que le programme d'intervention respecte un principe de répartition des tâches et comporte des indices phonologiques, lexicaux et sémantiques. Il est également nécessaire d'employer des consignes verbales qui soient :

1. courtes et concises ;
2. présentées avec des supports visuels ;
3. explicitées par écrit ;
4. susceptibles d'être élaborées et stockées par l'enfant sous forme d'images visuelles.

TABLEAU 6.2. MODÈLE DE RÉFÉRENCE POUR UN PROGRAMME D'INTERVENTION SPÉCIFIQUE

Déficit mnésique	Domaine affecté	Stratégies d'intervention
Mémoire de travail Boucle phonologique	Vocabulaire Parole Lecture Écriture Langues étrangères	1. Répartir les tâches verbales 2. Utiliser des indices phonologiques, lexicaux et sémantiques 3. Exercices de conscience phonologique, rimes 4. Supports visuels 5. <i>Priming</i> de répétition
Calepin visuo-spatial	Reconnaissance de visages et de lieux Habiletés sociales non verbales Orientation spatiale Arts, sciences, géographie, mathématiques	1. Aides externes 2. Guides de travail 3. Pistes et stratégies verbales 4. Tâches d'appariement mot-dessin 5. Entraînement aux habiletés sociales en utilisant des règles verbales
Administrateur central	Résolution de problèmes Maniement d'informations complexes Organisation Planification	1. Anticiper et expliciter les étapes 2. Diviser les tâches complexes en étapes 3. Mettre en évidence le but d'une tâche 4. Enseigner des stratégies de planification et d'organisation 5. Utiliser des diagrammes, des cartes mentales, des routes conceptuelles
Mémoire sémantique	Apprentissage de données Événements Contenu du programme scolaire	1. Hiérarchiser et limiter la quantité d'information 2. Stratégies de maniement référentiel 3. Enseigner en s'appuyant sur l'expérience (enseignement actif) 4. Techniques d'étude, méthodes mnémotechniques 5. Intensifier la répétition cumulative
Mémoire épisodique	Souvenir d'événements Orientation spatiotemporelle Souvenir de rendez-vous ultérieurs Autonomie dans la vie quotidienne	1. Horaires visuels avec système d'alarme 2. Sources externes d'informations personnelles 3. Techniques d'apprentissage sans erreurs (mémoire implicite) 4. Évaluations par choix multiples (reconnaissance) 5. Organiseurs (agendas/ carnets) personnels 6. Carnets d'appui

Par ailleurs, il est possible de réaliser des exercices de conscience phonologique, d'appréhension des rimes avec le support de planches et de dessins, ainsi que de *priming* de répétition.

4.3.2. Déficit du calepin visuo-spatial

Les altérations du calepin visuo-spatial ont de nombreuses répercussions qui affectent, notamment, le rendement scolaire de l'enfant dans des matières telles que la géographie, les arts plastiques, la géométrie, l'arithmétique et le calcul (Van Hout, 2005 ; Noël, 2005). Elles peuvent également engendrer des difficultés d'orientation spatiale qui se répercutent sur la reconnaissance des lieux, des visages et sur les habiletés sociales non verbales. Dans ce cas, les enfants peuvent bénéficier d'instructions verbales à la place des consignes visuelles. Les informations visuelles qui ne parviennent pas à être stockées et traitées visuellement seront stockées sous forme langagière externe – livres, carnets, ordinateurs – de manière à ce que l'enfant puisse avoir recours à ces sources d'information lorsqu'il en a besoin. Le succès de ces techniques dépend de leur dimension pratique, aussi bien à la maison qu'à l'école, et de l'aptitude de l'enfant à se souvenir comment et où localiser la source d'information adéquate.

Si l'enfant ne se souvient pas de la signification des symboles mathématiques, il pourra disposer de tablatures les décrivant, comme par exemple : « + veut dire additionner », « × multiplier », etc. Il pourra aussi utiliser du papier quadrillé pour faciliter la localisation spatiale des graphiques. Différentes actions de la vie quotidienne sont sous la dépendance du calepin visuo-spatial, comme la lecture de températures ou l'estimation de distances ou de poids. Prenons le cas d'un adolescent présentant des difficultés mnésiques et aimant par ailleurs cuisiner : s'il a tendance à utiliser le four à une température très élevée et à laisser brûler ses plats, il pourra remédier à ce problème en collant une étiquette indiquant la position adéquate près des boutons du four. Si un enfant ne parvient pas à dessiner ou à réaliser un diagramme, une alternative pour l'évaluation scolaire consisterait à envisager la tâche en question par le biais de processus de reconnaissance plutôt que de rappel.

4.3.3. Déficit de l'administrateur central

Lors de la résolution de problèmes, les difficultés relevant de l'administrateur central perturbent le maniement des informations, qu'elles soient verbales ou visuo-spatiales. Ces difficultés se manifestent d'autant plus que la tâche gagne en complexité, et donc, que le niveau scolaire augmente.

À ce sujet, on recommande :

1. d'explicitier les étapes à suivre ;
2. de diviser les tâches longues ou complexes en étapes ;
3. de clarifier avec précision le but à atteindre ;
4. d'enseigner des stratégies de planification ;
5. d'avoir recours à des techniques d'étude : par exemple méthode des cartes mentales, des routes conceptuelles, etc. ;

6. de rendre possible la formulation de questions visant à clarifier une consigne ou à la répéter, sans crainte de désapprobation.

Tout ceci est important pour permettre à l'enfant d'exercer un contrôle sur le déroulement de la tâche puisque les fluctuations de sa mémoire peuvent ne pas être évidentes pour l'enseignant (Gathercole et Alloway, 2006).

4.3.4. Déficit de la mémoire sémantique

Les enfants qui ont des difficultés globales d'apprentissage présentent souvent des difficultés de mémoire sémantique, qui ne sont pas reconnues ou identifiées comme telles. Elles sont souvent interprétées comme faisant partie de l'ensemble des problèmes scolaires de l'enfant et, par conséquent, ne font pas l'objet d'une évaluation ni d'une remédiation mnésique spécifique. Dans cette situation, on recommande :

1. de hiérarchiser et de limiter la quantité d'informations présentées ;
2. d'enseigner des stratégies de conduite de référence ;
3. d'enseigner en s'appuyant sur une expérience pratique ;
4. de réduire le programme de contenus à assimiler jusqu'au minimum, pour surmonter l'année scolaire ;
5. de procéder à des répétitions ou à des révisions ;
6. d'utiliser des dessins ou des diagrammes comme aides externes ;
7. de favoriser un double encodage verbal et visuel ;
8. d'adopter un rythme de présentation lent.

À mesure que l'enfant progresse scolairement, il convient également – en ayant recours à des livres ou via la recherche par Internet – de faciliter l'accès aux informations dont il ne se souvient pas. Chez les plus jeunes enfants, la technique d'enseignement dite « active », à travers des activités pratiques, s'avère très utile.

4.3.5. Déficit de la mémoire épisodique

La mémoire épisodique est impliquée dans le souvenir des événements dont le sujet fait consciemment l'expérience, et qui sont inscrits dans le temps et dans l'espace. Le principe essentiel pour aider les enfants présentant des difficultés de mémoire épisodique est de leur fournir un cadre externe qui fonctionne comme un système stable. Ce système leur permettra de se situer dans leur environnement et dans le temps. Ils ont besoin d'une méthode fiable qu'ils puissent utiliser pour stocker leur histoire personnelle et y avoir accès, ainsi que pour planifier, d'une manière accessible, les événements prévisibles dans un futur proche. On recommande :

1. d'utiliser des indices temporels externes, comme un agenda de poche ou mural, ou un dispositif électronique muni d'un système d'alarme qui prévient lorsqu'une action précise doit être réalisée ;
2. d'aider l'enfant à développer sa conscience de soi en ayant recours à une source d'information sémantique externe concernant sa vie personnelle ;

3. d'avoir recours à des informations externes concernant l'entourage social de l'enfant et les règles sociales fondamentales (à ce sujet on peut composer un album de photos et une courte description des membres de la famille et des amis intimes) ;
4. de proposer un système de choix multiples (reconnaissance) dans le cadre des évaluations ;
5. d'enseigner en utilisant des techniques d'apprentissage sans erreur basées sur la mémoire implicite ;
6. de former des habitudes par répétition (mémoire procédurale).

4.4. Les programmes éducatifs pour le renforcement de la mémoire chez l'enfant

Nous allons exposer ici quelques exemples de programmes éducatifs qui contribuent au renforcement de la mémoire. Rappelons cependant qu'il n'existe pas de programme ou de recette « magique ». Il s'agit toujours de méthodes que le thérapeute devra personnaliser, c'est-à-dire adapter de façon souple et créative à chaque cas singulier, en respectant les caractéristiques, les intérêts et les nécessités de l'enfant et de son entourage familial, scolaire et social.

4.4.1. Le modèle didactique pour le renforcement de la mémoire (García et Martínez, 1990)

Ce programme propose des activités pour renforcer la mémoire visuelle, auditive et sensori-motrice. Il est principalement destiné à des enfants âgés de 5 à 9 ans, scolarisés dans un cursus normal ou spécialisé.

4.4.2. Renforcement de la mémoire visuelle

4.4.2.1. Principaux objectifs

Il s'agit de développer la capacité de mémorisation visuelle de faits, situations, personnes et objets vus auparavant, d'augmenter le degré d'attention et la capacité de reproduction de ce qui a été observé.

4.4.2.2. Principales suggestions

1. Renforcer en premier lieu la mémoire visuelle immédiate simultanée et, par la suite, la mémoire visuelle séquentielle.
2. Reproduire graphiquement les objets, les figures et les formes à mémoriser, ou effectuer une description la plus détaillée possible de ceux-ci.
3. Expérimenter les processus qui impliquent plus d'une action distincte et répéter ces actions en s'appuyant sur les activités habituelles (séquences d'actions que l'on réalise au moment de se lever par exemple).
4. Au sein des activités, l'écart entre la présentation et l'évocation doit être bref (5–10 s) et peut être augmenté progressivement, tout comme le nombre et la complexité des figures ou objets.

5. La collaboration consciente de l'enfant est nécessaire dans l'exécution des activités. Il faut donc l'informer clairement qu'on va exiger de lui la reconnaissance ou le rappel de ce qui lui sera exposé. De plus, on doit lui indiquer le temps d'exposition dans des termes qui lui sont accessibles.
6. Toutes les activités doivent être réalisées dans un premier temps avec l'appui verbal du professeur (spécialement au début du programme) et, par la suite, sans celui-ci.

4.4.2.3. Activités proposées

1. Localiser les objets, figures et formes précédemment vus.
2. Énumérer les objets vus précédemment sur une planche.
3. Reconnaître des objets communs les yeux fermés.
4. Différencier des figures et des formes présentées auparavant.
5. Décrire des objets et des situations passées.
6. Mettre dans l'ordre des planches et des dessins qui représentent des actions consécutives.
7. Identifier les erreurs que comporte la copie d'une figure ou d'une forme en comparaison avec l'original.

4.4.3. Renforcement de la mémoire auditive

4.4.3.1. Principaux objectifs

Il s'agit de développer la capacité de mémorisation auditive de sons, bruits, rythmes, mélodies et phrases préalablement entendus et d'augmenter le degré de rétention ainsi que la capacité de reproduction de ce qui a été perçu.

4.4.3.2. Principales suggestions

1. Initier les activités avec un support visuel et les retirer progressivement par la suite.
2. S'assurer que l'enfant a atteint un niveau de développement qui lui permet d'identifier les bruits, les sons et les mots de façon isolée.
3. Respecter l'ordre de difficulté croissante dans les activités proposées : avant de commencer avec une série de 4 éléments par exemple, il convient de vérifier que les séries de 3 éléments ont bien été assimilées.

4.4.3.3. Activités proposées

1. Reconnaître et se souvenir de sons et de bruits familiers.
2. Repérer un mot précis dans une énumération réalisée par le thérapeute.
3. Reconnaître des mots préalablement entendus.
4. Associer des mots qui partagent un phonème ou une syllabe, que ce soit en début, en milieu ou en fin de mot.
5. Différencier des bruits, des mots, des syllabes et des phonèmes.
6. Reproduire des séquences rythmiques simples et complexes entendues auparavant.

7. Identifier des mots n'appartenant pas à une série donnée.
8. Répéter des phrases entendues antérieurement de façon adéquate.

4.4.4. Renforcement de la mémoire sensorimotrice

4.4.4.1. Principaux objectifs

Il s'agit d'améliorer la capacité à reconnaître et à se souvenir des sensations motrices, posturales et tactiles.

4.4.4.2. Principales suggestions

1. Il est indispensable d'amener l'enfant à expérimenter les concepts enseignés.
2. Il est également nécessaire de promouvoir la représentation mentale du mouvement.
3. Enfin, il convient d'isoler les activités pour identifier les différences (tactiles cénesthésiques, posturales, etc.).

4.4.4.3. Activités proposées

1. Énumérer des mouvements préalablement réalisés par soi-même ou par les autres.
2. Différencier des mouvements réalisés sur une même partie du corps.
3. Reproduire une séquence de mouvements réalisée par quelqu'un d'autre.
4. Exécuter des mouvements en suivant des consignes verbales.
5. Décrire les mouvements qu'une autre personne réalise.
6. Reconnaître et se souvenir d'objets communs qui peuvent être lourds ou légers.
7. Reconnaître et se souvenir des concepts basiques de caractère tactile.
8. Différencier et se souvenir des sensations musculaires qui se produisent quand on adopte des positions et des postures habituelles.
9. Évoquer les sensations perçues lors de la réalisation de mouvements déterminés.

4.4.5. Le programme pour la stimulation de la mémoire et des stratégies d'apprentissage (Yuste et Sánchez, 2000)

La procédure habituelle recommandée par les auteurs consiste à demander à l'enfant de mémoriser des données précises pour qu'il prenne conscience de l'efficacité des stratégies spontanées qu'il utilise. Une fois qu'il a autoévalué ses résultats, on lui propose un autre exercice présentant des caractéristiques et une difficulté similaires, en lui ayant préalablement suggéré d'autres stratégies plus efficaces. On s'attend à ce que ses résultats s'améliorent lorsqu'il se rendra compte de l'efficacité de ces procédures et qu'il tentera de remplacer ses stratégies initiales par d'autres, plus efficaces.

On essaie de concevoir ces tâches en intégrant la plus grande variété possible de contenus mentaux, de nature visuo-spatiale comme verbale ou numérique. Pareillement, afin que l'enfant réalise des correspondances

claires et immédiates avec son travail scolaire, on tente de réaliser certains exercices qui comportent des similarités avec ceux de son programme scolaire.

Les activités proposées correspondent au niveau du cours moyen de l'école primaire (CM1 et CM2).

4.4.6. Le programme de récupération et de développement de la mémoire (Vilanova, 2003)

Ce programme consiste en une série d'exercices que l'enfant doit réaliser quotidiennement de manière autonome. Les auteurs recommandent que le programme, une fois commencé, ne soit pas interrompu. Il n'est pas recommandé de réaliser plus de trois exercices quotidiens, ni de passer plusieurs jours sans en réaliser aucun. En recherchant les meilleures conditions, l'enfant choisit le moment et le lieu pour réaliser les exercices. Ce peut être à l'école ou à la maison.

L'enfant inscrira sur les feuilles de contrôle figurant en fin de carnet le numéro de chaque exercice et le jour où il l'a réalisé. Il doit, de plus, commenter chaque exercice : « B » s'il s'en est bien sorti, « M » si c'était moyen, et « D » s'il l'a trouvé difficile. L'élève sollicitera une révision du déroulement du programme tous les 12 ou 15 jours environ. Lors de cette réévaluation, les professionnels responsables du programme, ou bien encore les parents, doivent observer si l'enfant tient compte des recommandations, s'il rencontre des difficultés, s'il réalise des progrès, etc. Il convient de l'encourager à suivre les consignes, à prendre conscience de ses évolutions et à ne pas se laisser décourager par la répétition ou par d'éventuels échecs. L'enseignant doit vérifier la feuille de contrôle de l'enfant et écrire ses remarques éventuelles. Le programme d'exercices peut être refait à plusieurs reprises si nécessaire.

Les activités correspondent au cycle moyen de l'école primaire (9–11 ans) et au collège (jusqu'à 16 ans). Elles comportent des exercices de mémoire à court et à long terme, selon des modalités auditives et visuelles pour les chiffres, visuelles pour les graphiques, les objets et les phrases, auditives pour les mots et les phrases, ainsi que des modalités tactiles, spatiales, olfactives, visuelles associatives, auditives musicales et kinesthésiques.

4.5. Supports didactiques

On peut trouver dans le commerce divers ouvrages, carnets et jeux didactiques comme supports de rééducation. Nous en présentons quelques exemples (tableaux 6.3 et 6.4).

4.6. Méthodes spécifiques d'intervention dans les cas de troubles de la récupération de mots

L'anomie – ou trouble de l'évocation de mots à un moment donné – est un problème relativement commun qui préoccupe aussi bien les pédagogues

TABLEAU 6.3. LIVRES ET CAHIERS DIDACTIQUES POUR ENTRAÎNER LA MÉMOIRE DES ENFANTS (EN ESPAGNOL)

Nom	Auteur	Éditeur/distributeur
<i>Ejercicios de atención y memorización</i>	A.Gosálvez	CEPE
<i>Ejercicios de atención, concentración y memorización</i>	A.Gosálvez	CEPE
<i>Recuperación y desarrollo de la memoria</i>	J. Vilanova	CEPE
<i>Ejercicios de rehabilitación. Memoria</i>	C. García et A. Estévez	Lebon
<i>El juego de la memoria</i>	C. García et A. Estévez	Lebon
<i>Memoria y estrategias de aprendizaje</i>	C. Yuste et J. Sánchez	CEPE
<i>Taller de atención y memoria 1-2-3</i>	A.Valles	Promolibro

Certains de ces livres et cahiers existent également en version française ; de même pour les jeux et logiciels apparaissant dans les tableaux suivants.

TABLEAU 6.4. JEUX DIDACTIQUES POUR STIMULER LA MÉMOIRE DES ENFANTS (EN ESPAGNOL)

Nom	Éditeur/distributeur
<i>Desafía tu memoria</i>	Kid Toys
<i>Memo foto animales</i>	Diset
<i>Memoria de imágenes</i>	Delfin
<i>Memotest: animales de la selva</i>	Ruibal
<i>Memotest: escudos de armas</i>	Ruibal
<i>Miffy memo lotto</i>	Abacus
<i>Miniarco</i>	Domingo Ferrer
<i>Pío, Pío... memo</i>	Abacus
<i>Poliglótón</i>	Lebon y otros
<i>¿Quién es quién?</i>	MB jeux

que les thérapeutes. Nous y consacrons donc un bref développement. Bien que le problème ait été envisagé pour les adultes sous un angle neuropsychologique, de nombreux enfants présentent des difficultés évidentes pour récupérer (« retrouver ») les mots qui ont été précédemment inclus dans leur lexique (WFD : *word finding difficulties*). Il s'agit d'une altération qui, chez les enfants, s'observe fréquemment dans le cas d'un trouble spécifique du langage ou d'une aphasie acquise, mais qui peut également relever d'autres tableaux cliniques. Les symptômes consistent en une lenteur importante dans la fluence verbale ainsi que lors de tâches de dénomination. On pourrait penser que de longs temps de latence lors d'activités de dénomination

relèvent d'une lenteur générale du système de traitement, mais on a montré que la difficulté survient seulement lorsque le sujet doit nommer des objets ou des actions. À des fins didactiques, on peut établir la différence entre les anomies sémantiques (défaillance de l'accès à un concept précis) et les anomies lexicales (défaillance de l'accès rapide au lien entre la forme sonore du mot et sa signification).

4.6.1. Recours thérapeutiques

4.6.1.1. L'anomie sémantique

Dans ce cas, la thérapie doit avoir pour but une récupération adéquate des éléments/traits sémantiques correspondant à chaque représentation conceptuelle – s'assurer préalablement que l'enfant ne présente pas, par exemple, d'agnosie visuelle. On peut avoir recours à différentes tâches.

1. *Appariement d'un mot avec un dessin* : par exemple, on montre à l'enfant quatre dessins que l'on dénomme, et on lui demande d'en choisir un pour qu'il le nomme.
2. *Réponse à des questions sémantiques* : on pose une question à l'enfant, par exemple « Est-ce que le pingouin est un animal » ? Par la suite, on lui demande de nommer le dessin correspondant.
3. Demander à l'enfant qu'il écrive le nom des dessins qui lui sont présentés. Lorsqu'il commet une erreur sémantique, le thérapeute dessine l'objet correspondant à l'erreur et le compare avec le dessin que l'enfant avait nommé de façon erronée, afin de mettre en évidence les différences observables. Par exemple, s'il désigne une poire en utilisant le terme pomme, on lui montre les caractéristiques (forme, couleur, etc.) de la pomme en comparaison avec celles de la poire. On fait de même avec des images ou des gestes représentant des actions déterminées.

4.6.1.2. L'anomie lexicale

L'objectif est de renforcer les liens entre les concepts et les étiquettes verbales correspondantes au moyen de différentes tâches.

1. Accéder au mot désignant un objet en ayant devant soi l'objet correspondant.
2. Lire à voix haute le nom d'un objet en présence de l'objet lui-même ou de sa représentation.
3. Lire à voix haute le nom d'un objet ou d'un dessin en l'absence de celui-ci.
4. Apporter des indices phonologiques successifs jusqu'à ce que l'enfant parvienne à nommer le dessin.
5. Utiliser des rimes comme indices : on propose la dernière partie du mot à la place du premier phonème ou de la première syllabe.
6. Le *priming* masqué : les mots sont présentés si rapidement que les personnes ne sont pas conscientes de les avoir perçus. Lors d'expériences en laboratoire avec des individus de la population générale, le *priming* masqué engendre des temps de réaction plus courts lorsque le mot qui précède le dessin est lié sémantiquement avec le nom du dessin (*priming*

sémantique). On observe des temps encore plus courts si le mot qui précède le dessin est le nom du dessin (*priming* de répétition).

4.6.1.3. L'anomie phonologique

Afin de consolider l'association de représentations lexicales aux phonèmes correspondants, on peut suggérer les tâches suivantes.

1. Tâches de répétition (comme lorsque l'on est en train d'apprendre un mot nouveau).
2. Lecture à voix haute.
3. Récitation de poèmes et de chansons.
4. Exercices de discrimination de rimes.
5. Indices phonologiques : proposer la première lettre d'un mot. Par exemple, « m » pour le dessin d'une montre, puis on demande à l'enfant de compléter une phrase avec le mot recherché : « Je vais regarder l'heure sur ma ... ».
6. *Priming* de répétition sous forme orale et écrite. Dans la modalité orale, on dit le nom d'un dessin pour que l'enfant le répète ; deux ou trois essais plus tard, on le présente à nouveau et on demande à l'enfant de le nommer. Dans sa forme écrite, le nom du dessin apparaît graphiquement et le patient doit le lire à voix haute. Comme dans la version orale, deux ou trois essais plus tard, on présente le dessin pour que l'enfant le nomme.

Avec les enfants, à la différence des adultes, on recommande des programmes intégratifs qui travaillent simultanément à tous les niveaux : conceptuel, lexical et phonologique. Pour enrichir la route conceptuelle, toutes les activités qui introduisent des concepts nouveaux en les mettant en relation avec d'autres déjà connus par l'enfant s'avèrent utiles. Une activité très répandue, et très utile, consiste à travailler autour d'un thème déjà familier à l'enfant mais qui offre la possibilité d'introduire des concepts nouveaux. Par exemple, le thème de « la vie à la ferme » permet d'introduire toute la variété des animaux domestiques, des fruits et des légumes, etc. Une autre tâche consiste à former des catégories avec des photographies ou des dessins d'objets ou d'animaux, en écrivant ce qu'ils ont en commun, et pour quelle raison ils appartiennent à la même catégorie, ou ce qui les différencie, et, par conséquent, pourquoi ils appartiennent à des catégories distinctes.

En résumé, plus les connexions entre les concepts, les personnes, les actions et les termes qui leur sont associés sont solides, plus elles seront résistantes à l'oubli^[4] (Cuetos, 2003). Ce principe est valable pour tous les problèmes d'anomie.

5. L'utilisation de l'ordinateur dans les programmes d'intervention

En ce début de XXI^e siècle, il ne serait pas possible de parler d'intervention sans mentionner les importants bénéfices que rend possible l'informatique. Entre autres choses, l'ordinateur permet de répéter les tâches à plusieurs

TABLEAU 6.5. SOFTWARES DIDACTIQUES QUI COMPORTENT DES EXERCICES POUR ENTRAÎNER LA MÉMOIRE DES ENFANTS D'ÂGE PRÉSCOLAIRE ET SCOLAIRE (EN ESPAGNOL)

Nom	Éditeur/distributeur
<i>Abby</i>	Sirium
<i>Adibú Chu: el campo</i>	Coktel
<i>Adibú Chu: la selva y la sabana</i>	Coktel
<i>Angelito en la escuela</i>	PC3
<i>Antejito antifaz</i>	PC3
<i>Aymun y la gran carrera</i>	Sirium
<i>Aymun y los piratas mechones</i>	Sirium
<i>Central de fantasmas</i>	Sirium
<i>Didáctica inicial</i>	PC3
<i>El conejo lector</i>	The Learning Company
<i>El conejo matemático</i>	The Learning Company
<i>El mundo de las mates</i>	Iona
<i>Kinder</i>	Disney Aprendizaje
<i>La gran aventura de las palabras</i>	Anaya
<i>La primera aventura de Gordi</i>	Dinamic
<i>Las aventuras de Don Quijote</i>	Sirium
<i>Lluvia de números</i>	Educamigos
<i>Preescolar</i>	Disney Aprendizaje
<i>Primeros pasos</i>	Disney Aprendizaje
<i>Serie de Pipo</i>	Cibal
<i>Serie de plumo</i>	PC3
<i>Tigger tras un pote de miel</i>	Disney Aprendizaje
<i>Trampolín</i>	Anaya

reprises, jusqu'à ce que le patient consolide ses nouvelles acquisitions. Les stimulus et les renforcements peuvent être proposés en accord avec les règles de l'apprentissage pour parvenir à de meilleurs résultats. L'image et le son rendent les tâches attractives : ils constituent ainsi une source de motivation très importante, spécialement pour les plus jeunes. De plus, les ressources actuelles apportées par la *technologie d'assistance* rendent possible la conception de programmes hautement personnalisés et en accord avec les nécessités et intérêts de chaque enfant (Gutiérrez, 2006).

Pour conclure, nous proposons quelques exemples de logiciels didactiques et programmes informatiques de remédiation disponibles dans le commerce (tableaux 6.5 à 6.8).

TABLEAU 6.6. SOFTWARES DIDACTIQUES QUI COMPORTENT DES EXERCICES POUR ENTRAÎNER LA MÉMOIRE DES ENFANTS (EN ANGLAIS)

Nom	Éditeur/distributeur
<i>Auditory Adventures. Activities Pack</i>	Super Duper
<i>Auditory closure</i>	Fun Deck
<i>Auditory Memory for Rhyming Words in Sentences</i>	Fun Deck
<i>Auditory Memory for Riddles</i>	Fun Deck
<i>Auditory Processing Activities</i>	Super Duper
<i>Comprehending More complex Auditory Information</i>	Super Duper
<i>Following Directions</i>	Fun Deck
<i>Leap into Listening-Scenes Et Questions</i>	Super Duper
<i>Look Who's Listening</i>	Super Duper
<i>Serial Recall</i>	Fun Deck

TABLEAU 6.7. PROGRAMMES INFORMATIQUES POUR LA RÉMÉDIATION DE LA MÉMOIRE DES ENFANTS ET DES ADOLESCENTS (EN ESPAGNOL)

Nom	Éditeur/distributeur
<i>Logopedia interactiva</i>	TEA
<i>Memorizar direcciones</i>	Parrot
<i>Modelo para memoria visual</i>	Parrot
<i>RehaCom</i>	Hasomed-TEA
<i>Memoria topológica</i>	Hasomed-TEA
<i>Memoria de rostros</i>	Hasomed-TEA
<i>Memoria de figuras</i>	Hasomed-TEA
<i>Memoria verbal</i>	Hasomed-TEA
<i>Memoria de palabras</i>	Hasomed-TEA

TABLEAU 6.8. PROGRAMMES INFORMATIQUES POUR LA REMÉDIATION DE LA MÉMOIRE DES ENFANTS ET DES ADOLESCENTS (EN ANGLAIS)

Nom	Éditeur/distributeur
<i>Auditory and Visual Memory Module</i>	LocuTour-Learning Fundamentals Inc
<i>Auditory Memory for Quick Stories</i>	Super Duper
<i>Auditory Memory for Short Stories</i>	Fun Deck
<i>Captain's Log</i>	Brain Train
<i>Cogrehab</i>	Life Science Associates
<i>Compensatory Memory Strategies: chunking</i>	Parrot
<i>Compensatory Memory Strategies: loci</i>	Parrot
<i>Earobics</i>	Super Duper
<i>Memory for Animated Sequences</i>	Parrot
<i>Memory for Directions</i>	Parrot
<i>Mental Power Gym</i>	Brain Train
<i>Perception of Sounds</i>	Parrot
<i>PSSCogReHab Memory I-II</i>	Psychological Software Services Inc
<i>RehaCom Group Memory</i>	Hasomed-Hard and Software for Medicine
<i>Remembering Names</i>	Parrot
<i>Say and Do auditory Lessons</i>	Super Duper
<i>Sound Smart: Math & Memory Coach</i>	Brain Train
<i>Visual and Auditory Memory Span</i>	Parrot
<i>Visual Memory</i>	Parrot
<i>Visual Pattern Memory</i>	Parrot
<i>Word Memory and Discrimination</i>	Parrot

6. Conclusion

Les programmes de remédiation et les instruments thérapeutiques destinés à améliorer la mémoire des enfants sont encore trop rares malgré les attentes, les besoins et les possibilités dans ce domaine.

Nous disposons pourtant, comme cela a été exposé dans ce chapitre, de plusieurs recours utiles, parmi lesquels on distingue les stratégies et techniques d'étude, les adaptations de l'environnement et les apports des nouvelles technologies (dispositifs électroniques, utilisation de l'informatique, technologie d'assistance, logiciels didactiques et de remédiation).

L'efficacité de ces outils peut être améliorée si le thérapeute ne les envisage pas seulement comme des aides isolées mais les intègre dans un véritable programme individualisé, c'est-à-dire élaboré de manière personnelle en fonction des nécessités et caractéristiques uniques de chaque enfant.

Dans cette démarche, il convient de fixer des objectifs clairs, précis et accessibles, de prévoir le temps nécessaire pour les atteindre, de programmer le rythme et l'évolution des activités et, enfin, d'évaluer les résultats.

Si l'on explique à l'enfant la raison et le but de la tâche entreprise, avec des termes adaptés à son âge et à son niveau de compréhension, tout en favorisant la participation active et enthousiaste de la famille et de l'école, on peut s'attendre à des progrès notables, dont les bénéfices s'étendraient à tous les aspects de la vie quotidienne.

Références

- Aguado G, Cruz J, Domezain MJ. *Comprender el lenguaje haciendo ejercicios*. Madrid: Entha; 2003.
- Albaigüés J. *El poder de la memoria*. Barcelona: El Aleph; 2005.
- Boget T, Penadés R. *No me acuerdo*. Trastornos de la memoria. Barcelona: Océano; 2000.
- Candau J. *Antropología de la memoria*. Buenos Aires: Nueva Visión; 2002.
- Clare L, Wilson B. *¿Cómo afrontar los problemas de memoria?* Madrid: TEA; 2001.
- Cuetos F. *Anomia*. Madrid: TEA; 2003.
- Dumont A. *Mémoire et langage*. Paris: Masson; 1998.
- Dynes R. *Il laboratorio della memoria*. Gardolo: Erikson; 2002.
- Ellis A, Young A. *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona: Masson; 1992.
- Fortin C, Rousseau R. *Psychologie cognitive. Une approche de traitement de l'information*. Québec: Presses de l'Université du Québec; 1989.
- García J, Martínez M. *Manual para la confección de programas de desarrollo individual PDI*. Madrid: EOS; 1990.
- García Madruga J, Elosúa M, Gutiérrez F, Luque J, Gárate M. *Comprensión lectora y memoria operativa*. Barcelona: Paidós; 1999.
- Gathercole S, Alloway TP. *Practitioner Review: short-term and working memory impairments in neurodevelopmental disorders: diagnosis and remedial support*. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2006;47: 4-15.
- Gutiérrez P. *Soluciones personales. Recursos diferentes para necesidades diferentes*. Disponible en: www.solucionespersonalesweb.com.
- Ledo S. *La comprensión lectora*. Buenos Aires: La Colmena; 1997.
- Lieury A. *Des méthodes pour la mémoire*. Paris: Dunod; 1992.
- Monfort M. *Logopedia: ciencia y técnica*. Madrid: CEPE; 1999.
- Nelson K. *Recordar, olvidar y amnesia de la infancia*. En: Fivush R, Hudson J, eds. *Conocimiento y recuerdo en la infancia*. Madrid: Visor; 1996.

- Noël MP. Rôle de la mémoire de travail dans l'apprentissage du calcul. En: Van Hout A, Meljac C, Fischer JP, eds. *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*. Paris: Masson; 2005.
- O'Brien D. *Aprender a recordar*. Barcelona: Oniro; 2000.
- Quintanal J. *La lectura. Sistematización didáctica de un plan lector*. Madrid: Bruño; 1997.
- Ramos J, Cuetos F. *PROLEC-SE Evaluación de los procesos lectores*. Madrid: TEA; 1999.
- Rankin P, Hood J. Designing clinical interventions for children with specific memory disorders. *Pediatric Rehabilitation*. 2005;8:283-97.
- Serafini MT. *Cómo se estudia. La organización del trabajo intelectual*. Buenos Aires: Paidós; 2005.
- Soprano AM. Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la memoria en el niño. En: Ruggieri V, Caraballo R, Arroyo H, eds. *Temas de Neuropediatría*. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2005.
- Van Hout A. Bases neurologiques des troubles du calcul chez l'enfant. En: Van Hout A, Meljac C, Fischer JP, eds. *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*. Paris: Masson; 2005.
- Van't Hooft I. *Cognitive rehabilitation in children with acquired brain injuries*. Stockholm: Karolinska University Press; 2005.
- Vilanova J. *Recuperación y desarrollo de la memoria*. Madrid: CEPE; 2003.
- Wilson BA, Evans J. Manejo práctico de los problemas de memoria. En: Berrios G, Hodges J, eds. *Trastornos de memoria en la práctica psiquiátrica*. Barcelona: Masson; 2003.
- Wright I, Limond J. A developmental framework for memory rehabilitation in children. *Pediatric Rehabilitation*; 2004;7:85-96.
- Yuste C, Sánchez J. *Memoria y estrategias de aprendizaje*. Madrid: CEPE; 2000.

Glossaire¹

Administrateur central (AC)

Composante centrale de la mémoire de travail (MT) selon Baddeley, l'AC interagit particulièrement avec la boucle phonologique et avec le calepin visuo-spatial. Il est principalement impliqué dans la supervision et la régulation des fonctions exécutives puisqu'il coordonne plusieurs sous-systèmes cognitifs : la focalisation et la modulation de l'attention, l'activation des représentations en mémoire à long terme, l'inhibition des informations non pertinentes, le suivi et la mise à jour du contenu de la MT, l'étiquetage temporel et la planification des actions volontaires.

Apprentissage

Mécanisme par lequel le système nerveux intègre, de façon durable, de nouvelles informations qui modifient le comportement ultérieur.

Apprentissage incident


Il correspond au processus par lequel un individu acquiert un savoir ou une habitude indépendamment de toute volonté d'y parvenir ou sans conscience d'apprendre. On parle aussi d'*apprentissage implicite*.

Apprentissage intentionnel

Apprentissage volontaire qui nécessite un effort conscient. Il implique donc les fonctions attentionnelles et exécutives.

Boucle phonologique (BP)

Sous-système de la mémoire de travail (MT), la BP permet le maintien temporaire de l'information verbalisable. Dans le modèle de Baddeley, elle est constituée de deux composantes distinctes : un *stock phonologique* qui assure le stockage passif de l'information pendant une durée inférieure à 2 s environ, et un *mécanisme de répétition subvocale* (ou articulatoire) permettant de rafraîchir l'information du stock phonologique au-delà des 2 s. La capacité de la mémoire à court terme verbale dépend directement de la boucle phonologique et de la vitesse de répétition subvocale.

1. Ce glossaire fait référence aux principales notions exposées dans le chapitre et signalées par le pictogramme 

Buffer épisodique ou mémoire tampon

Il s'agit d'un système dynamique de stockage temporaire (au même titre que la boucle phonologique ou le calepin visuo-spatial), multimodal et capable d'intégrer en une représentation épisodique unitaire des informations issues de différents sous-systèmes mnésiques. C'est la dernière composante introduite par Baddeley pour décrire la mémoire de travail. Le *buffer* épisodique serait responsable du traitement simultané de sources d'informations diverses, et de natures différentes.

Calepin visuo-spatial

Sous-système de la mémoire de travail selon Baddeley, le calepin visuo-spatial permet, comme son nom l'indique, le maintien de l'information visuo-spatiale. Sa structure est très contestée et souvent décrite, par analogie avec la boucle phonologique, comme constituée d'une composante passive (*stock visuel*) et d'une composante active (*inner scribe* ou *script interne*) qui pourrait avoir aussi, au-delà du maintien de l'information, un rôle de transformation et de manipulation des informations.

Conscience anoétique²

C'est une forme d'absence de conscience qui correspondrait à un savoir de type procédural. D'après Wheeler, la conscience anoétique existerait à la naissance et serait sollicitée chaque fois que des stimulus connus déclencheraient des réactions ou des comportements appris, sans que l'individu ait conscience de l'acte de récupération mnésique réalisé.

Conscience auto-noétique

C'est la perception de notre propre existence, qui se prolonge tout au long de la vie. Elle permettrait, par exemple, l'introspection, la projection dans l'avenir, le souvenir d'émotions ou d'autres données autobiographiques, et n'apparaîtrait que vers l'âge de 3–4 ans.

Conscience noétique

Elle accompagne la récupération de données en mémoire sémantique. Elle est mise en œuvre chaque fois que l'on pense à un objet physiquement absent.

Empan mnésique

Il correspond au nombre maximum d'unités d'information pouvant être stockées simultanément en mémoire à court terme. Cet empan mnésique peut être différent selon la nature et les caractéristiques des informations à maintenir en mémoire. Les tâches d'empan consistent très souvent à présenter au participant une série plus ou moins importante de stimulus (des mots, des chiffres ou des stimulus visuels). Cette série doit être rappelée

2. Terme formé à partir de la racine grecque *noos*, c'est-à-dire la raison, considérée comme faculté supérieure de l'esprit.

dans l'ordre de présentation immédiatement après la présentation. Le délai avant le rappel peut parfois être légèrement différé mais ne doit pas dépasser quelques secondes.

Hypermnésie

Pathologie de la mémoire pouvant être globalement décrite comme une inaptitude à l'oubli.

Mémoire à court terme (MCT)

Ensemble de processus permettant de maintenir des informations pendant une courte période de temps (quelques secondes). Pour la plupart des chercheurs, la MCT serait clairement distincte (par ses propriétés et ses capacités limitées) de la mémoire à long terme. Cependant, la MCT ne serait pas un système unitaire mais multiple (fonction de la nature des informations). La capacité de la mémoire à court terme est mesurée par des tâches d'empan mnésique.

Mémoire à long terme (MLT)

Par opposition à la mémoire à court terme, elle correspond à l'ensemble des mécanismes ou systèmes mnésiques qui permettent de maintenir et de récupérer des informations de différente nature sur de longues périodes de temps. Supposée d'une capacité non limitée, la MLT est un système complexe impliqué dans toutes les activités cognitives. Elle joue un rôle important dans la perception de notre propre identité. La MLT est certainement une mémoire non unitaire ; on distingue souvent, d'un point de vue théorique, plusieurs dichotomies : les mémoires *épisode* et *sémantique*, les mémoires *explicite* et *implicite*, les mémoires *déclarative* et *procédurale*.

Mémoire déclarative

C'est la mémoire des faits, des événements et des connaissances qui sont accessibles à la conscience et qui peuvent être déclarés. Elle correspond, en quelque sorte, au « savoir que », par opposition au « savoir faire ». On considère habituellement qu'elle comprendrait la mémoire épisodique et la mémoire sémantique.

Mémoire échoïque (ou auditive)

Mémoire immédiate sensorielle auditive de courte durée qui est impliquée lors de la perception d'un son (c'est l'équivalent auditif de la mémoire iconique). Il est difficile de considérer la « mémoire » échoïque comme une véritable modalité mnésique, car elle n'implique aucun mécanisme d'enregistrement, même à court terme. Elle profite du « halo » de stimulation corticale induit par le stimulus original lui-même, sans qu'il y ait eu enregistrement de trace mnésique proprement dit (phénomène qui relèverait de la mémoire à court terme, au moins). Quelques auteurs utilisent la dénomination « registre sensoriel » tout en évitant le terme « mémoire » pour ce concept.

Mémoire émotionnelle

D'après certaines recherches, il existerait un circuit cérébral spécifiquement chargé des souvenirs émotionnels et qui fonctionnerait en parallèle avec les autres systèmes mnésiques. Lorsqu'on parle de mémoire émotionnelle, on fait référence aux souvenirs d'émotions en lien avec un événement, induisant une sensation ou un comportement susceptible de prévaloir sur le souvenir conscient de l'expérience elle-même. L'épisode de la madeleine de Proust en est la plus célèbre illustration.

Mémoire épisodique

Elle correspond à la mémoire des événements vécus et à l'expérience phénoménologique du souvenir reconnu comme sien par un individu. La mémoire épisodique contient l'ensemble des faits biographiques, proches ou éloignés, relatifs à des épisodes toujours situés dans le temps et dans l'espace. Par exemple, savoir que le 24 mars est sa date d'anniversaire représente une connaissance sémantique ; en revanche, se rappeler ce qui s'est passé le jour de son dernier anniversaire met en jeu la mémoire épisodique (rappel d'un événement particulier situé dans le temps et dans l'espace).

Mémoire explicite

Par opposition à la mémoire implicite, la mémoire explicite régule les activités cognitives dans lesquelles on a conscience de récupérer une information présentée antérieurement.

Mémoire iconique ou visuelle

Mémoire immédiate sensorielle qui consiste en une brève persistance – inférieure à la seconde – des informations visuelles, ce qui les rend disponibles pour un traitement ultérieur. Voir *mémoire échoïque*.

Mémoire implicite

La mémoire implicite renvoie aux informations stockées sans conscience de leurs spécificités d'acquisition spatiotemporelle. Elle comprend donc la mémoire émotionnelle, l'apprentissage conditionné et la mémoire procédurale. Il s'agit de ce qu'un individu a appris, sans qu'il se souvienne nécessairement de la manière, du moment et du lieu d'acquisition de ce savoir. La mémoire implicite est souvent étudiée via des tâches d'amorçage (*priming*).

Mémoire non déclarative

Voir *mémoire procédurale*.

Mémoire procédurale

Cette mémoire non consciente – dite anoétique par Tulving – se réfère au « savoir comment ». C'est un ensemble d'habiletés qui peuvent être perceptives ou motrices et qui correspondent au « savoir-faire ». Elle est dite prescriptive dans le sens où elle spécifie un plan d'action et son contenu. On

parle parfois abusivement de la mémoire des habitudes et des gestes appris. Cette mémoire intervient, par exemple, lors de l'acquisition et de l'utilisation de compétences motrices – comme faire du vélo – et aussi des routines cognitives comme celles mises en jeu dans les opérations arithmétiques.

Mémoire prospective

Elle correspond à la capacité de se souvenir d'une action que l'on doit réaliser dans le futur. Elle fait partie de la mémoire épisodique autobiographique (par exemple : « Je me souviens avoir, hier matin, dit à Marine que nous nous rencontrerions ce soir »). En relation étroite avec d'autres entités mnésiques telles la mémoire de travail ou les fonctions exécutives, la mémoire prospective implique une faculté d'autovérification et de régulation des conduites, avec l'objectif de réaliser une action ultérieure. Ce n'est pas un système mnésique à proprement parler, mais plutôt une forme d'expression de la mémoire englobant un ensemble de comportements bien identifiés : la capacité à se souvenir de ce que l'on devra faire.

Mémoire sémantique

Elle correspond à toutes les notions, concepts et connaissances dont dispose un individu. La mémoire sémantique peut donc être décrite comme l'ensemble des savoirs non nécessairement contextualisés dans le temps et dans l'espace et portant sur le monde ou sur soi-même (les tables de multiplication, le sens des mots, le vocabulaire, les connaissances sur les objets, les connaissances historiques, son poids, son âge, etc.).

Mémoire sensorielle

Également appelée registre sensoriel, elle correspond au système qui stocke pendant une période brève – quelques dizaines de millisecondes – les informations sensorielles comme les sons ou les images. Selon la nature de l'information (visuelle ou auditive), on distingue les mémoires sensorielles *iconique* et *échoïque*.

Mémoire de travail (MT ; mémoire active ou opérationnelle, *working memory*)

Elle représente, de façon générale, la capacité à maintenir et manipuler temporairement des informations pendant la réalisation d'une activité complexe (raisonnement par exemple), par opposition à la mémoire à court terme qui correspond au simple maintien de l'information. Le système permettant de décrire cette capacité à été modélisé par Baddeley et Hitch en 1974, puis révisé en 2000. Système non unitaire selon Baddeley, la mémoire de travail serait constituée de plusieurs composantes : la *boucle phonologique*, le *calepin visuo-spatial*, l'*administrateur central* et le *buffer épisodique* (ou mémoire *tampon*). Un consensus se dégage des très nombreuses recherches portant sur la MT depuis 25 ans : elle est au service de la cognition dans son ensemble.

Métamémoire

Ensemble des connaissances et des représentations dont tout individu dispose sur sa propre mémoire (capacité, fonctionnement).

Oubli

Il correspond à l'incapacité à récupérer une information mémorisée antérieurement. Plusieurs mécanismes peuvent expliquer l'oubli, qui n'est pas nécessairement une disparition de l'information avec le temps.

Paramnésie

Trouble de la mémoire se traduisant par une fabulation, une illusion de type « déjà-vu », ou une localisation temporelle erronée du souvenir.

Reconnaissance

Processus qui consiste à identifier une information présente comme ayant été déjà rencontrée antérieurement.

Rappel

Processus qui consiste à évoquer une information présentée antérieurement alors qu'elle est totalement ou partiellement absente (par opposition à la reconnaissance).

Système de représentation perceptive

Selon Tulving, le système de représentation perceptive est une mémoire anoétique qui contiendrait des ébauches perceptives des éléments constitutifs de la mémoire sémantique. Il est en charge, pour résumer, du traitement de la forme et de la structure des stimulus.

Système mnésique

Ensemble cohérent de processus impliqués dans la mémoire et sous-tendus par un ou des réseaux neuraux spécifiques. Un système mnésique se caractérise donc par les règles qui président à son fonctionnement et par les manifestations cérébrales qui l'accompagnent. Selon Tulving, les principaux systèmes mnésiques seraient : la *mémoire de travail*, les *mémoires sémantique*, *épisode*, *procédurale*, et le *système de représentation perceptive*.