

*Mémoire de travail,
capacités attentionnelles,
vitesse de traitement et vieillissement*

MARTIAL VAN DER LINDEN

Unité de Neuropsychologie cognitive

I | INTRODUCTION

Les psychologues considèrent généralement qu'il existe une composante de la mémoire qui peut être utilisée pour stocker une information pendant une durée brève après qu'elle a été perçue. Cette composante appelée mémoire primaire, mémoire à court terme et plus récemment mémoire de travail renvoie au fait que toute activité psychologique a une durée qui dépasse l'instant présent. Elle se distingue d'une mémoire à long terme (ou mémoire secondaire) qui conserve de manière plus durable le souvenir des événements du passé. En l'absence d'un système de mémoire à court terme, de nombreuses activités quotidiennes deviendraient virtuellement impossibles. Il nous serait par exemple extrêmement difficile de tenir une conversation si nous étions incapables de garder à l'esprit ce qui vient d'être dit par quelqu'un d'autre ou par nous-même.

Dans un premier temps, les psychologues ont surtout mis l'accent sur les fonctions de stockage passif de la mémoire à court terme. On a ainsi montré que la mémoire à court terme avait une capacité très limitée et qu'elle ne pouvait retenir qu'une petite quantité d'information pendant une courte période. La quantité d'information pouvant être stockée en

mémoire à court terme ainsi que l'oubli en mémoire à court terme ont généralement été évalués au moyen respectivement de la tâche d'empan et de la tâche de Brown-Peterson.

Dans une tâche d'empan, l'examinateur présente une série d'items (par exemple, des chiffres) que le sujet doit rappeler immédiatement et dans l'ordre. Le nombre de chiffres que le sujet peut rappeler correctement constitue son empan mnésique : en moyenne, il est de 7 ± 2 . Dans une version spatiale de la tâche d'empan (*block-tapping test*), l'examinateur tape sur des cubes disposés aléatoirement sur une planche de bois et le sujet doit immédiatement reproduire cette séquence de frappes.

Dans la tâche de Brown-Peterson, l'examinateur présente au sujet une liste d'items (par exemple, trois consonnes) que le sujet doit ensuite rappeler dans l'ordre après un délai variable allant de zéro à vingt secondes. Durant le délai, on empêche la répétition ou l'élaboration du matériel en demandant au sujet d'effectuer une tâche distractive telle que compter en arrière à partir de 396. Dans ces conditions, on observe un oubli très rapide des trois consonnes tel qu'après un délai de dix secondes le sujet ne peut déjà plus rappeler que 20 à 30 % des consonnes (Peterson et Peterson, 1959).

Un des arguments les plus fréquemment évoqués par les psychologues en faveur de la distinction entre un système de stockage à court terme et un système de stockage à long terme concerne l'existence d'un effet de récence dans une tâche de rappel libre.

Si on présente à des sujets une liste de mots (d'une longueur supérieure à l'empan, par exemple douze mots) et si on leur demande de rappeler immédiatement le plus grand nombre de mots dans n'importe quel ordre, typiquement, les derniers mots de la liste sont rappelés plus fréquemment, ce qui correspond à l'effet de récence. L'effet de récence a toutefois tendance à disparaître si, au lieu d'effectuer un rappel immédiat, on intercale entre la présentation de la liste et le moment du rappel une tâche interférente (par exemple une tâche de comptage à rebours). La tâche interférente influence cependant peu le rappel des mots présentés en milieu ou en début de liste. L'effet de récence a été interprété en suggérant que les derniers mots sont encore présents en mémoire à court terme lors du rappel, ce qui expliquerait qu'ils sont plus accessibles que les autres mots de la liste qui eux sont maintenus en mémoire à long terme. Divers indices ont été élaborés afin de déterminer si un mot rappelé provient de la mémoire à court terme ou de la mémoire à long terme (Tulving et Cololita, 1970).

Le concept de stock à court terme passif et unitaire va progressivement être remplacé par celui d'une mémoire de travail active, composée de plusieurs sous-systèmes et impliquée non seulement dans le stockage, mais également dans la manipulation de l'information (Baddeley et Hitch, 1974 ;

Baddeley, 1986). Dans la conception de Baddeley (1986), la mémoire de travail est essentiellement conçue comme un système d'allocation de ressources attentionnelles dont la fonction principale est de permettre à un sujet de se centrer sur les opérations de traitement importantes dans une activité en cours. Dans cette perspective, les limites de capacité de la mémoire de travail sont plus le fait de contraintes de traitement (l'allocation de l'attention) que de contraintes structurales (la quantité d'espace disponible). Enfin, selon Baddeley et contrainement à ce que postulaient Atkinson et Shiffrin (1968), la mémoire de travail ne constitue pas le passage obligé vers la mémoire à long terme, mais travaille plutôt en parallèle avec la mémoire à long terme.

Selon Baddeley (1986, 1992), la mémoire de travail est donc définie comme un système de capacité limitée, destiné au maintien temporaire et à la manipulation de l'information pendant la réalisation de tâches cognitives diverses de compréhension, de raisonnement ou de résolution de problèmes. Elle comprend un administrateur central amodal, de capacité limitée aidé par un certain nombre de systèmes esclaves responsables du maintien temporaire de l'information (fig. 1). Deux de

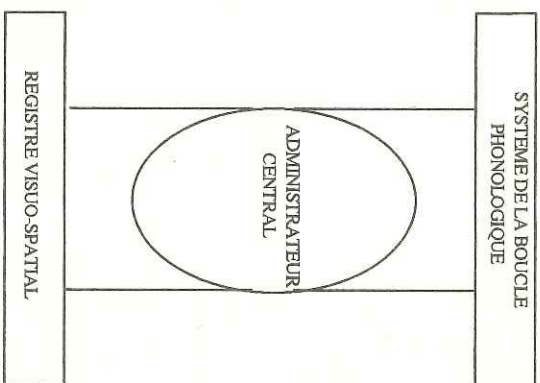


FIG. 1. — Modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986)

ces systèmes ont été explorés plus en détail : la « boucle phonologique » et le « registre visuo-spatial » (*visuospatial sketchpad*). Ce modèle de la mémoire de travail sera décrit de manière relativement détaillée dans la mesure où il constitue actuellement le cadre théorique le plus fréquemment utilisé par les auteurs travaillant dans le domaine du vieillissement.

La boucle phonologique est spécialisée dans le stockage temporaire de l'information verbale. Elle se compose d'un système de stockage phonologique et d'un processus de récapitulation articulatoire. Le système de stockage phonologique reçoit directement et obligatoirement une information verbale présentée auditivement et la stocke sous forme de codes phonologiques. L'information n'est maintenue dans ce registre phonologique que pendant une durée brève (une seconde et demie à deux secondes), mais elle peut y être réintroduite continuellement par l'intermédiaire du processus de récapitulation articulatoire. Le système de stockage phonologique est également capable de recevoir une information verbale présentée visuellement, mais celle-ci doit préalablement être convertie en un code phonologique avant d'être conduite dans le registre phonologique et ce par le biais du processus de récapitulation articulatoire (voir fig. 2).

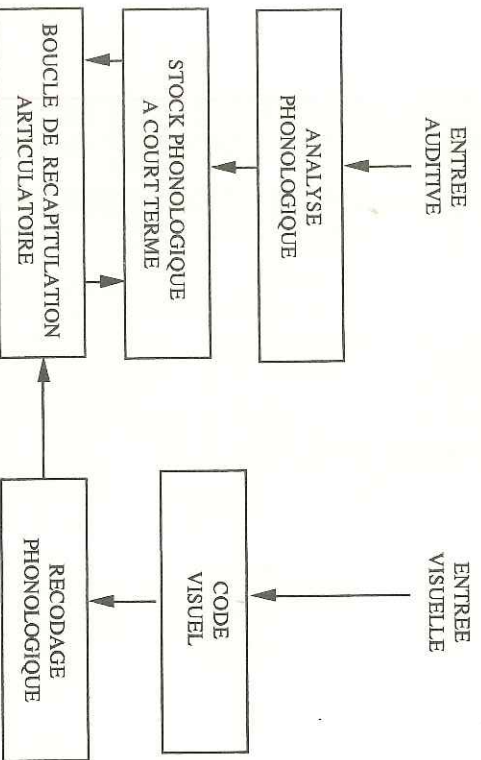


Fig. 2. — Architecture fonctionnelle de la mémoire de travail : le système de la boucle phonologique

Ce système de boucle phonologique (composé d'un registre phonologique et d'un mécanisme de récapitulation articulatoire) permet de rendre compte de différents phénomènes et notamment :

- l'effet de similarité phonologique : le rappel sériel immédiat (l'empan) de mots ou de lettres qui se ressemblent au plan phonologique est moins bon que le rappel de mots ou de lettres qui diffèrent phonologiquement. Ceci serait lié au fait que le stock phonologique se fonde essentiellement sur un code phonologique et que plus la similarité entre items est grande et plus il est difficile de les distinguer et donc de les récupérer ;
- l'effet de longueur : le rappel sériel immédiat de mots est inversement relié à leur durée de prononciation. Cet effet de longueur est considéré comme étant sous la dépendance du processus de récapitulation articulatoire dans le sens où des mots longs prennent plus de temps à être récapitulés que des mots courts, ce qui permet à la trace mnésique des mots précédents de s'effacer avant que ces mots puissent être réintroduits dans le stock phonologique par l'intermédiaire de la récapitulation articulatoire ;
- l'effet de suppression articulatoire : la répétition itérative d'un son non pertinent (par exemple, bla-bla-bla...) durant une tâche de rappel sériel immédiat diminue la performance. Par ailleurs, la suppression articulatoire abolit l'effet de longueur, que le matériel à mémoriser soit présenté auditivement ou visuellement. Ces effets sont interprétés en considérant que la répétition itérative occupe le processus de récapitulation articulatoire, ce qui empêche la récapitulation du matériel à rappeler. De plus, la suppression articulatoire fait disparaître l'effet de similarité phonologique en présentation visuelle mais pas en présentation auditive : ceci serait lié au fait qu'en présentation visuelle la récapitulation articulatoire est indispensable au transfert du matériel vers le stock phonologique, alors qu'en présentation auditive le matériel verbal bénéficie d'un accès direct au stock phonologique.

Il faut insister sur le fait que, pour Baddeley, le facteur crucial dans l'effet de longueur n'est pas le nombre de syl-

labes qui composent les mots mais plutôt le temps mis pour les articuler. Baddeley, Thomson et Buchanan (1975) ont ainsi examiné le rappel sériel immédiat de mots ayant le même nombre de syllabes mais nécessitant différentes durées d'articulation. Ils ont mis en évidence que même quand le nombre de syllabes est identique, les mots qui prennent moins de temps pour être articulés sont mieux rappelés. Par ailleurs, il existe une relation entre longueur du mot, rappel et vitesse de lecture, telle que, quand la longueur des mots s'accroît, l'empan et la vitesse de lecture décroissent. Baddeley *et al.* (voir également Schweickert et Boruff, 1986) ont suggéré que les sujets pouvaient rappeler autant de mots qu'ils étaient capables d'en prononcer en plus ou moins de deux secondes. La relation linéaire entre vitesse de lecture et empan mnésique, qui est utilisée pour estimer la capacité de la boucle de récapitulation articulatoire, peut être définie comme suit (Hulme et MacKenzie, 1992) : nombre de mots maintenus dans la boucle = longueur de la boucle \times vitesse d'articulation (la longueur de la boucle étant constante, imaginons 1,5 seconde). En conséquence, pour des mots courts qui peuvent être articulés à la vitesse de quatre par seconde, la boucle pourrait en maintenir six ($6 = 1,5 \times 4$). Par contre, pour des mots longs qui prennent deux fois plus de temps pour être articulés (deux mots par seconde), elle ne pourrait en tenir que la moitié ($3 = 1,5 \times 2$). En résumé, si on postule que les traces mnésiques présentes dans le stock phonologique disparaissent progressivement et que le processus de récapitulation articulatoire a pour fonction de maintenir les items dans le système de stockage phonologique en rafraîchissant leurs traces, alors la longueur de l'empan dépendra du nombre d'items qui peuvent être rafraîchis avant de disparaître et ce nombre dépendra quant à lui à la fois de la rapidité avec laquelle les traces disparaissent et de la vitesse de récapitulation articulatoire.

Il faut cependant noter que le système de la boucle phonologique ne semble pas être le seul responsable de la performance d'empan et que l'administrateur central et/ou les processus de mémoire à long terme pourraient y contribuer pour une part non négligeable. Ainsi, selon Baddeley (1986), la boucle phonologique n'est capable de stocker dans l'ordre

qu'un nombre limité d'items, mais l'administrateur central peut accroître ce nombre soit en améliorant le travail de la boucle phonologique (par exemple, en groupant les items en unités de niveau plus élevé), soit en stockant lui-même l'information. Un exemple de stockage qui est parfois attribué à l'administrateur central est la composante résiduelle de rappel qui subsiste quand les sujets effectuent la suppression articulatoire. Classiquement, l'empan diminue de 7-8 items à 3-4 items et cet empan résiduel ne semble pas dépendre d'un codage phonologique ou articulatoire dans la mesure où il est insensible à la longueur et à la similarité phonologique des mots. Pour Baddeley, il serait en fait sous la dépendance de l'administrateur central. Cependant, une autre interprétation attribue ce stockage résiduel à la mémoire à long terme (Hulme, Maughan et Brown, 1991).

De nouvelles questions relatives à la nature des processus de récapitulation articulatoire ont cependant été récemment soulevées par plusieurs études menées auprès de patients cérébro-lésés. Ces études ont montré que des sujets présentant d'importants problèmes articulatoires (patients « dysarthriques » ou enfants « paralysés cérébraux ») manifestaient néanmoins des empan normaux ainsi que des effets normaux de similarité phonologique et de longueur (Vallar et Cappa, 1987 ; Bishop et Robson, 1989). Par contre, Waters, Rochon et Caplan (1992) ont mis en évidence une perte des effets de longueur chez des patients présentant des troubles articulatoires de niveau plus élevé (*apraxia of speech*) et chez qui les difficultés articulatoires étaient liées à une incapacité de planifier les mouvements impliqués dans la parole plutôt qu'à une incapacité de réaliser ces mouvements à partir de plans intacts. Ces données suggèrent que les mécanismes de récapitulation articulatoire utiliseraient les processus de planification qui spécifient les gestes articulatoires sans impliquer ces gestes en tant que tels. Si cette conception est correcte, des mots composés du même nombre de syllabes ou de phonèmes devraient être rappelés de la même manière, indépendamment du temps mis pour les articuler. Dans cette perspective, Caplan, Rochon et Waters (1992) ont réexaminé le rappel sériel immédiat de mots qui présentent un nombre identique de syllabes, mais qui différaient par rapport à la durée (et également la complexité) du

geste articulatoire et ce en adoptant des critères de sélection des mots plus stricts que ceux adoptés par Baddeley, Thomson et Buchanan (1975). Ils ont montré que, dans ces conditions, les effets de longueur étaient effectivement éliminés. Sur la base de ces données, ils suggèrent que les effets de longueur dépendent de processus qui planifient l'output phonologique sur la base des formes phonologiques lexicales et que ces effets de longueur surviennent du moins en partie parce que les processus de planification sont utilisés pour récapituler les items de la liste présentée. Dans ce contexte, ils interprètent la relation qui unit la vitesse articulatoire à l'effet de longueur en postulant que la vitesse articulatoire est en partie déterminée par la rapidité avec laquelle opèrent les processus de planification de l'output phonologique. Ils indiquent néanmoins que l'articulation peut éventuellement être impliquée dans l'effet de longueur dans la mesure où des sujets peuvent adopter une stratégie de récapitulation basée sur l'articulation explicite et/ou subvocale.

Le registre visuo-spatial est responsable du stockage à court terme de l'information visuo-spatiale et il est également impliqué dans la génération et la manipulation des images mentales. Son fonctionnement est actuellement moins bien compris que celui de la boucle phonologique. Il semble cependant que ce système possède à la fois une composante spatiale et une composante visuelle (Logie et Marchetti, 1991). Par ailleurs, un processus de récapitulation des images mentales (analogue au processus de récapitulation articulaire) pourrait être sous-tendu par le système impliqué dans le contrôle des mouvements oculaires.

Les deux systèmes de stockage, boucle phonologique et registre visuo-spatial, sont en contact étroit avec l'administrateur central, qui est considéré comme un système attentionnel de contrôle. Il a notamment pour fonction de sélectionner les stratégies cognitives et de coordonner l'information en provenance de différentes sources (et pas seulement celle issue des systèmes esclaves). Il peut également affecter une partie de sa capacité limitée de traitement afin d'accroître la quantité d'information qui peut être maintenue dans les systèmes esclaves. Il serait également impliqué dans les processus de mise à jour de la mémoire, c'est-à-dire dans

La modification du statut d'une représentation en mémoire en fonction d'un nouvel input (Morris et Jones, 1990). Enfin, comme on l'a vu précédemment, il aurait également des fonctions de stockage propre dont la nature n'est cependant pas clairement spécifiée.

Baddeley (1986) propose de distinguer au sein de l'administrateur central d'une part la composante de planification et de contrôle (les procédures de gestion) et d'autre part les ressources de traitement. Il suggère également que le modèle de contrôle attentionnel proposé par Norman et Shallice (1986) pourrait aider à comprendre le fonctionnement de l'administrateur central. Selon ce modèle, la plupart des actions en cours dépendent de routines (de schémas d'action) qui exigent peu de contrôle attentionnel. Quand un conflit survient entre différentes routines, il est pris en charge par des processus de résolution de conflits semi-automatiques (*Contention Scheduling Mechanism*). Il existerait par ailleurs un système de supervision attentionnel (*Supervisory Attentional System, SAS*) qui interviendrait quand la sélection de schémas d'action ne suffit pas et par exemple quand les tâches exigent une prise de décision et une planification ou quand il faut s'adapter à une situation nouvelle ou dangereuse. Ainsi, l'exécution simultanée de deux activités relativement automatiques, telles que suivre une conversation tout en préparant un repas, pourrait se faire par la mise en œuvre de schémas surapppris. Cependant, la survenue d'un événement non planifié (par exemple, la soupe qui déborde) mettrait en jeu l'administrateur central qui sélectionnerait des activités contrôlées. Ce superviseur attentionnel aurait aussi pour fonction de maintenir des buts à long terme, de contrôler l'efficacité d'une stratégie particulière et éventuellement d'opérer un changement de stratégie.

2 | MÉMOIRE DE TRAVAIL ET VIEILLISSEMENT

L'idée selon laquelle le vieillissement est associé à un trouble de la mémoire à court terme n'est pas neuve. Déjà en 1958, Welford suggérait qu'un grand nombre des difficul-

tés rencontrées par les sujets âgés dans des tâches perceptivo-motrices, de mémoire ou de raisonnement, résultaient d'un fonctionnement moins efficace de la mémoire à court terme. Plus précisément, cet auteur indiquait que la mémoire à court terme des sujets âgés avait une capacité de stockage réduite et qu'elle pouvait moins facilement résister à l'interférence causée par d'autres activités concurrentes. Ainsi, dans la conclusion de son livre *Ageing and human skill*, Wolford indiquait :

« Le second effet important du changement central dû à l'âge se trouve dans un processus très peu compris et apparemment commun à la mémoire à court terme et à la conceptualisation. Nous l'avons décrit comme la possibilité de retenir dans l'esprit une quantité de données telles qu'elles puissent être employées simultanément. On comprend que, d'une manière ou d'une autre, les données soient conservées dans une accumulation à court terme pendant que d'autres données sont rassemblées. Il est évident que, si les données ne peuvent pas être retenues ainsi, la quantité d'information susceptible d'être consacrée simultanément à un problème sera très petite. Les gens âgés, selon ce que nous avons observé, ne peuvent plus accumuler une aussi grande quantité de données, et le peu qui peut l'être est plus exposé que chez les jeunes à subir une interférence ou une interruption de la part d'autres activités coïncidant dans le temps. Un tel déclin de la rétention à court terme jouerait un rôle important dans un grand nombre de changements que l'âge détermine dans l'apprentissage et la solution de problèmes... » (1958 ; 1964 pour la traduction française, p. 338).

Depuis lors, de très nombreuses études ont exploré les effets de l'âge sur la mémoire à court terme (ou mémoire de travail). Elles ont principalement adopté deux stratégies de recherche (Salthouse, 1990). Une première stratégie a consisté à explorer directement le fonctionnement de la mémoire de travail de sujets jeunes et âgés au moyen de tâches conçues explicitement dans ce but (c'est ce que Salthouse appelle l'évaluation *out-of-context* de la mémoire de travail). Une deuxième stratégie, dite indirecte, a consisté à recueillir des informations relatives au fonctionnement de la mémoire de travail chez des sujets jeunes et âgés en examinant la performance de ces sujets dans des tâches cognitives diverses (de compréhension verbale, de raisonnement, de calcul, etc.) non conçues à cet effet, mais au sein desquelles une intervention de la mémoire de travail est hautement probable. Il s'agit alors d'inférer une réduction de la capacité de la mémoire de travail à partir des performances obtenues à ces tâches (c'est ce que Salthouse appelle l'évalua-

tion *within-context*). Dans ce chapitre, nous présenterons uniquement les études qui ont abordé de manière directe le fonctionnement de la mémoire de travail des sujets âgés et ce dans la mesure où les approches indirectes seront abondamment illustrées dans d'autres chapitres (et en particulier dans le chapitre de Hupet et Nef consacré aux fonctions langagières et dans celui de Lories et Costermans qui traite de la résolution de problèmes).

2.1. — L'évaluation directe de la mémoire de travail

Une première manière d'examiner directement les effets de l'âge sur la mémoire à court terme a été de comparer des sujets jeunes et des sujets âgés à différentes tâches et mesures traditionnellement utilisées pour estimer la capacité de la mémoire à court terme : la tâche d'empan, la tâche de Brown-Peterson, l'effet de récence et les indices de mémoire à court terme. Dans une revue de question consacré au vieillissement de la mémoire, Craik (1977) indique que les différences liées à l'âge dans ces diverses tâches et mesures sont soit inexistantes, soit minimes. Ce point de vue sera ultérieurement partagé par de nombreux autres chercheurs (e.g., Poon, 1985). Il existe en effet plusieurs études qui n'ont montré aucune différence entre sujets jeunes et sujets âgés que ce soit pour la tâche d'empan (e.g., Parkinson, Lindholm et Urell, 1980), la tâche de Brown-Peterson (e.g., Dobbs et Rule, 1989 ; Craik, 1977) ou encore l'estimation de la mémoire à court terme à partir de la performance en rappel libre (e.g., Delbecq-Derouesné et Beauvois, 1989).

Cependant, d'autres travaux ont mis en évidence un effet de l'âge pour chacune de ces tâches (voir Salthouse, 1991). Ainsi, par exemple, en ce qui concerne la tâche d'empan, Salthouse et Babcock (1991) ont montré que l'empan de chiffres et l'empan de mots déclinent de façon monotone avec l'âge et ce de telle manière que les sujets âgés de 60 à 70 ans obtiennent une performance qui se situe entre .6 et .8 déviation standard par rapport à celle des sujets âgés de 20 à 30 ans. Par ailleurs, dans une étude récente (Feyerisen et Van der Linden, 1992), nous avons également mis en évi-

dance des différences significatives entre des sujets jeunes et des sujets âgés (ayant tous effectué un minimum de neuf années d'études) à différentes tâches d'empan : empan de mots, empan spatial (*block-tapping test*), empan de gestes symboliques et empan de configurations manuelles (voir tableau I). Enfin, un effet significatif de l'âge a également été plusieurs fois observé dans la tâche de Brown-Peterson (voir Kausler, 1982, pour une revue de question) ainsi que dans l'estimation de la mémoire à court terme (e.g., Moscovitch, 1982 ; Parkinson, Lindholm et Inman, 1982 ; Fontaine, Isingrini, Gauthier *et al.*, 1991).

TABLEAU I. — Performances de sujets jeunes et âgés à différents tests d'empan

	Empan de mots	Empan spatial	Empan de gestes symbo- liques	Empan de confi- gurations manuelles
Sujets jeunes	5,46	6,54	4,79	5,25
Âge : 19-25 (n = 24)				
Mill Hill score = 35,8				
Sujets âgés	4,33	4,96	3,71	2,96
Âge : 59-71 (n = 24)				
Mill Hill score = 38,5				

On peut s'interroger sur les raisons de ces résultats discordants et sur la nature des différences liées à l'âge observées dans certains travaux. Les variations dans les résultats entre différentes études peuvent être la conséquence de différences dans les tâches utilisées (dans les conditions d'encodage et de récupération, dans la nature et la longueur du matériel à mémoriser, etc.), mais elles peuvent également être liées à des différences dans les caractéristiques des sujets testés. Dans cette perspective, il faut relever qu'un effet du niveau d'efficacité intellectuelle a été observé tant en ce qui concerne l'empan (Goward et Rabbitt, 1988) que l'estimation de la mémoire à court terme dans une tâche de rappel libre (Delbecq-Derouesné et Beauvois, 1989).

En ce qui concerne la nature des effets de l'âge mis en évidence dans certaines études, il faut en premier lieu rappeler que le terme « mémoire à court terme » qui caractérise les tâches et mesures traditionnelles d'empan ou de Brown-Peterson n'implique pas que ces tâches soient sous la dépendance exclusive du système de stockage à court terme. Ainsi, une contribution de la mémoire à long terme a été invoquée pour rendre compte des performances aussi bien dans la tâche d'empan (Hulme *et al.*, 1991) que dans celle de Brown-Peterson (Baddaley, 1990). Plus généralement, ces épreuves sont sous-tendues par différents sous-processus qui peuvent éventuellement être sensibles à l'âge.

Actuellement, on connaît encore peu de choses sur ce qui détermine les différences liées à l'âge dans l'empan. Théoriquement, un empan verbal faible pourrait être la conséquence d'un ralentissement du processus de récapitulation articulatoire, d'une disparition plus rapide des traces maintenues dans le stock phonologique ou encore d'un déficit affectant l'administrateur central ou la mémoire à long terme. Quant à la procédure de Brown-Peterson, elle a initialement été utilisée pour étudier le déclin de la trace en mémoire à court terme. Cependant, il est apparu que le phénomène de déclin de la trace n'était pas à même d'expliquer à lui seul l'oubli substantiel observé dans ce paradigme. En fait, il semble que ce qui détermine de manière cruciale l'oubli dans la tâche de Brown-Peterson est la présence de phénomènes d'interférence (de compétition avec des items présentés antérieurement) lesquels seraient plutôt des manifestations de la mémoire à long terme (Baddaley, 1990). En conséquence, différents types de déficits liés à l'âge sont également théoriquement possibles dans l'épreuve de Brown-Peterson. On pourrait par exemple observer un déficit dans les processus d'oubli à court terme (déclin de la trace) ou à long terme (effets d'interférence). Par ailleurs, la tâche de Brown-Peterson peut être considérée comme une tâche de mémoire de travail dans laquelle les sujets doivent garder les informations en mémoire tout en effectuant les traitements exigés par la tâche distractive. Dans cette perspective, il se pourrait que les sujets âgés disposent de moins de ressources que les sujets jeunes et qu'ils soient dès lors incapables, contrairement aux

personnes jeunes, de réaliser simultanément les opérations de maintien en mémoire et de traitement. En fait, il ne semble pas exister de différences liées à l'âge dans les processus d'oubli. En effet, Parkinson, Inman et Dannenbaum (1985) ont observé, dans une première expérience, que des sujets jeunes obtenaient de meilleures performances en rappel que des sujets âgés et que ces différences liées à l'âge étaient plus importantes en rappel différé qu'en rappel immédiat. Cependant, dans une deuxième expérience, ils ont montré que si on égalisait les performances des sujets jeunes et âgés en rappel immédiat, on n'observait pas d'effet de l'âge en rappel différé. Par ailleurs, Parkinson *et al.* ont également montré, dans leur première expérience, que la performance des sujets en rappel différé était inversement reliée à la difficulté de la tâche distractive effectuée durant l'intervalle de rétention, mais que cet effet n'interagissait pas avec l'âge, ce qui n'est guère compatible avec une interprétation en termes de réduction de ressources chez les sujets âgés. Dans un travail plus récent, Puckett et Lawson (1989) ont également conclu à l'absence de différences liées à l'âge dans les processus d'oubli (à court et à long terme) dans la tâche de Brown-Peterson et ce dans une condition où non seulement la charge mnésique était rendue équivalente entre sujets jeunes et âgés, mais également où la possibilité de répéter le matériel (*maintenance rehearsal*) ou de le soumettre à des processus d'élaboration (*elaborative rehearsal*) durant l'intervalle de rétention était réduite au maximum. Il subsiste néanmoins des incertitudes quant à la nature des différences liées à l'âge observées par certains auteurs dans la tâche de Brown-Peterson : sont-elles la conséquence d'un déficit affectant les processus d'encodage et/ou de stockage de l'information (Parkinson *et al.*, 1985) ou sont-elles liées à des différences dans la mise en place de stratégies de maintien en mémoire de l'information (Puckett et Lawson, 1989). En fait, la performance dans la tâche de Brown-Peterson semble dépendre de différentes composantes de traitement plus ou moins automatiques impliquées dans l'encodage, le maintien et la récupération de l'information (système de la boucle phonologique, administrateur central, mémoire à long terme). Les effets de l'âge dans cette tâche sont dès lors vraisemblablement liés à des différences entre

sujets jeunes et âgés dans la contribution relative de chacune des composantes en fonction de la nature et de la longueur du matériel à mémoriser, de la difficulté de la tâche distractive ou encore de la durée de l'intervalle de rétention.

Il reste à interpréter le déficit lié à l'âge dans l'effet de récence et les mesures de mémoire à court terme. Si on accepte que ces mesures constituent des estimations faibles de la capacité de stockage à court terme, ce déficit peut effectivement être interprété comme un trouble de la mémoire à court terme. Cependant, l'effet de récence est également considéré comme étant le reflet d'une stratégie ordinaire de récupération qui consiste à commencer par les événements de les informations qui ont été rencontrées le plus récemment (Baddeley, 1986 ; Van der Linden, 1989). Dans ce contexte, un effet de récence déficitaire pourrait être lié à un trouble spécifique affectant cette stratégie de récupération.

Les tâches traditionnelles de mémoire à court terme impliquent le stockage (relativement passif) d'une petite quantité de matériel ainsi que sa récupération sous un format non modifié. Or, dans la conception de Baddeley, la mémoire de travail a non seulement une fonction de stockage, mais a également une fonction de traitement et de manipulation de l'information. Dans cette direction, de nombreuses études ont exploré la mémoire de travail chez les personnes jeunes et âgées au moyen de tâches dans lesquelles les sujets étaient amenés à transformer le matériel maintenu en mémoire ou à garder activement une information en mémoire tout en traitant simultanément d'autres informations (voir Salthouse, 1990, pour une revue de ces études). Si les opinions divergent quant à l'existence de différences liées à l'âge dans des tâches traditionnelles de mémoire à court terme, par contre, la plupart des auteurs s'accordent pour reconnaître la présence d'un effet marqué de l'âge dans les tâches de mémoire de travail qui exigent la réalisation simultanée d'opérations de stockage et de traitement (Craik, 1977 ; Welford, 1980 ; Rabbitt, 1981 ; Baddeley, 1986).

L'interprétation la plus fréquente de cet effet de l'âge suggère que la mémoire de travail des personnes âgées présenterait une capacité réduite ou disposerait de moins de ressources pour le traitement et le stockage temporaire de l'im-

formation. Autrement dit, la nécessité de traiter et stocker une information simultanément excéderait la capacité ou les ressources de la mémoire de travail des sujets âgés. Dans sa version la plus générale, cette hypothèse prédit que l'importance des différences liées à l'âge devrait s'accroître à mesure que les exigences en ressources (ou que la complexité) de la tâche de mémoire de travail augmentent. De même, on devrait s'attendre à ce que la performance des personnes âgées diminue de manière plus importante que celle des sujets jeunes dans une situation de tâche double impliquant une tâche de stockage et une tâche de traitement par rapport à une situation où chaque tâche est réalisée seule (autrement dit, on devrait observer une interaction entre l'âge et la division des ressources).

La prédiction selon laquelle les sujets âgés seraient plus affectés que les sujets jeunes par une augmentation de la complexité de la tâche a été confirmée par de nombreuses études. La majorité de ces études ont utilisé différentes procédures d'empan impliquant la manipulation de l'information maintenue en mémoire (voir Salthouse, 1990). Ainsi, Babcock et Salthouse (1990) ont examiné les résultats de 14 études ayant comparé chez des sujets jeunes et âgés l'empan à l'envers et l'empan à l'avers (dans lequel les sujets devraient rappeler les items dans l'ordre inverse de l'ordre de présentation et devaient dès lors manipuler l'information stockée). Ils constatent que les différences liées à l'âge sont dans l'ensemble plus importantes pour l'empan à l'avers que pour l'empan à l'endroit (lequel suscite néanmoins lui aussi des différences non négligeables).

Par ailleurs, Gick et Craik (cité dans Craik, 1980) observent d'importantes différences liées à l'âge dans une tâche d'empan alphabétique dans laquelle on présente aux sujets des listes de mots non reliés qu'ils doivent rappeler dans l'ordre alphabétique. Par contre, ils ne constatent pas de différence entre sujets jeunes et âgés à une tâche d'empan de chiffres classique. Un effet de l'âge a également été mis en évidence par Kirchner (1958) dans une tâche qui consiste à présenter aux sujets une séquence continue de lettres ou de chiffres et à leur demander de rappeler la lettre ou le chiffre qui est « n (0, 1, 2, ou 3) » places en arrière dans la séquence

(*N-back span*). Quand $n = 0$, il s'agit simplement de fournir l'item actuel ; par contre, quand $n = 1, 2$, ou 3, le sujet doit continuellement mettre à jour l'information, c'est-à-dire remplace les items anciens par des nouveaux. Les résultats obtenus montrent que la performance des sujets jeunes et âgés ne diffère pas quand $n = 0$; par contre la différence entre les deux groupes s'accroît à mesure que la valeur de n augmente.

Dans les différentes tâches de mémoire de travail que nous venons de mentionner (empan à l'envers, *N-back span*, *alpha-span*), les opérations de traitement et de stockage portent sur la même information. Cependant, une interaction entre l'âge et les exigences de traitement (la complexité) a également été montrée dans des tâches où stockage et traitement sont effectués sur un matériel différent. Ainsi, par exemple, Wright (1981) a demandé à des sujets jeunes et âgés d'effectuer une tâche de raisonnement tout en maintenant en mémoire une série de chiffres. Dans la tâche de raisonnement, on présenterait aux sujets des énoncés du type « A est précédé par B-AB » et les sujets devraient répondre « vrai ou faux » selon que l'énoncé décrirait correctement l'ordre des lettres qui suivraient. Le degré de difficulté des deux tâches était modifiant en variant le nombre de chiffres à rappeler et en modifiant la forme active/passive et positive/négative des énoncés. Les résultats montrent que la performance des deux groupes diminue quand les tâches deviennent plus exigeantes, mais cette diminution est plus importante et apparaît pour des niveaux d'exigences moins élevés chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes.

Cependant, d'autres études montrent qu'un accroissement des exigences de traitement ne conduit pas nécessairement à une augmentation des différences liées à l'âge. Ainsi, par exemple, Babcock et Salthouse (1990) comparent la performance de sujets jeunes et âgés à une tâche d'empan à l'endroit et à une tâche d'empan arithmétique (*computation span*) dans laquelle les sujets doivent résoudre des séries de problèmes arithmétiques tout en gardant en mémoire le dernier chiffre de chaque problème. Les résultats montrent une diminution des performances dans l'épreuve d'empan arithmétique pour les deux groupes de sujets et l'importance des différences liées à l'âge est similaire dans les deux tâches.

Plusieurs autres travaux ayant utilisé des situations de tâche double (impliquant une tâche de stockage et une tâche de traitement) n'ont pas observé l'interaction attendue entre l'âge et la division de ressources. Par exemple, Baddeley, Logie, Bressi *et al.* (1986) ont montré que la performance des sujets âgés n'était pas plus affectée que celle des sujets jeunes dans une situation de tâche double impliquant d'effectuer simultanément une tâche d'empan et une tâche de poursuite d'une cible en mouvement et ce par rapport à une situation où les deux tâches devaient être effectuées de manière isolée (voir également pour des résultats analogues, Light et Anderson, 1985 ; Wright, 1981 ; Morris, Gick et Craik, 1988 ; Gick, Craik et Morris, 1988 ; Morris, Craik et Gick, 1990).

Les raisons pour lesquelles la performance des personnes âgées est ou non plus affectée que celle des sujets jeunes par un accroissement de la complexité des tâches de mémoire de travail ou par la division des ressources entre stockage et traitement ne sont pas clairement établies. Cet état de fait résulte en grande partie du caractère trop général des concepts utilisés. En effet, l'hypothèse d'une réduction de la capacité (ou des ressources) de la mémoire de travail se heurte à des problèmes d'opérationnalisation et se trouve en difficulté dès qu'il s'agit d'identifier de manière plus précise l'intervention de la mémoire de travail dans un ensemble varié de situations. Il en résulte que les expériences construites pour mesurer l'évolution avec l'âge de la mémoire de travail peuvent conduire selon les tâches et selon la méthodologie utilisée à des résultats contradictoires. Il manque à cette hypothèse générale une architecture cognitive de référence à même de relier entre elles les différentes tâches et capable de formuler un ensemble coordonné d'hypothèses sur les particularités du fonctionnement de la mémoire de travail de la personne âgée.

En fait, la mémoire de travail est une entité complexe composée de nombreux sous-processus qui peuvent être plus ou moins sensibles aux effets de l'âge : processus de stockage, de traitement et de coordination entre stockage et traitement. En conséquence, il paraît indispensable d'entreprendre des explorations plus analytiques qui tenteront d'identifier les aspects de la mémoire de travail qui sont responsables des

difficultés rencontrées par les sujets âgés dans certains paradigmes et ce en se servant d'un modèle qui spécifie de la manière la plus précise possible la structure et le fonctionnement de la mémoire de travail. Dans cette perspective, deux approches sont possibles. Une première approche consiste à décomposer les différents processus qui sous-tendent la performance globale à une tâche typique de mémoire de travail (impliquant stockage et traitement) et à manipuler différents paramètres de la tâche afin d'essayer d'identifier les aspects de la mémoire de travail qui sont affectés par le vieillissement dans cette tâche particulière : il s'agit d'une stratégie d'analyse de tâche. Une deuxième approche consiste à examiner de manière isolée chacune des composantes de la mémoire de travail afin de voir dans quelle mesure elles sont affectées par l'âge. Ainsi, en partant du modèle de mémoire de travail élaboré par Baddeley (1986), il s'agira d'explorer si les systèmes esclaves (système de la boucle phonologique et visuo-spatial *sketchpad*) et les différents sous-systèmes qui les composent (récapitulation articulatoire, stock phonologique, etc.) sont sensibles au vieillissement. On pourra également tenter d'explorer les différents aspects de l'administrateur central (stockage, traitement, mise à jour, coordination des systèmes esclaves, ressources, etc.). Pour ce faire, on devra disposer de tâches qui permettent d'aborder de manière spécifique la composante étudiée ou du moins qui permettent d'identifier clairement sa contribution à la performance globale. Quelques études récentes ont suivi ces deux types d'approches en utilisant le modèle de Baddeley comme cadre théorique de référence.

2.2. — La stratégie d'analyse de tâche

Craik et ses collaborateurs (Morris *et al.*, 1988 ; Gick *et al.*, 1988 ; Morris *et al.*, 1990 ; voir Craik, Morris et Gick, 1990, pour une présentation d'ensemble de ces travaux) ont entrepris une série d'expériences dans lesquelles ils ont tenté de disséquer les processus en jeu dans deux tâches de mémoire de travail élaborées par Danneman et Carpenter (1980) et Baddeley et Hitch (1974). Dans la procédure de Danneman

et Carpenter (1980), les sujets devaient le plus rapidement possible juger si une phrase était vraie ou fausse. En plus de cette tâche de vérification, les sujets devaient retenir le dernier mot de chaque phrase. Immédiatement après la présentation de la série de phrases, on leur demandait de rappeler dans l'ordre de présentation la série de derniers mots. La complexité de la tâche était manipulée en présentant des séries de 1, 2, 4 et 5 phrases (les sujets devaient donc rappeler un maximum de 1, 2, 4 ou 5 mots), en présentant des phrases positives ou négatives (par exemple : « Un moineau peut construire un nid », « Un chat ne mange pas de souris ») et enfin en variant la nécessité de diviser l'attention entre stockage et traitement (dans la plupart des essais, les sujets devaient partager leurs ressources attentionnelles entre le maintien des mots en mémoire et la vérification des énoncés ; cependant, dans certains essais, les phrases n'étaient pas présentées pour vérification mais seulement les mots à rappeler dans l'ordre). Dans la tâche de Baddeley et Hitch (1974), les sujets devaient effectuer une tâche de vérification de phrases tout en maintenant en mémoire une série de mots non reliés. Les mots étaient présentés en premier et les sujets devaient les maintenir en mémoire tout en vérifiant les énoncés le plus rapidement possible. Finalement, les sujets devaient rappeler dans l'ordre les séries de mots. Le degré de complexité de la tâche était manipulé en présentant des phrases actives ou passives et positives ou négatives et en présentant des séries de 2, 3, 4 ou 5 mots. Par ailleurs, les sujets étaient également soumis à une condition dans laquelle aucune phrase n'était présentée : les sujets devaient uniquement se concentrer sur la mémorisation des mots et ne devaient donc pas partager leurs ressources attentionnelles entre maintien en mémoire et traitement.

Globalement, les résultats de ces études mettent clairement en évidence une diminution de performance liée à l'âge tant dans la mesure de rappel des mots que dans les mesures de vérification de phrases, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle les sujets âgés sont en difficulté dans les tâches de mémoire de travail qui impliquent à la fois stockage et traitement. Par ailleurs, si on adopte le point de vue selon lequel les difficultés observées chez les sujets âgés sont la conséquence d'une réduction

des ressources de la mémoire de travail, on devrait s'attendre à ce que la diminution de performance liée à l'âge s'amplifie à mesure que la complexité des tâches (de vérification et de rappel) s'accroît. En fait, les données ne confirment que partiellement cette prédiction et elles montrent que l'âge n'est pas affecté de la même manière par toutes les formes d'accroissement de difficulté. En effet, on constate que l'âge interagit avec la complexité syntaxique des énoncés dans les deux tâches, mais il n'interagit pas avec le nombre de mots à maintenir en mémoire dans le paradigme de Baddeley et Hitch, ni avec le nombre de phrases à traiter dans le paradigme de Daneman et Carpenter. Il faut noter enfin qu'aucune interaction n'a été observée entre l'âge et l'attention divisée : en d'autres termes, la performance des sujets âgés n'est pas plus affectée que celle des sujets jeunes par la nécessité de diviser l'attention entre stockage et traitement.

Il semble donc que toutes les formes de complexité ne soient pas équivalentes, ce qui à première vue paraît mettre en question l'utilité de la notion générale de ressources de traitement. Cependant, après avoir mené une analyse fine des composantes de traitement qui sous-tendent la performance (en se référant au modèle de mémoire de travail développé par Baddeley, 1986), Craik *et al.* (1990) montrent que ces données ne sont pas nécessairement incompatibles avec l'hypothèse des ressources. En suivant le modèle de Baddeley, on peut considérer que la tâche de vérification des phrases est sous la dépendance de l'administrateur central. Par ailleurs, le maintien en mémoire des mots serait sous la responsabilité de l'administrateur central et de la boucle phonologique travaillant de manière interactive. En effet, rappelons que, selon Baddeley, le rappel sériel verbal dépend à la fois de l'administrateur central et du système de la boucle phonologique : la boucle phonologique est capable de stocker dans l'ordre un nombre limité d'items, mais l'administrateur central peut accroître ce nombre soit en améliorant le travail de la boucle phonologique (par exemple en groupant les items en unités de niveau plus élevé), soit en stockant lui-même l'information.

De ce point de vue, l'absence d'interaction entre l'âge et la charge en mémoire serait due au fait que les sujets âgés maintiennent les mots en mémoire en se servant très large-

ment du système de la boucle phonologique fonctionnant de manière relativement automatique (c'est-à-dire exigeant peu de ressources). Ce maintien « automatique » pourrait se produire sans interférence en même temps que le décodage et la vérification des énoncés présentés visuellement. Une telle stratégie doit évidemment conduire à de moins bonnes performances en rappel chez les sujets âgés, ce qui est effectivement le cas. Il faut d'ailleurs noter que, dans la tâche de Baddeley et Hitch, les sujets âgés rappellent un nombre quasi constant de mots (environ 2 mots) quelle que soit la longueur de la liste présentée, alors que le nombre de mots rappelés par les sujets jeunes continue à augmenter à mesure que la longueur des listes s'accroît (Morris *et al.*, 1990). Contrairement aux sujets âgés, les sujets jeunes auraient recours à l'administrateur central pour améliorer le fonctionnement de la boucle phonologique et donc le rappel des mots. Cette hypothèse conduit à deux prédictions : d'une part, la performance en rappel doit être meilleure chez les sujets jeunes ; d'autre part, la complexité syntactique devrait avoir un effet négatif sur le rappel des sujets jeunes du fait de la nécessité d'une répartition des ressources de l'administrateur central entre les deux tâches. Ces prédictions ont toutes deux été confirmées par Morris *et al.* (1990).

En résumé, une partie des résultats observés par Craik et ses collaborateurs prennent un sens si on considère que les sujets âgés maintiennent approximativement deux items de manière automatique quand ils doivent effectuer un traitement concurrent (dans le cas présent, prendre une décision quant à l'exactitude d'un énoncé) alors que les sujets jeunes peuvent accroître leur performance en rappel par le biais de l'administrateur central. Cependant, les données recueillies par Craik ne permettent pas réellement d'identifier la nature des difficultés rencontrées par les sujets âgés. Dans l'ensemble, elles sont compatibles avec l'hypothèse selon laquelle l'administrateur central des sujets âgés disposerait de moins de ressources que celui des sujets jeunes. Néanmoins, elles sont également compatibles avec l'hypothèse d'un déficit affectant la flexibilité de l'administrateur central (c'est-à-dire l'efficacité des traitements qu'il peut opérer) ainsi d'ailleurs que d'un dysfonctionnement des proces-

sus de stockage propres à l'administrateur central. Dans la même direction, on ne peut exclure un trouble affectant le système de la boucle phonologique : ainsi, il se pourrait que les sujets âgés récapitulent le matériel moins rapidement que les sujets jeunes, ce qui pourrait expliquer une part de leurs déficits en rappel. De plus, on peut aussi se demander si les sujets jeunes accroissent leur performance en rappel sériel immédiat par l'intermédiaire de l'administrateur central ou plutôt de la mémoire à long terme (comme le suggèrent Morris *et al.*, 1990). Quoi qu'il en soit, ces données montrent qu'une interprétation générale en termes de réduction des ressources de la mémoire de travail n'est pas suffisante pour rendre compte des différences liées à l'âge dans les situations de mémoire de travail et qu'il est nécessaire de disséquer les différents processus qui composent chaque tâche.

2.3. — L'exploration des différentes composantes de la mémoire de travail

Le modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986) a fréquemment servi de base à l'exploration des troubles de la mémoire de travail chez les patients cérébro-lésés (et notamment chez les patients Alzheimer) et différentes études ont décrit des patients présentant des troubles spécifiques du système de stockage phonologique, de la récapitulation articulaire, du registre visuo-spatial ou même de l'administrateur central (voir Van der Linden, 1993a, pour une revue de question). Par contre, dans le domaine du vieillissement normal, il existe peu d'études ayant tenté d'évaluer l'intégrité des différentes composantes de la mémoire de travail chez des sujets jeunes et âgés et les données dont on dispose sont encore très partielles.

• Evaluation de la boucle phonologique et du registre visuo-spatial

Des effets robustes de longueur et de similarité phonologique ont été mis en évidence chez des sujets âgés (ainsi d'ail-

leurs que chez des patients Alzheimer) par Morris (1984) et plus récemment par Caplan *et al.* (1992), ce qui indique à tout le moins que les personnes âgées peuvent utiliser le système de stockage phonologique et les mécanismes de récapitulation articulatoire. Cependant, ces données ne nous indiquent pas dans quelle mesure ces deux composantes de la mémoire de travail fonctionnent de manière aussi efficace que chez des sujets jeunes.

Dans la mesure où le vieillissement est associé à un ralentissement généralisé du traitement de l'information, on peut émettre l'hypothèse que ce ralentissement affecte également le mécanisme de récapitulation articulatoire, ce qui devrait diminuer la quantité de matériel qui peut être recyclé et conduire à un oubli plus rapide. Les données dont on dispose à ce jour par rapport à cette hypothèse sont assez limitées. Cette question a été abordée dans deux études dont les auteurs n'ont fourni qu'un bref compte rendu. Ainsi, Kynette, Kemper et Norman (1989) ont examiné chez des sujets jeunes et des sujets âgés (de 60, 70 et 80 ans) les effets de la longueur des mots sur le rappel sériel immédiat et sur la vitesse de répétition. Les sujets devaient rappeler des listes de mots de 1, 2 ou 3 syllabes et répéter à voix haute des paires de mots également de 1, 2 ou 3 syllabes. Ils mettent en évidence des effets principaux de l'âge et de la longueur, mais pas d'interaction entre ces deux facteurs. Par ailleurs, ils ont examiné la relation entre l'empan de mots et la vitesse de répétition. Pour tous les sujets confondus, on constate que l'empan est une fonction linéaire de la vitesse de répétition. Sur la base de ces données, les auteurs suggèrent que les différences liées à l'âge dans l'empan de mots seraient liées à un ralentissement affectant le mécanisme de récapitulation articulatoire. Autrement dit, du fait d'une récapitulation plus lente, les sujets âgés pourraient récapituler moins de mots que les sujets jeunes, ce qui aurait pour conséquence que les traces mnésiques présentes dans le registre phonologique disparaîtraient avant d'avoir pu être recyclées.

Dans la même perspective, Goward et Rabbitt (1988) ont mesuré chez 72 sujets âgés de 50 à 81 ans la vitesse de lecture, la vitesse d'articulation et l'empan mnésique pour des

mots de 1, 2, 3, 4 et 5 syllabes. Ils n'observent pas d'effet d'âge (de la décennie) sur aucune des mesures (il faut cependant rappeler que seuls des sujets âgés de 50 à 81 ans ont été testés). Par contre, il existe un effet principal du score à un test de raisonnement logique, numérique et verbal : globalement, le groupe des sujets ayant des scores élevés lisent plus rapidement et ont des empan plus longs. Enfin, on constate un effet de longueur des mots : les mots plus longs induisent une articulation plus lente et des empan plus faibles. Afin d'examiner des différences éventuelles dans la capacité de la boucle articulatoire, des régressions de la vitesse d'articulation et de lecture sur l'empan mnésique ont été établies : on constate que les pentes de ces fonctions sont identiques pour toutes les décennies et pour les sujets avec un score élevé et un score faible au test de raisonnement. En résumé, cette étude ne met pas en évidence d'effet de l'âge. Par ailleurs, les résultats confirment l'idée selon laquelle les différences dans l'empan mnésique peuvent être la conséquence de différences dans la vitesse d'articulation. Enfin, ils montrent que la capacité de la boucle articulatoire ne varie pas entre des sujets présentant des niveaux intellectuels et des vitesses de traitement différents.

En ce qui concerne le registre visuo-spatial, les données disponibles sont encore plus limitées que pour le système de la boucle phonologique. Des différences liées à l'âge ont été observées au test d'empan spatial (*block-tapping test* ; e.g., Feyereisen et Van der Linden, 1992) dont on pense qu'il exige la contribution au moins partielle du système visuo-spatial. Cependant, les processus qui sous-tendent la performance au *block-tapping test* ainsi que les composantes impliquées dans le maintien de l'information au sein du registre visuo-spatial sont encore mal compris. Le développement récent d'hypothèses quant à la nature de l'information stockée dans ce registre et du système de récapitulation qui permet de la maintenir devrait conduire à la mise en place d'études chez le sujet âgé (Logie et Marchetti, 1991). Dans la mesure où le registre visuo-spatial a entre autres pour fonction de générer, maintenir et manipuler les images mentales, il paraît également indispensable d'examiner l'effet de l'âge sur ces différents types d'opérations.

• *Evaluation de l'administrateur central*

Pour Baddeley (1986), l'administrateur central n'est certainement pas un système unitaire. Dans une première approche, il propose de distinguer deux aspects principaux de l'administrateur : ses ressources (sa capacité) et ses fonctions de contrôle et de planification (sa flexibilité). Dans cette perspective, le vieillissement pourrait conduire à une réduction des ressources de l'administrateur central et/ou à des processus de contrôle et de planification moins efficaces. Il faut enfin noter que l'administrateur aurait également une fonction de stockage.

L'exploration directe du fonctionnement de l'administrateur central pose des problèmes particuliers et ce pour deux raisons principales : d'une part, c'est certainement la composante de la mémoire de travail dont les fonctions ont été le moins bien spécifiées ; d'autre part, comme l'administrateur central et les systèmes esclaves sont considérés comme ayant un fonctionnement hautement intégré, il est particulièrement difficile de trouver des tâches dans lesquelles les fonctions de ces différentes composantes peuvent être clairement isolées. De ce point de vue, la tâche de *running span* utilisée récemment par Morris et Jones (1990) paraît répondre à de telles exigences. Il s'agit d'une tâche qui a permis aux auteurs de montrer que l'administrateur central était notamment impliqué dans la mise à jour de la mémoire, c'est-à-dire dans la modification du statut d'une représentation en fonction d'un nouvel input. Dans cette tâche, on présente aux sujets des séquences de consonnes de longueur différente, par exemple 4, 6, 8 ou 10 consonnes. Les séquences sont présentées aléatoirement et les sujets ne connaissent pas à l'avance la longueur d'une séquence donnée. On leur demande de rappeler dans l'ordre par exemple les 4 dernières consonnes de chaque séquence. Quand la séquence est de longueur 4, la tâche est aisée (il s'agit en effet d'un rappel sériel des 4 items présentés). Par contre, si la séquence se compose de 6, 8 ou 10 items, le sujet doit constamment mettre à jour les consonnes pertinentes en fonction de l'ajout de nouveaux items dans la séquence : autrement dit, il doit maintenir en mémoire les 4 premiers

items et, si on lui en présente plus que 4, il doit éliminer les items les plus anciens et ajouter les nouveaux à la séquence. Cette tâche exige une flexibilité importante dans le traitement de l'information. Morris et Jones (1990) ont montré qu'elle était sous-tendue par deux composantes de la mémoire de travail, à savoir la boucle phonologique et l'administrateur central. Le processus dynamique de mise à jour requiert les ressources de l'administrateur mais pas la boucle phonologique. Inversement, le rappel sériel fait appel à la boucle phonologique mais pas à l'administrateur central. En effet, les auteurs ont montré que si on mobilise la récapitulation articulatoire des sujets (en leur faisant répéter constamment le mot *the*) ou si on occupe leur stock phonologique en leur faisant entendre des sons langagiers auxquels ils ne doivent pas faire attention, on affecte le rappel sériel indépendamment du nombre de mises à jour qui doivent être effectuées. Par ailleurs, l'action de mise à jour affecte la performance indépendamment des effets de la suppression articulatoire et de la parole non pertinente. Ces résultats furent obtenus chez des sujets jeunes tant dans une condition où ils devaient rappeler les 4 derniers items de la séquence que dans une condition où ils devaient rappeler les 6 derniers (c'est-à-dire une charge mnésique proche de l'empañ). Enfin, bien que le processus de mise à jour perturbe la performance de rappel, le nombre de mises à jour ne semble pas être important, du moins chez des sujets jeunes et dans les limites de longueur de liste et de charge mnésique imposées dans cette étude. Ceci a conduit les auteurs à conclure que « l'administrateur central est capable soit d'effectuer plusieurs mises à jour en séquence rapide sans surcharger sa capacité, soit il a une vitesse de récupération très rapide quand il réalise de telles opérations ».

Dans une étude récente (Van der Linden, 1992 ; Van der Linden, Brédart et Beerten, soumis), nous avons exploré si la fonction de mise à jour de la mémoire de travail était affectée par l'âge et ce en administrant à des sujets jeunes et âgés une tâche de *running span* similaire à celle utilisée par Morris et Jones (1990). Cette étude avait en fait un double objectif. Il s'agissait d'examiner d'une part si les processus de mise à jour en tant que tels étaient moins efficaces chez

La personne âgée et, d'autre part, s'il existait une réduction des ressources de l'administrateur central chez la personne âgée rendant difficiles la réalisation concomitante des opérations de mise à jour et la coordination des processus de stockage. Dans la première expérience, nous avons présenté à dix sujets jeunes et dix sujets âgés (âge moyen : 22,8 et 64,2 ans ; scolarité : 15,1 et 14,8 années ; scores au test de vocabulaire de Mill Hill à choix multiple : 26,8 et 29,3) des listes de 4, 6, 8 et 10 consonnes au rythme d'une consonne par seconde et nous leur avons demandé de rappeler dans un ordre sériel strict les 4 derniers items. Dans cette condition, la performance en rappel des sujets âgés (mesurée par le nombre de consonnes rappelées pour chacune des positions sérielles) ne diffère pas de celle des sujets jeunes. Par ailleurs, globalement, les processus de mise à jour ne perturbent que légèrement le rappel.

Cette absence d'effet d'âge pourrait être liée au fait que le maintien d'une charge mnésique de 4 items n'exige pas beaucoup de ressources de la part de l'administrateur central, ce qui expliquerait d'ailleurs pourquoi le rappel n'est que peu affecté par les processus de mise à jour. En conséquence, une deuxième expérience a été mise en place dans laquelle nous avons présenté à dix autres sujets jeunes et âgés recrutés au sein du même pool de sujets que pour l'expérience précédente (âge moyen : 22,4 et 66,9 ans ; scolarité : 14,8 et 14 années ; scores au test de vocabulaire de Mill Hill à choix multiple : 25 et 28,7) des listes de 6, 8, 10 et 12 consonnes et nous leur avons demandé de rappeler les 6 derniers items : il s'agissait d'une charge mnésique plus importante exigeant vraisemblablement une contribution plus importante de l'administrateur central. Dans cette condition, on constate effectivement des différences significatives entre sujets jeunes et âgés dans la performance en rappel. Par ailleurs, ces différences augmentent à mesure que le nombre de mises à jour à effectuer s'accroît. Par contre, on n'observe pas d'interaction entre l'âge et la position sérielle des items à rappeler : autrement dit, la diminution de performance en rappel chez les sujets âgés est de même ampleur pour les différentes positions de la séquence à rappeler (voir fig. 3).

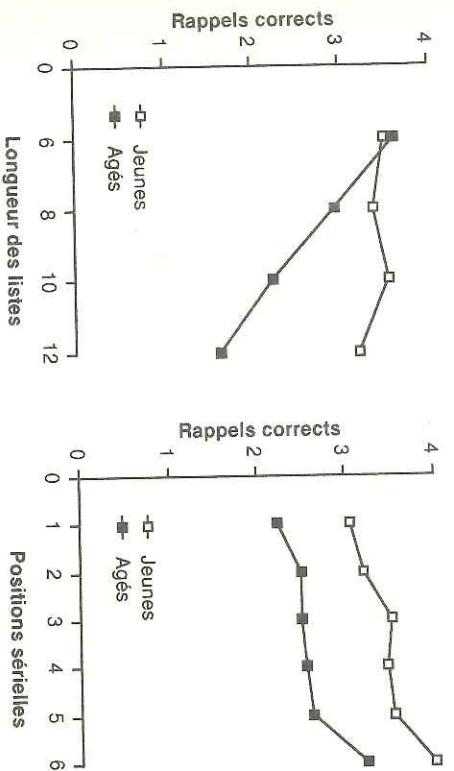


Fig. 3. — Nombre moyen de réponses correctes (max. = 4) en fonction de l'âge, de la longueur des listes et de la position sérielle

Ces données semblent compatibles avec l'existence chez les sujets âgés d'une diminution des ressources de l'administrateur central : en d'autres termes, la nécessité de maintenir en mémoire une charge de 6 items tout en effectuant des opérations de mise à jour excède les ressources de l'administrateur central des personnes âgées. Par ailleurs, l'absence d'interaction entre l'âge et la position sérielle des items indique que les sujets âgés ne présentent pas de déficit des processus de stockage en tant que tels. Enfin, l'absence de différences liées à l'âge dans la première expérience suggère que, quand des ressources suffisantes sont disponibles, les processus de mise à jour dépendant de l'administrateur central opèrent normalement chez les personnes âgées.

Le caractère général de ces conclusions ne doit cependant pas être surestimé. En effet, Parkinson (1980) a lui aussi administré à des sujets jeunes et âgés une tâche de *running span* (avec présentation de listes de 5, 10 et 15 chiffres et rappel sériel des 5 derniers items) et a mis en évidence une interaction entre l'âge et la position sérielle, ce qui suggère l'existence d'un déficit de stockage. Il faut néanmoins noter que les sujets âgés repris dans cette étude

étaient dans l'ensemble plus âgés que dans celle que nous avons entreprise (73,6 *versus* 66,9 ans) ; de plus, on ne dispose d'aucune information concernant le niveau de scolarité et l'efficacité intellectuelle des sujets âgés examinés par Parkinson. Il est dès lors possible que les différences entre les deux études soient le fait de différences dans les caractéristiques d'âge et de niveau scolaire des sujets âgés. Dans ce contexte, rappelons qu'un effet de l'efficacité intellectuelle a été observé dans l'empan et la mesure de mémoire primaire par Goward et Rabbitt (1988) et Delbecq-Derouesné et Beauvois (1989).

Plus généralement, les données partielles que nous venons d'examiner indiquent que le vieillissement de la mémoire de travail ne se limite pas nécessairement à une réduction des ressources générales de l'administrateur central et que, dans certains cas, les processus de stockage (systèmes esclaves, composante de stockage de l'administrateur central et/ou contribution de la mémoire à long terme) pourraient également être impliqués (voir également Babcock et Salthouse, 1990, pour un point de vue similaire). Il se pourrait aussi que l'âge affecte en tant que tels certains processus de traitement de l'administrateur central (planification, coordination, flexibilité, etc.) : ce point devrait être abordé par le biais de tâches cognitives dont on pense qu'elles exigent la contribution de l'administrateur central tout en n'impliquant pas d'activité de stockage (ou du moins dans lesquelles les processus de stockage peuvent être clairement identifiés). Il faut enfin ajouter que la manière dont va se manifester une réduction des ressources de l'administrateur central peut varier en fonction des stratégies d'allocation de ressources adoptées par un sujet dans une tâche donnée (Van der Linden, Coyette et Seron, 1992). De ce point de vue, Zacks et Hasher (1988) ont suggéré que les sujets âgés avaient tendance à donner priorité aux traitements en cours au détriment d'autres processus d'encodage, ce qui se traduirait par un déficit apparent de stockage. De même, Salthouse (1990) a suggéré que les différences liées à l'âge en mémoire de travail pourraient être la conséquence d'une réduction dans la capacité des sujets âgés de contrôler et de coordonner les exigences de traitement et de stockage.

3 | MÉMOIRE DE TRAVAIL, ATTENTION ET VIEILLISSEMENT

Il existe des relations étroites entre mémoire de travail et fonctions attentionnelles. Ainsi, pour Baddeley (1986), l'administrateur central de la mémoire de travail est essentiellement un système de contrôle attentionnel. Dans ce contexte, il paraît difficile de distinguer les hypothèses qui postulent que le vieillissement est associé à un déficit touchant les fonctions attentionnelles de celles qui considèrent que l'âge affecte le fonctionnement de la mémoire de travail et en particulier de l'administrateur central. Dans la mesure où l'administrateur central est impliqué dans le contrôle attentionnel de l'action, il a, entre autres, pour fonction de coordonner des activités qui se déroulent simultanément mais également d'empêcher que des stimuli non pertinents n'interfèrent avec la réalisation d'une tâche en cours. Or, ces deux aspects du contrôle attentionnel (la division de l'attention entre deux tâches et la fonction d'attention sélective) ont été considérés comme pouvant être affectés par l'âge (McDowd et Birren, 1990).

3.1. — Les déficits d'attention divisée

En ce qui concerne l'attention divisée, certains ont formulé l'hypothèse selon laquelle les sujets âgés disposeraient de moins de ressources attentionnelles que les sujets jeunes et qu'ils seraient dès lors plus sensibles aux situations de double tâche qui requièrent l'accomplissement de deux activités différentes en même temps. Cette hypothèse se fonde sur le postulat selon lequel il y a un pool unique et limité de ressources attentionnelles dans lequel doivent puiser les deux tâches réalisées simultanément. Cette hypothèse est de toute évidence superposable à celle qui postule que les sujets âgés montrent une réduction des ressources générales de l'administrateur central, laquelle se traduit par un trouble dans les situations de

mémoire de travail qui impliquent stockage et traitement. Cependant, il existe des discordances entre les études qui ont exploré la sensibilité des sujets jeunes et âgés à la division de l'attention au moyen de tâches de mémoire de travail (impliquant stockage et traitement) et celles qui ont abordé la même question au moyen de tâches impliquant deux activités de traitement. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, plusieurs études ayant utilisé des situations de mémoire de travail n'ont pas révélé d'interaction entre l'âge et la division de l'attention (Wright, 1981, Light et Anderson, 1985 ; Baddeley *et al.*, 1986 ; Morris *et al.*, 1988 ; Gick *et al.*, 1988 ; Morris *et al.*, 1990). Par contre, d'autres travaux n'ayant pas été conçus spécifiquement pour explorer la mémoire de travail ont mis en évidence une plus grande sensibilité des sujets âgés à la division des ressources attentionnelles dans des tâches doubles perceptivo-motrices n'impliquant aucune activité de stockage à court terme (comme, par exemple, dans l'étude de McDowd et Craik, 1988, une tâche de temps de réaction sur matériel visuel effectuée seule ou en même temps qu'une tâche de détection auditive ; voir également Welford, 1958 ; Salthouse, Rogan et Prill, 1984). Cette interaction entre l'âge et la division de l'attention n'apparaît cependant pas dans tous les cas, mais seulement quand les tâches entre lesquelles il faut partager les ressources attentionnelles sont suffisamment complexes (McDowd et Craik, 1988). Aucune interprétation ne permet actuellement de rendre compte de manière satisfaisante des différences entre ces deux groupes d'études. Elles pourraient être liées au fait que certaines tâches doubles de mémoire de travail requièrent uniquement la mise en œuvre d'une composante de stockage relativement automatique (le système de la boucle phonologique) interférant peu avec d'autres processus de traitement. Il est également possible que les sujets âgés présentent plus de difficultés dans les tâches qui requièrent une « macrodivision » des ressources attentionnelles entre des traitements très différents par rapport à des tâches qui exigent une « microdivision » de l'attention entre des composantes de traitements relativement similaires (Craik *et al.*, 1990).

Signaux enfin que, dans les données de double tâche obtenues par McDowd et Craik (1988), il existe une relation hautement linéaire entre les temps de réaction moyens des

sujets jeunes et ceux des sujets âgés, ce qui conduit les auteurs à conclure que les différences liées à l'âge dans la performance en double tâche sont liées à un accroissement dans la complexité globale de la tâche, plutôt qu'à la nécessité spécifique de diviser les ressources attentionnelles.

3.2. — Les déficits d'attention sélective

Il a également été fréquemment suggéré que la fonction d'attention sélective était moins efficace chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes. Plus spécifiquement, il existerait une diminution liée à l'âge dans la capacité d'ignorer les informations non pertinentes (McDowd et Birren, 1990). Cette augmentation de la « distractibilité » chez les sujets âgés a récemment été explorée à la lumière d'un modèle de l'attention sélective qui distingue deux types de mécanismes : des mécanismes de sélection de l'information pertinente et des mécanismes d'inhibition par lesquels les représentations internes des stimuli non pertinents sont activement inhibées (Tipper, Weaver, Cameron *et al.*, 1991). A côté de ces mécanismes de sélection et d'inhibition, il existerait également, selon Tipper, Bourque, Anderson et Brehaut (1989), des mécanismes passifs d'habitation qui prendraient place quand un stimulus non pertinent apparaît de manière répétée dans un contexte spécifique. Ces mécanismes d'habitation et d'inhibition dont la fonction est d'empêcher l'intrusion d'informations distractrices constitueraient des phénomènes dissociables : les mécanismes d'inhibition seraient requis quand l'environnement est nouveau ou changeant alors que les mécanismes d'habitation permettraient à un sujet de s'adapter à un environnement stable. Selon Hasher et Zacks (1988), le vieillissement serait associé à un dysfonctionnement des processus attentionnels inhibiteurs qui contrôlent l'accès et le maintien temporaire des informations non pertinentes pour la tâche en cours. Ce déficit se traduirait par la présence en mémoire de travail d'informations distractrices pouvant interférer avec la réalisation de la tâche en cours.

L'existence de mécanismes inhibiteurs a été initialement

suggérée à partir de la mise en évidence dans des tâches d'attention sélective d'un phénomène dit d'amorçage négatif. Dans le type de tâche le plus souvent utilisée, le sujet est appelé à sélectionner (à dénommer), à chaque essai, un stimulus parmi deux : l'un étant le distracteur, l'autre la cible. Aux séquences critiques, on s'arrange pour que le stimulus distracteur à un essai devienne le stimulus cible (ou *perinent*) à l'essai suivant. Par exemple, si, à l'essai n , la lettre A est un distracteur parce que présentée en vert dans un paradigme de réponse où il faut choisir la lettre rouge, à l'essai $n + 1$ la même lettre A sera cette fois présentée en rouge et deviendra donc la lettre cible. Dans ces conditions particulières de succession « distracteur/cible », on constate que la sélection du stimulus cible est ralentie quand il a servi de stimulus distracteur à l'essai juste précédent par rapport aux séquences au sein desquelles il n'a pas été présenté à l'essai précédent (condition d'interférence simple). Ce ralentissement lors de la sélection du stimulus cible est appelé amorçage négatif. L'interprétation suivante est alors proposée : au premier essai, le stimulus ayant un statut de distracteur fait l'objet d'un processus d'inhibition active ; lorsqu'à l'essai suivant il devient le stimulus cible, sa sélection est ralentie du fait de l'existence à son endroit d'un résidu d'inhibition. En ce qui concerne l'effet d'habituaton passive, il se manifestera par une sélection plus rapide du stimulus cible dans une condition où les stimuli distracteurs sont toujours les mêmes par rapport à la condition d'interférence simple dans laquelle les stimuli distracteurs diffèrent à chaque essai.

Plusieurs études récentes (Tipper, 1991 ; Hasher, Stoltfus, Zacks et Rypma, 1991 ; McDowd et Oseas-Kreger, 1991) ont mis en évidence un effet d'amorçage négatif (appelé aussi effet de suppression) chez les sujets jeunes alors que cet effet est absent ou réduit chez les sujets âgés. Il semble donc que les sujets âgés présentent un déficit affectant les mécanismes inhibiteurs impliqués dans la sélection des informations cibles et l'évitement des informations distractrices. Par contre, McDowd et Oseas-Kreger (1991) montrent que l'effet d'habituaton (c'est-à-dire l'accélération des traitements observée dans une condition où les stimuli distracteurs sont toujours

les mêmes) est légèrement plus important chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes, ce qui suggérerait, si ce résultat était confirmé par d'autres études, que les processus d'habituaton passive ne sont pas affectés par le vieillissement normal.

Il existe d'autres données qui appuient l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez la personne âgée. Ainsi, par exemple, les sujets âgés sont plus sensibles que les sujets jeunes à l'effet Stroop (*e.g.*, Cohn, Dustman et Bradford, 1984) : cet effet renvoie au fait que si on demande à un sujet de nommer la couleur de l'encre dans laquelle est écrit un stimulus, il mettra beaucoup plus de temps pour dire « vert » en face du mot « ROUGE » écrit en vert qu'en face du stimulus contrôle « XXXX » écrit lui aussi à l'encre verte. Rogers et Fisk (1991) ont également mis en évidence un problème d'inhibition chez les personnes âgées dans une tâche de Stroop arithmétique. Dans cette tâche, on demande aux sujets de vérifier le plus rapidement possible trois types d'équations (additions ou multiplications) : *a*) des équations correctes (*e.g.*, $3 + 4 = 7$; $4 \times 2 = 8$), *b*) des équations incorrectes (appelées « associatives ») qui deviennent correctes si on substitue l'opération d'addition par l'opération de multiplication ou *vice versa* (*e.g.*, $3 + 4 = 12$; $5 \times 2 = 7$), *c*) des quations incorrectes ou « non associatives » (*e.g.*, $4 + 3 = 9$). Les résultats montrent que globalement les sujets jeunes vérifient plus rapidement les équations que les sujets âgés. Par ailleurs, les deux groupes sont plus lents et commettent plus d'erreurs dans la vérification des équations « associatives » : cet effet d'interférence est interprété en postulant que la somme ou le produit associés aux deux nombres situés à gauche des équations sont automatiquement activés. En conséquence, si les opérateurs sont inversés, le produit ou la somme activés interfèrent avec la réponse correcte. Enfin et surtout, l'effet d'interférence est plus important chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes. De plus, les sujets jeunes contrairement aux sujets âgés montrent une diminution de l'effet d'interférence avec la pratique, ce qui suggère qu'ils peuvent apprendre à inhiber les processus automatiques de réalisation de l'opération arithmétique alors que les sujets âgés ne le peuvent pas.

Hasher, Zacks et leurs collaborateurs ont par ailleurs

recueilli de nombreuses autres données montrant que les sujets âgés étaient moins capables que les sujets jeunes d'ignorer des informations non pertinentes dans des tâches cognitives plus complexes telles que la lecture et la compréhension de textes (Connally, Hasher et Zacks, 1991) ou la récupération en mémoire à long terme (Gérard, Zacks, Hasher *et al.*, 1991). En fait, de nombreux aspects du fonctionnement cognitif impliquent la capacité d'orienter sa pensée sur les stimuli pertinents, sans se laisser attirer par ceux qui ne le sont pas. Si le rejet des stimuli non pertinents repose sur un mécanisme de suppression ou d'inhibition active et si ce mécanisme est affaibli chez la personne âgée, on dispose là d'un modèle interprétatif assez puissant en ce sens qu'il peut rendre compte de déficits observés dans des tâches assez différentes.

Il reste cependant à établir de manière précise les liens qui unissent déficit d'inhibition, contenu de la mémoire de travail et difficultés dans des tâches cognitives complexes. Il s'agit en particulier de déterminer comment un processus d'inhibition conçu initialement comme un processus transitoire (qui décline dès que sa fonction de sélection a été remplie) peut avoir un effet à long terme. Il subsiste également des incertitudes quant au rôle précis joué par les mécanismes d'inhibition. En effet, Tipper, Weaver et Kirpatrick (1991) n'ont pas montré la relation inverse attendue entre l'amplitude des effets d'interférence (c'est-à-dire la perturbation dans la sélection de l'information cible provoquée par la présence d'un stimulus distracteur) et celle de l'effet d'amorçage négatif (ou effet de suppression). Ce résultat indique que l'efficacité de la sélection n'est pas seulement déterminée par les mécanismes inhibiteurs. Ces mécanismes d'inhibition active pourraient également avoir pour fonction, une fois qu'une information n'a pas été sélectionnée, d'empêcher qu'elle ressurgisse indûment dans la suite des traitements. On doit enfin s'interroger sur le caractère général de ce déficit d'inhibition. En effet, l'hypothèse d'un déficit d'inhibition prédit l'existence de différents phénomènes (intrusions dans le rappel, pensées non reliées à la tâche en cours, etc.) qui n'ont pas nécessairement été observés chez le sujet âgé (voir Light, 1991).

4 | MÉMOIRE DE TRAVAIL, VITESSE DE TRAITEMENT ET VIEILLISSEMENT

Plusieurs auteurs soutiennent l'idée selon laquelle les effets de l'âge dans différentes tâches cognitives sont liés à une réduction de la vitesse de traitement de l'information (voir Feyerisen, ce volume). Cette hypothèse peut prendre différentes formes, mais les tenants d'une telle approche s'accordent tous sur le fait qu'une exécution plus rapide d'opérations cognitives permet la réalisation de plus et peut-être de meilleurs traitements.

Dans cette perspective, il a été suggéré qu'une vitesse de traitement réduite pouvait rendre compte des différences liées à l'âge dans certaines tâches de mémoire de travail (voir Salthouse, 1991). Ainsi, Kirchner (1958) interprète les difficultés manifestées par les sujets âgés dans la tâche de *N-back span* décrite précédemment comme étant la conséquence d'un ralentissement dans les échanges entre l'information qui entre et celle qui sort. Selon Talland (1968), les déficits dans les tâches d'attention divisée seraient le résultat d'un ralentissement dans l'alternance entre les processus sous-tendant les deux tâches. Comme on l'a vu précédemment, Kynette *et al.* (1989) relient la réduction de l'empan à un ralentissement touchant le mécanisme de récapitulation articulaire. Enfin, une vitesse de traitement plus lente pourrait également conduire à une réduction de la capacité de la mémoire de travail du fait que l'information doit être stockée plus longtemps (*e.g.*, Rabbitt, 1977) ou parce que certaines informations sont perdues pendant que d'autres sont traitées (*e.g.*, Cohen, 1988).

Dans un travail récent, Salthouse et Babcock (1991) ont recueilli des données qui appuient cette conception selon laquelle un grand nombre de déficits de mémoire de travail associés au vieillissement sont sous-tendus par une réduction de la vitesse avec laquelle des opérations élémentaires sont effectuées. Dans une première expérience, ils ont administré à 227 sujets âgés de 18 à 87 ans un ensemble de tâches ayant

pour but d'évaluer les différents aspects de la mémoire de travail : deux tâches de mémoire de travail impliquant stockage et traitement (*computation span* et *listening span* : il s'agit de tâches dans lesquelles les sujets doivent d'abord résoudre des problèmes d'arithmétique ou répondre à des questions relatives à des énoncés et ensuite rappeler les solutions des problèmes ou les réponses aux questions), deux tâches évaluant les capacités de stockage (empan de chiffres et empan de mots), deux tâches qui évaluent l'efficacité des traitements (problèmes d'arithmétique et compréhension d'énoncés) et enfin deux tâches qui abordent l'efficacité de la coordination entre des traitements différents (il s'agit dans un temps limité de résoudre des problèmes arithmétiques présentés visuellement ou oralement tout en répondant à des questions concernant des énoncés présentés oralement ou visuellement). Les résultats montrent que l'avancement en âge est associé à des performances de plus en plus faibles aux tâches conçues pour évaluer la mémoire de travail (*computation span* et *listening span*). Par ailleurs, les auteurs montrent que l'atténuation la plus importante des effets de l'âge en mémoire de travail se produit après avoir contrôlé statistiquement les mesures d'efficacité de traitement (résolution de problèmes d'arithmétique et compréhension d'énoncés). Étant donné que les tâches de traitement utilisées étaient relativement complexes, une deuxième expérience a été entreprise afin d'obtenir des mesures plus pures de l'efficacité des opérations de traitement élémentaires. Outre les tâches de mémoire de travail, de stockage et de traitement, les sujets ont reçu deux tâches destinées à mesurer la vitesse de comparaison de paires de lettres et de lignes. Les résultats de cette étude montrent que l'atténuation la plus importante des différences entre sujets jeunes et âgés dans les tâches de mémoire de travail est obtenue après que la vitesse de traitement a été contrôlée.

Ces données suggèrent que l'efficacité et la vitesse avec lesquelles des opérations simples de traitement sont effectuées constituent un facteur qui contribue de manière importante aux effets de l'âge en mémoire de travail. On a vu précédemment qu'il existait un lien entre mémoire de travail et vitesse de récapitulation articulaire (ou plus spécifiquement

ment la vitesse avec laquelle opèrent les processus de planification de l'output phonologique ; Caplan *et al.*, 1992) mais il est vraisemblable que le ralentissement de la récapitulation articulaire n'est qu'une des nombreuses conséquences du ralentissement des traitements sur les processus impliqués dans la mémoire de travail.

5 | MÉMOIRE DE TRAVAIL ET MALADIE D'ALZHEIMER

Des déficits dans différentes tâches de mémoire à court terme ont été mis en évidence chez les patients Alzheimer. Plusieurs études ont ainsi montré une relative réduction de l'effet de récence, une perturbation de l'empan mnésique (empan de chiffres, de lettres ou de mots ou empan spatial) ainsi que des performances faibles à l'épreuve de Brown-Peterson (voir Morris, 1992, pour une revue de question).

Récemment, plusieurs chercheurs ont tenté d'identifier la nature de ces déficits à la lumière du modèle de mémoire de travail proposé par Baddeley (1986). Morris (1984 ; 1987a et b) a ainsi montré qu'en dépit d'un empan verbal réduit les patients Alzheimer présentaient des effets normaux de similarité phonologique, de longueur et de suppression articulaire ainsi qu'une vitesse articulaire normale (mesurée par la vitesse de lecture). Ces données suggèrent que le système de stockage phonologique et le mécanisme de récapitulation articulaire ne sont pas affectés chez ces patients et que leur déficit de mémoire à court terme est la conséquence d'un trouble se situant dans une autre partie de la mémoire de travail.

Dans cette perspective, quelques études ont récemment montré que les patients Alzheimer présentaient des performances particulièrement faibles dans les situations qui exigent la réalisation simultanée de deux tâches différentes. Ce déficit dans la coordination d'informations issues de différentes sources traduirait l'existence d'un trouble de l'administrateur. Ainsi, Baddeley *et al.* (1986) ont administré à des sujets normaux, jeunes et âgés, ainsi qu'à des patients Alzheimer, une tâche double qui combine une épreuve de poursuite visuo-

motrice et une épreuve d'empan de chiffres. La difficulté de chaque tâche prise individuellement a été ajustée de manière à apparier le niveau de performance entre les trois groupes de sujets. Les résultats montrent que la combinaison de la tâche d'empan et de la tâche de poursuite perturbe considérablement la performance des patients Alzheimer alors que les sujets contrôles âgés ne sont pas plus affectés par la tâche double que les sujets jeunes. Ces résultats suggèrent que les patients Alzheimer contrairement aux sujets âgés normaux souffrent d'un déficit dans la capacité de coordonner les traitements cognitifs nécessaires pour entreprendre simultanément deux tâches simultanément, ce qui selon Baddeley *et al.* (1986) est compatible avec l'hypothèse d'une perturbation de l'administrateur central de la mémoire de travail.

Le caractère spécifique des difficultés rencontrées par les patients Alzheimer dans les tâches doubles a été bien démontré dans une étude ultérieure menée par Baddeley, Bressi, Della Sala *et al.* (1991a). En utilisant la même procédure que Baddeley *et al.* (1986), ils ont comparé la performance initiale des patients Alzheimer avec leur performance obtenue après un délai de six mois et d'un an. La performance aux tâches individuelles d'empan et de poursuite est demeurée relativement stable, alors que la performance en situation de tâche double s'est considérablement détériorée. Les auteurs montrent en outre que cette perturbation de la performance des patients en condition de tâche double n'est pas simplement due à la difficulté de la tâche. En effet, ils ont soumis les patients Alzheimer à une tâche qui consiste à catégoriser des mots appartenant à 1, 2 ou 4 catégories. Les réponses sont plus lentes et le taux d'erreurs est plus élevé à mesure que le nombre de catégories s'accroît. Par ailleurs, le suivi longitudinal révèle une diminution globale de la performance, mais cette diminution n'est pas plus marquée pour la condition difficile à 4 choix que pour la condition facile à choix unique.

Un trouble de l'administrateur central a également été invoqué par Morris (1986) pour rendre compte des performances faibles des patients Alzheimer à une tâche adaptée de la procédure de Brown-Peterson. Les patients devaient rapeler trois consonnes après un délai de 0, 5, 10 ou 20 secondes durant lequel on leur demandait d'effectuer une tâche dis-

tractrice. Les tâches distractrices exigeaient plus ou moins de ressources de traitement : les sujets devaient soit taper sur la table de *testing* avec la main, soit articuler le mot *the*, soit inverser ou additionner des paires de chiffres, soit encore ne rien faire. Les résultats montrent que, sans tâche distractrice, les patients Alzheimer sont capables comme les sujets normaux de rappeler les séquences de consonnes (ce qui, au passage, indique une absence d'augmentation du taux d'oubli en mémoire à court terme). Par contre, des déficits émergent dès qu'une tâche distractrice est intercalée et les troubles s'accroissent à mesure que la tâche distractrice est plus exigeante. Selon Morris, les patients Alzheimer présentent une réduction des ressources de l'administrateur central, ce qui les empêche de maintenir en mémoire les séquences de consonnes tout en effectuant la tâche distractrice.

D'autres interprétations pourraient être proposées pour rendre compte du déficit des patients Alzheimer dans les situations de tâche double (Morris, 1992). On pourrait ainsi considérer que ce trouble n'est en fait que le reflet amplifié des difficultés manifestées par les patients aux tâches individuelles. Il pourrait également être la conséquence d'un effet anormal d'interférence structurale : autrement dit, les patients Alzheimer présenteraient des déficits dans toutes les tâches qui impliquent des processus mentaux similaires. Enfin, il pourrait être attribué à la complexité globale de la tâche. Cependant, ces interprétations peuvent difficilement expliquer les résultats obtenus par Baddeley *et al.* (1986 ; 1991a), car, dans cette étude, les auteurs ont essayé de contrôler le niveau de difficulté de chaque tâche individuelle ainsi que la complexité de la tâche double et, par ailleurs, les tâches ont été choisies de manière à minimiser l'interférence structurale (empan et poursuite d'une cible).

Les données recueillies par Baddeley *et al.* (1986, 1991a) n'impliquent cependant pas que le trouble de la mémoire à court terme de tous les patients Alzheimer soit nécessairement lié à un dysfonctionnement de l'administrateur central. En effet, de plus en plus d'études attestent de l'hétérogénéité des déficits cognitifs (et en particulier mnésiques) dans la maladie d'Alzheimer (voir Schwartz, 1990 ; Van der Linden, 1993b). Plusieurs travaux montrent également que certains

patients Alzheimer présentent des déficits affectant de manière relativement pure des processus ou systèmes cognitifs particuliers (voir par exemple dans le domaine de la mémoire, Baddeley, Della Sala et Spinnler, 1991b) bien que d'autres déficits apparaissent à mesure que la maladie progresse. Il se pourrait dès lors que certains patients Alzheimer manifestent des troubles spécifiques du système de la boucle phonologique ou du registre visuo-spatial. Cependant, comme l'indiquent Baddeley *et al.* (1991a), le fait que des études de groupe sont capables d'identifier un tableau cohérent de troubles (et en particulier un déficit affectant l'administrateur central) suggère qu'il existe une prévalence de certains déficits chez les patients Alzheimer, laquelle refléterait la nature et la distribution des processus pathologiques qui sous-tendent la maladie. L'administrateur central des patients Alzheimer pourrait cependant être touché non seulement dans ses ressources de traitement, mais également dans sa flexibilité, c'est-à-dire dans ses fonctions de planification, de contrôle, etc. (Baddeley *et al.*, 1991b).

Il faut enfin relever que, dans la situation de double tâche élaborée par Baddeley *et al.*, les sujets âgés normaux apparais aux sujets Alzheimer ne sont pas plus affectés que les sujets jeunes par la division de l'attention. Ceci indique que les mesures en condition de double tâche peuvent constituer un moyen efficace de discriminer les effets du vieillissement normal de ceux de la maladie d'Alzheimer. Il faut cependant se souvenir que des déficits ont été observés chez les sujets âgés normaux dans d'autres situations d'attention divisée et que des études ultérieures sont donc nécessaires afin d'identifier les raisons de ces résultats discordants.

6 | CONCLUSIONS

Il paraît maintenant acquis que le vieillissement normal et la maladie d'Alzheimer affectent le fonctionnement de la mémoire de travail. Par ailleurs, comme nous le verrons dans d'autres chapitres du présent ouvrage, ce déficit de mémoire

de travail semble contribuer, pour une part au moins, aux effets de l'âge dans différentes activités cognitives complexes de compréhension ou de raisonnement.

De nombreux auteurs ont tenté d'interpréter les troubles de mémoire de travail liés à l'âge à la lumière du modèle élaboré par Baddeley (1986). Ce modèle a l'avantage de proposer une architecture cognitive de la mémoire de travail au sein de laquelle différentes structures et processus ont été expérimentalement isolés. L'utilisation de ce modèle comme cadre théorique de référence a contribué à mettre en question le caractère homogène des déficits manifestés par les sujets âgés dans les tâches de mémoire de travail. Elle a aussi permis le développement d'une conception dynamique selon laquelle les troubles peuvent varier en fonction des contraintes particulières de chaque tâche ainsi d'ailleurs que des caractéristiques des sujets.

Le modèle de Baddeley se situe à l'interface du fonctionnement mnésique et du fonctionnement attentionnel et il a été précisément construit en vue de rendre compte de la coordination de plusieurs processus lors d'activités complexes. Le caractère intégré de ce modèle en constitue à la fois la force et la faiblesse. En effet, il a permis d'examiner dans une perspective cohérente différentes hypothèses concernant le vieillissement cognitif : déficit de stockage, déficit de traitement, réduction de ressources attentionnelles, trouble d'attention sélective, ralentissement du traitement de l'information. Cependant, cette fonction d'intégration n'a été rendue possible qu'en attribuant à l'administrateur central un rôle particulièrement important dans des traitements extrêmement divers dont il est particulièrement difficile de disséquer les composantes.

Contrairement au modèle de Baddeley, Danneman et Tardif (1987) ont récemment suggéré que la mémoire de travail était spécifique à un domaine et ne se basait pas sur un administrateur central commun. Cette hypothèse repose sur des résultats montrant que seule une mesure de mémoire de travail verbale et non des mesures de mémoire de travail mathématique et spatiale était capable de prédire les performances en compréhension de la lecture. Cependant, comme l'indiquent Babcock et Salthouse (1990), on ne dispose d'au-

cune information quant à la fidélité respective des différentes mesures utilisées par Danneman et Tardif. Il est dès lors possible que des niveaux de prédiction plus faibles puissent être attribués non pas à la mise en œuvre de systèmes de mémoire de travail indépendants, mais plutôt à des degrés différents de fidélité des mesures conduisant à des corrélations différentes avec d'autres variables. Par ailleurs, des résultats recueillis par Babcock et Salthouse (1990) contribuent à appuyer la conception de Baddeley selon laquelle la mémoire de travail se compose de systèmes esclaves spécifiques et d'un administrateur central commun. Ces auteurs ont administré à des sujets jeunes diverses tâches de mémoire de travail ayant le même format mais impliquant deux types différents d'informations (verbales et visuo-spatiales). Différentes versions de ces tâches ont été élaborées de manière à fournir soit des mesures isolées du stockage (des tâches d'empan simple impliquant principalement les systèmes esclaves, boucle phonologique et registre visuo-spatial), soit des mesures de stockage et de traitement effectuées simultanément (des tâches d'empan avec traitement concomitant). Un résultat particulièrement important par rapport à l'existence d'un administrateur central est que les corrélations entre les mesures de stockage (c'est-à-dire entre l'empan verbal et l'empan visuo-spatial) ne diffèrent pas significativement de 0, alors que les corrélations entre les mesures de stockage avec traitement simultané sont significativement plus grandes que 0. Par ailleurs, les mesures d'empan simple sont significativement meilleures que les mesures d'empan avec traitement.

Ces données paraissent donc confirmer le point de vue de Baddeley selon lequel un système central commun est impliqué dans les deux tâches de mémoire de travail qui impliquent stockage et traitement. Cependant, une meilleure compréhension des effets de l'âge sur ce système central passe nécessairement par une description plus précise de ses fonctions, de ses différentes composantes de traitement et des relations qu'il entretient avec les systèmes esclaves. Le modèle de contrôle attentionnel proposé par Norman et Shallice (1986) et décrit précédemment constitue un premier pas dans cette direction.

Bibliographie

- Atkinson R. C. et Shiffrin R. M. (1968), Human memory : A proposed system and its control processes, in K. W. Spence (Ed.), *The psychology of learning and motivation : Advances in research and theory*, vol. 2, New York, Academic Press.
- Babcock R. L. et Salthouse T. A. (1990), Effects of increased processing demands on age differences in working memory, *Psychology and Aging*, 5, 421-428.
- Baddeley A. D. (1986), *Working memory*, New York, Oxford University Press.
- Baddeley A. D. (1990), *Human memory : Theory and practice*, Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- Baddeley A. D. (1992), Is working memory working ? The fifteenth Bartlett Lecture, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, 1-31.
- Baddeley A. D. et Hitch G. (1974), Working memory, in G. A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation*, vol. 8, New York, Academic Press.
- Baddeley A. D., Thomson N. et Buchanan M. (1975), Word length and the structure of short-term memory, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575-589.
- Baddeley A. D., Logie R. H., Bressi S., Della Sala S. et Spinnler H. (1986), Dementia and working memory, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 603-618.
- Baddeley A. D., Bressi S., Della Sala S., Logie R. et Spinnler H. (1991a), The decline of working memory in Alzheimer's disease, *Brain*, 114, 2521-2542.
- Baddeley A., Della Sala S. et Spinnler H. (1991b), The two-component hypothesis of memory deficit in Alzheimer's disease, *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13, 372-380.
- Bishop D. et Robson J. (1989), Unimpaired short-term memory and rhyme judgement in congenitally speechless individuals : Implications for the notion of « articulatory coding », *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 123-140.
- Caplan D., Rochon E. et Waters G. S. (1992), Articulatory and phonological determinants of word length effects in span tasks, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A, 177-192.
- Cohen G. (1988), Age differences in memory for texts : Production deficiency or processing limitations ?, in L. L. Light et D. M. Burke (Eds.), *Language, memory, and aging*, New York, Cambridge University Press.
- Cohn N. B., Dustman R. E. et Bradford D. C. (1984), Age-related decrements in stroop color test performance, *Journal of Clinical Psychology*, 40, 1244-1250.

- Connelly S. L., Hasher L. et Zacks R. T. (1991), Age and reading : The impact of distraction, *Psychology and Aging*, 6, 533-541.
- Craik F. I. M. (1977), Age differences in human memory, in J. E. Birren et K. W. Schaie (Eds), *Handbook of the psychology of aging*, New York, Van Nostrand Reinhold.
- Craik F. I. M. (1986), A functional account of age differences in memory, in F. Klix et H. Hagendorf (Eds), *Human memory and cognitive abilities*, Amsterdam, North Holland.
- Daneman M. et Carpenter P. (1980), Individual differences in working memory and reading, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Daneman M. et Tardif T. (1987), Working memory and reading skill re-examined, in M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance*, XII : *The psychology of reading*, New York, Erlbaum.
- Delbecq-Deroussé J. et Beauvois M.-F. (1989), Memory processes and aging : a defect of automatic rather than controlled processes ?, *Arch. Gerontol. Geriatr.*, Suppl. 1, 121-150.
- Dobbs A. R. et Rule B. G. (1989), Adult age differences in working memory, *Psychology and Aging*, 4, 500-503.
- Feyereisen P. et Van der Linden M. (1992), *Performance of young and older adults in four memory span tasks*, communication affichée présentée à la Fifth Conference of the European Society for Cognitive Psychology, Paris, 12-16 septembre 1992.
- Fontaine R., Isingrini M., Gauthier M. et Cochez A. (1991), Aging memory : Nature and evolution, *Cahiers de Psychologie cognitive / European Bulletin of Cognitive Psychology*, 1991, 11, 385-398.
- Gerard L., Zacks R. T., Hasher L. et Radvansky G. A. (1991), Age deficits in retrieval : The fan effect, *Journal of Gerontology*, 46, 131-136.
- Gick M. L., Craik F. I. M. et Morris R. G. (1988), Task complexity and age differences in working memory, *Memory and Cognition*, 16, 353-361.
- Goward L. et Rabbitt P. (1988), What intelligence tests don't measure, in M. M. Gruneberg, P. E. Morris et R. N. Sykes (Eds), *Practical aspects of memory : Current research and issues*, Chichester, Wiley.
- Hasher L. et Zacks R. T. (1988), Working memory, comprehension, and aging : A review and a new view, in G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 22), New York, Academic Press.
- Hasher L., Stoltzfus E. R., Zacks R. T. et Rypma B. (1991), Age and inhibition, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 17, 163-169.
- Hulme Ch., Maughan S. et Brown G. D. (1991), Memory for familiar and unfamiliar words : Evidence from a long-term memory contribution to short-term memory span, *Journal of Memory and Language*, 30, 685-701.
- Hulme Ch. et Mackenzie S. (1992), *Working memory and severe learning difficulties*, Hillsdale, Erlbaum.
- Kausler D. H. (1982), *Experimental psychology and human aging*, New York, Wiley.
- Kirchner W. K. (1958), Age differences in short-term retention of rapidly changing information, *Journal of Experimental Psychology*, 55, 352-358.

- Kynette D., Kemper S. et Norman S. et Cheung H. (1989), Adults' recall and word repetition, *The Gerontologist*, 29, 173-174.
- Light L. L. (1991), Memory and aging : Four hypotheses in search of data, *Annu. Rev. Psychol.*, 42, 333-376.
- Light L. L. et Anderson P. A. (1985) Working-memory capacity, age, and memory for discourse, *Journal of Gerontology*, 40, 737-747.
- Logie R. H. et Marchetti C. (1991), Visuo-spatial working memory : Visual, spatial or central executive ?, in R. H. Logie et M. Denis (Eds), *Mental images in human cognition*, Amsterdam, North Holland.
- McDowd J. M. et Birren J. E. (1990), Aging and attentional processes, in J. E. Birren et K. W. Schaie (Eds), *Handbook of the psychology of aging* (third edition), San Diego, Academic Press.
- McDowd J. M. et Craik F. I. M. (1988), Effects of aging and task difficulty on divided attention performance, *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 14, 267-280.
- McDowd J. M. et Oseas-Kreger D. B. (1991) Aging, inhibitory processes and negative priming, *Journal of Gerontology*, 46, 340-345.
- Morris N. et Jones D. M. (1990) Memory updating in working memory : The role of the central executive, *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.
- Morris R. G. (1984), Dementia and the functioning of the articulatory loop system, *Cognitive Neuropsychology*, 1, 143-157.
- Morris R. G. (1986), Short-term forgetting in senile dementia of the Alzheimer's type, *Cognitive Neuropsychology*, 3, 77-97.
- Morris R. G. (1987a), Articulatory rehearsal in Alzheimer-type dementia, *Brain and Language*, 30, 351-362.
- Morris R. G. (1987b), The effect of concurrent articulation on memory span in Alzheimer-type dementia, *British Journal of Clinical Psychology*, 26, 233-234.
- Morris R. G. (1992), Patterns of short-term memory impairment in Alzheimer's disease, in L. Bäckman (Ed.), *Memory functioning in dementia*, Amsterdam, North Holland.
- Morris R. G., Gick M. L. et Craik F. I. M. (1988), Processing resources and age differences in working memory, *Memory and Cognition*, 16, 362-366.
- Morris R. G., Craik F. I. M. et Gick M. L. (1990), Age differences in working memory tasks : The role of secondary memory and the central executive system, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42, 67-86.
- Moscovitch M. (1982), A neuropsychological approach to perception and memory in normal and pathological aging, in F. I. M. Craik et S. The-hub (Eds), *Aging and cognitive processes*, New York, Plenum.
- Norman D. A. et Shallice T. (1986), Attention to action : Willed and automatic control of behavior, in R. J. Davidson, G. E. Schwartz et D. Shapiro (Eds), *Consciousness and self-regulation. Advances in research and theory*, vol. 4, New York, Plenum Press.
- Parkinson S. R. (1980), Aging and amnesia : A running span analysis, *Bulletin of the Psychonomic Society*, 15, 215-217.

- Parkinson S. R., Lindholm J. M. et Urell T. (1980), Aging, dichotic memory and digit span, *Journal of Gerontology*, 35, 87-95.
- Parkinson S. R., Lindholm J. M. et Hman V. W. (1982), An analysis of age differences in immediate recall, *Journal of Gerontology*, 37, 425-431.
- Peterson L. R. et Peterson M. J. (1959), Short-term retention of individual verbal items, *Journal of Experimental Psychology*, 58, 93-108.
- Poon L. W. (1985), Differences in human memory with aging : Nature, causes, and clinical implications, in J. E. Birren et K. W. Schaie (Eds), *Handbook of the psychology of aging* (2nd edition), New York, Van Nostrand Reinhold.
- Puckett J. A. et Lawson W. A. (1989), Absence of adult age differences in forgetting in the Brown-Peterson task, *Acta Psychologica*, 72, 159-175.
- Rabbitt P. (1977), Changes in problem solving ability in old age, in J. E. Birren et K. W. Schaie (Eds), *Handbook of the psychology of aging*, New York, Van Nostrand Reinhold.
- Rabbitt P. (1981), Cognitive psychology needs models for changes in performance with old age, in J. E. Birren et A. D. Baddeley (Eds), *Attention and performance*, X, Hillsdale, Erlbaum.
- Rogers W. A. et Fisk A. D. (1991), Age-related differences in the maintenance and modification of automatic processes : Arithmetic Stroop interference, *Human Factors*, 33, 45-56.
- Salthouse T. A. (1988), The role of processing resources in cognitive aging, in M. L. Howe et C. J. Brainerd (Eds), *Cognitive development in adulthood*, New York, Springer Verlag.
- Salthouse T. A. (1990), Working memory as a processing resource in cognitive aging, *Developmental Review*, 10, 101-124.
- Salthouse T. A. (1991), *Theoretical perspectives and cognitive aging*, Hillsdale, Erlbaum.
- Salthouse T. A., Rogan J. D. et Prill K. (1984), Division of attention : Age differences on a visually presented memory task, *Memory and Cognition*, 12, 613-620.
- Salthouse T. A. et Babcock R. L. (1991), Decomposing adult age differences in working memory, *Developmental Psychology*, 26, 763-776.
- Schwartz M. F. (1990), *Modular deficits in Alzheimer type dementia*, Cambridge, A. Bradford Book, MIT Press.
- Schweickert R. et Boruff B. (1986), Short-term memory capacity : Magic number or magic spell?, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 12, 419-425.
- Talland G. A. (1968), Age and the span of immediate recall, in G. A. Talland (Ed.), *Human aging and behavior*, New York, Academic Press.
- Tipper S. P. (1991), Less attentional selectivity as a result of declining inhibition in old adults, *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 45-47.
- Tipper S. P., Bouquet T., Anderson S. et Brehaut J. C. (1989), Mechanisms of attention : A developmental study, *Journal of Experimental Child Psychology*, 48, 353-378.
- Tipper S. P., Weaver B. et Kirkpatrick J. (1991), Inhibitory mechanisms of attention : locus, stability and relationship with distractor interference effects, *British Journal of Psychology*, 82, 507-520.

- Tipper S. P., Weaver B., Cameron S., Brehaut J. C. et Bastedo J. (1991), Inhibitory mechanisms of attention in identification and localization tasks : Time course and disruption, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 17, 681-692.
- Tulving E. et Colotta V. A. (1970), Free recall of trilingual lists, *Cognitive Psychology*, 1, 86-98.
- Vallar G. et Cappa S. F. (1987), Articulation and verbal short-term memory : Evidence from anarthria, *Cognitive Neuropsychology*, 4, 55-78.
- Van der Linden M. (1989), *Les troubles de la mémoire*, Bruxelles, Mardaga.
- Van der Linden M. (1992), Central executive capacity and age differences in working memory, *International Journal of Psychology*, 27, 208 (abstract).
- Van der Linden M. (1993a), Neuropsychologie de la mémoire, in X. Seron et M. Jeannerod (Eds), *Traité de neuropsychologie humaine*, Bruxelles, Mardaga, à paraître.
- Van der Linden M. (1993b), Neuropsychologie des syndromes démentiels, in X. Seron et M. Jeannerod (Eds), *Traité de neuropsychologie humaine*, Bruxelles, Mardaga, à paraître.
- Van der Linden M., Bédard S. et Beerten A., *Age differences in updating working memory*, soumis.
- Van der Linden M., Coyette F. et Seron X. (1992), The selective impairment of the « Central Executive » component of working memory in a head-injured patient : A single case study, *Cognitive Neuropsychology*, 9, 301-326.
- Waters G. S., Roehon E. et Caplan D. (1992), The role of high-level speech planning in rehearsal : Evidence from patients with apraxia of speech, *Journal of Memory and Language*, 31, 54-73.
- Welford A. T. (1958), *Ageing and human skill*, London, Oxford University Press.
- Welford A. T. (1964), *Vieillessement et aptitudes humaines*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Welford A. T. (1980), Memory and age : A perspective view, in L. W. Poon, J. L. Fozard, L. Cernak, D. Arenberg et L. W. Thompson (Eds), *New directions in memory and ageing*, Hillsdale, Erlbaum.
- Wright R. E. (1981), Aging, divided attention and processing capacity, *Journal of Gerontology*, 36, 605-614.
- Zacks R. T. et Hasher L. (1988), Capacity theory and the processing of inferences, in L. L. Light et D. M. Burke (Eds), *Language, Memory and Aging*, New York, Cambridge University Press.