



Processus attentionnels et vieillissement normal.¹

Stéphane Adam¹, Martial Van der Linden^{1,2}, & Fabienne Collette¹

¹Service de Neuropsychologie, Université de Liège

²Unité de Psychopathologie Cognitive, Université de Genève

Pour S. Adam, ce travail a été réalisé dans le cadre de la Convention d'Action de recherche concertée 98 / 03 – 215 du gouvernement de la Communauté française de Belgique.

F. Collette bénéficie d'un statut de Chargé de Recherches au Fond National de la Recherche Scientifique (FNRS), Belgique

¹ **Adam, S.**, Van der Linden, M., & Collette, F. (2002). L'attention dans le vieillissement normal. In J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni, & P. Azouvi (Eds.), *La neuropsychologie de l'attention* (pp. 129-155). Marseille : Solal.

De très nombreuses études ont mis en évidence une diminution de performance des sujets âgés dans une grande variété de tâches cognitives, à la fois en condition de laboratoire et dans la vie réelle. Cependant, ce déclin lié à l'âge n'est pas observé dans toutes les situations, et les personnes âgées peuvent même présenter dans certaines tâches des performances supérieures à celles des sujets jeunes. Dans ce contexte, Baltes, Staudinger, et Lindenberger (1999) ont proposé une théorie du développement cognitif qui distingue deux composantes du fonctionnement cognitif : les aspects « mécaniques » (« mechanics ») et les aspects pragmatiques (« pragmatics »). Les aspects mécaniques de la cognition sont considérés comme l'expression des traitements fondamentaux et biologiques de l'information, tandis que les aspects pragmatiques sont associés aux connaissances acquises véhiculées par la culture. Dans la même perspective, Salthouse (2000) a suggéré de distinguer les « processus » et les « produits » cognitifs : les « processus » font références à l'efficacité du traitement au moment du test, et reflètent la capacité à résoudre de nouveaux problèmes ou à manipuler et transformer du matériel familier ; les « produits » renvoient aux différents types de connaissances accumulées au travers des traitements effectués dans le passé. Il faut noter que ces deux aspects du fonctionnement cognitif ne sont pas nécessairement indépendants : en effet, les « produits » cognitifs sont acquis par le biais des processus, et le niveau de produits acquis peut influencer l'efficacité de certains processus. Par ailleurs, les capacités qui impliquent les aspects « mécaniques » du fonctionnement cognitif (ou les « processus ») telles que le raisonnement, l'orientation spatiale, ou la vitesse perceptive, déclineraient de façon linéaire avec l'âge. A l'opposé, on observerait un maintien, et même parfois une amélioration, avec l'âge des capacités qui impliquent les aspects pragmatiques de la cognition (ou les « produits »), telles que les connaissances verbales (mémoire sémantique).

Il existe actuellement deux grands types d'interprétation générale et intégrée du fonctionnement cognitif de la personne âgée : les approches analytiques et les approches globales. Les approches analytiques postulent qu'il est possible de scinder la performance cognitive en ses différents éléments constitutants (structures et processus), et que les différences dans le fonctionnement cognitif liées à l'âge peuvent être interprétées en termes d'efficacité relative de sous-composantes spécifiques de traitement. A l'opposé, les approches globales du vieillissement postulent l'existence d'un petit nombre de facteurs généraux qui interviennent entre la variable « âge » et les composantes de traitement impliquées dans différentes tâches cognitives complexes. En d'autres termes, contrairement aux interprétations analytiques qui postulent l'existence de difficultés spécifiques multiples (stratégies inefficaces ou composantes moins fonctionnelles), l'approche globale considère que la majorité des

différences liées à l'âge, et observées dans un large éventail de tâches cognitives, sont partagées et non indépendantes. En d'autres termes, un nombre restreint de variables explicatives permettent de rendre compte de l'effet de l'âge dans un grand nombre de tâches cognitives diverses (voir Salthouse, 2000).

D'un point de vue neuropsychologique, l'approche analytique suggère que les difficultés cognitives spécifiques observées chez les sujets âgés seraient la conséquence d'un dysfonctionnement associé à l'âge dans certaines régions cérébrales localisées et spécifiques, en particulier les lobes frontaux et les régions médio-temporales (voir Reuter-Lorenz, 2000 ; Raz, Gunning, Head, Dupuis, & Acker, 1998). Par contre, l'approche globale postule que le partage des effets de l'âge entre les différentes mesures serait la conséquence de changements anatomiques ou physiologiques, non plus discrets et localisés, mais distribués sur de nombreuses régions cérébrales (par exemple, une perte diffuse de cellules induite par des problèmes cérébro-vasculaires, ou une réduction dans la quantité de divers neurotransmetteurs).

1. L'approche analytique

L'approche analytique du vieillissement normal considère donc qu'il est possible de fractionner la performance cognitive dans une tâche spécifique en ses différents éléments constituants (systèmes et processus), et que les différences liées à l'âge dans le fonctionnement cognitif peuvent être interprétées en terme d'efficacité relative de sous-composantes spécifiques de traitement. Ainsi par exemple, placé dans le contexte des fonctions attentionnelles, cette approche postule que plusieurs composantes de l'attention peuvent être distinguées (à la fois à un niveau fonctionnel et, dans une certaine mesure, à un niveau anatomique), et que ces composantes ne sont pas toutes affectées de la même manière par le vieillissement. Autrement dit, cette approche prédit qu'il existe des effets spécifiques du vieillissement sur l'attention, qui ne seraient pas simplement la conséquence de facteurs plus généraux tel qu'un ralentissement global du traitement de l'information.

Systèmes attentionnels et réseaux cérébraux

Selon Berger et Posner (2000), il est possible de distinguer trois fonctions principales de l'attention : l'orientation vers des stimuli sensoriels, les fonctions exécutives, et le maintien de l'état d'alerte. Les fonctions exécutives ont été associées au contrôle du comportement dirigé vers un but, à la détection de stimuli, à la détection d'erreurs, à la résolution de conflits,

et à l'inhibition de réponses automatiques. La fonction d'alerte est impliquée dans la mise en place d'un état de vigilance, ainsi que dans le maintien d'un état d'éveil ou de réactivité. La fonction d'orientation concerne tous les processus responsables de la sélection d'un stimulus parmi d'autres, du déplacement du foyer attentionnel d'un stimulus vers un autre, et de la focalisation de l'attention sur les caractéristiques du stimulus qui sont pertinentes pour la tâche en cours.

Même si les mécanismes cérébraux précis sous-tendant ces opérations ne sont pas encore parfaitement connus, la plupart des régions cérébrales qui sont impliquées dans ces différents aspects de l'attention ont été identifiées (voir Posner & Dehaene, 1994 ; Posner & Raichle, 1996 ; Laberge, 1992 ; Posner & Petersen, 1990). Selon Berger et Posner (2000), il existerait deux réseaux cérébraux distincts qui seraient responsables de la plupart des processus attentionnels. Le réseau attentionnel postérieur (incluant le cortex pariétal supérieur, le pulvinar, et le colliculus supérieur) qui prendrait en charge les aspects de focalisation de l'attention sur des stimuli visuels spécifiques quand l'information-cible peut être filtrée sur la base d'attributs périphériques (par exemple, la localisation, la forme, etc.). Le réseau attentionnel antérieur (aires frontales médianes incluant le gyrus cingulaire antérieur, l'aire motrice supplémentaire, et des portions des ganglions de la base) serait responsable du contrôle exécutif. Ce réseau serait également impliqué dans la sélection de stimuli visuels lorsque les consignes mettent l'accent sur les propriétés des objets. Plus spécifiquement, ces structures antérieures interviendraient lorsqu'un traitement central est nécessaire pour induire une focalisation sur les caractéristiques du stimulus qui sont pertinentes pour la tâche en cours, tout en inhibant le traitement des caractéristiques non pertinentes. Ce système attentionnel antérieur ne serait associé à aucune modalité sensorielle ou à aucun contenu cognitif particulier. Par ailleurs, le fonctionnement exécutif dépendrait également des régions latérales du cortex préfrontal (voir Collette & Van der Linden, 2002). Outre ces deux systèmes (antérieur et postérieur), il existerait un troisième réseau cérébral responsable de la fonction d'alerte, et incluant les régions frontales droites (en particulier la région supérieure de l'aire de Brodmann 6), le lobe pariétal, et le locus coeruleus.

Plusieurs études suggèrent que ces différents systèmes attentionnels ne sont pas affectés de façon similaire par l'âge. Dans la suite de ce chapitre, nous présenterons les principales études ayant exploré le fonctionnement attentionnel dans le vieillissement normal.

Attention soutenue dans le vieillissement

La capacité de préparer et soutenir son attention pour traiter les signaux hautement prioritaires est une fonction importante de l'attention (Posner & Petersen, 1990). Cette fonction a été étudiée dans le vieillissement normal par le biais de tâches d'alerte phasique et d'attention soutenue. L'alerte phasique reflète l'optimisation de l'état de préparation, c'est-à-dire de réceptivité et de réactivité d'un sujet, lorsque l'information à traiter est précédée d'un signal avertisseur. L'attention soutenue correspond à la capacité d'un sujet à maintenir un niveau d'efficacité adéquat et stable aux cours d'une activité d'une certaine durée.

Nebes et Brady (1993) ont exploré l'alerte phasique chez des sujets jeunes et âgés en utilisant une tâche de temps de réaction consistant à appuyer le plus rapidement possible sur un bouton-réponse en fonction de l'endroit d'apparition d'un rectangle sur un écran d'ordinateur (touche de gauche pour le rectangle placé en haut de l'écran, touche de droite pour le rectangle placé en bas). Dans cette tâche, le stimulus était le plus souvent précédé d'un signal avertisseur sonore. Le temps nécessaire aux sujets pour atteindre leur niveau d'alerte phasique maximal était déterminé en manipulant l'intervalle séparant la présentation du signal avertisseur de la cible. Les résultats mettent en évidence que les sujets âgés ont des temps de réaction globalement plus lents que les sujets jeunes, mais la distribution de ces temps de réponse en fonction de l'intervalle séparant le signal avertisseur de la cible est équivalente dans les deux groupes. En d'autres termes, les sujets âgés ne semblent pas avoir besoin de plus de temps que les sujets jeunes pour atteindre leur niveau maximal de préparation, et ils bénéficient de la même façon de la présence d'un signal avertisseur.

Dans une autre étude, Pate, Margolin, Friedrich, et Bentley (1994) ont administré à un groupe de sujets jeunes et âgés une tâche de temps de réaction simple (TRS : le sujet doit appuyer le plus rapidement possible sur une touche à chaque fois qu'un chiffre apparaît au centre de l'écran) et à choix (TRC : le sujet voit apparaître un chiffre, soit le chiffre 1 ou le chiffre 2, au centre de l'écran, et doit réagir le plus rapidement possible en appuyant sur la touche-réponse correspondant à l'item présenté). Dans les deux tâches, chaque stimulus était précédé d'un signal avertisseur (un « + » apparaissant 500 msec avant la présentation de la cible). Les résultats ont mis en évidence que les deux groupes répondaient plus lentement à la tâche de TRC qu'à la tâche de TRS. Par ailleurs, bien que les sujets âgés étaient globalement plus lents que les jeunes, l'augmentation du temps de réaction était équivalente dans les deux groupes. Dans une seconde expérience, les auteurs ont manipulé l'intervalle séparant le signal avertisseur de la cible. Ils ont administré la tâche de TRC, excepté que le signal avertisseur était présenté soit 2500, 4500, ou 6500 msec avant les stimuli-cibles. Certains essais étaient également sans signal avertisseur. Les résultats ont montré que les deux groupes bénéficient

de façon équivalente du signal avertisseur en répondant plus vite aux essais avec signal avertisseur qu'aux essais sans signal avertisseur. Ces différentes données suggèrent que l'alerte phasique est préservée dans le vieillissement normal, bien que les sujets âgés ont des temps de réaction plus lents, signe d'un ralentissement du traitement de l'information.

En ce qui concerne l'attention soutenue, les quelques études existantes semblent plutôt en faveur d'une absence de déficits liés à l'âge (voir Giambra, 1993, pour une revue). Par exemple, Nebes et Brady (1993) ont examiné dans quelle mesure les personnes âgées présentaient une plus grande fatigabilité se manifestant par une augmentation des temps de réaction entre le début et la fin de la tâche. Les sujets âgés montrent à nouveau des temps de réaction supérieurs à ceux des sujets jeunes. Par contre, on constate une augmentation équivalente des temps de réaction au cours du temps (effet de fatigabilité équivalent ; voir également Berardi, Parasuraman, & Haxby, 2001). Cependant, dans une tâche de vigilance impliquant l'identification d'une cible au cours d'une session de 30 minutes, Mouloua et Parasuraman (1995) ont montré, que la performance des sujets âgés se détériorait plus rapidement au cours du temps lorsque la fréquence des stimulations est élevée, et que la localisation des items est aléatoire (c'est-à-dire, quand la charge en attention visuelle est importante).

Attention sélective et vieillissement

L'attention sélective est un des domaines du fonctionnement attentionnel qui a été le plus abordé dans le vieillissement normal. Plusieurs études ont montré que la fonction d'attention sélective est moins efficace chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes (pour une revue, voir Hartley, 1992 ; McDowd & Birren, 1990). Cela a été mis en évidence en utilisant différents paradigmes incluant entre autres des tâches de recherche visuelle (Plude & Doussard-Roosevelt, 1989), la tâche de Stroop (voir par exemple Cohn, Dustman, & Bradford, 1984 ; Bruyer, Van der Linden, Rectem, & Galvez, 1995 ; Spieler, Balota, & Faust, 1996), et des tâches de compétition de réponse (voir Hahn & Kramer, 1995).

Cependant, cet effet de l'âge diminue ou disparaît dans certaines conditions, en particulier lorsque l'apparition du stimulus pertinent est indiquée par un attribut physique, comme la localisation. Cette manipulation diminue en effet la nécessité de traiter les stimuli non pertinents (voir Madden & Plude, 1993). Néanmoins, il reste à identifier les propriétés de ces effets d'indication dans le vieillissement, et plus particulièrement le décours temporel, le degré de validité de l'indice, etc. (Rogers, 2000). A l'opposé, l'amplitude de l'effet de l'âge augmente lorsqu'un traitement central est nécessaire pour focaliser l'attention sur un stimulus-

cible présenté parmi plusieurs distracteurs qui ne sont pas dissociables sur base d'indices périphériques (comme par exemple lorsque la localisation du stimulus-cible n'est pas indiquée, ou lorsque l'information-cible et distractrice sont physiquement intégrées). Dans cette perspective, Hartley (1993) a comparé la performance de sujets jeunes et âgés dans une tâche de Stroop comprenant deux conditions : la condition « Color-Block » qui consistait à identifier la couleur de rectangles tout en ignorant le mot adjacent écrit en noir (par exemple, un rectangle rouge avec au dessus le mot vert) ; et la condition « Color-Word » qui consistait à dénommer la couleur de l'encre dans laquelle des mots sont écrits, tout en ignorant le contenu sémantique du mot (par exemple, le mot bleu écrit en rouge). Les sujets jeunes et âgés présentaient une performance équivalente dans la condition « Color-Block », tandis qu'une nette différence apparaissait dans la condition « Color-Word ». Selon Hartley (1993), cette dissociation s'explique par un vieillissement différentiel des processus attentionnel antérieurs et postérieurs impliqués dans chacune des deux conditions : le réseau attentionnel postérieur responsable de la sélection d'un stimulus sur base de sa localisation spatiale (traiter le stimulus central et non l'item présenté au dessus) serait relativement préservé dans le vieillissement, alors que le réseau attentionnel antérieur responsable de la sélection d'un processus de traitement (dénommer la couleur de l'encre plutôt que lire le mot) serait affecté par l'âge.

L'effet du vieillissement sur la performance aux tâches d'attention sélective a été initialement interprété comme la conséquence d'un déficit spécifique de la capacité à ignorer les informations non pertinentes. Plus récemment, cette augmentation de la « distractibilité » a été interprétée à la lumière d'un modèle de l'attention sélective qui distingue trois types de mécanismes (voir Tipper, Weaver, Cameron, Brehaut, et Bastedo, 1991 ; Tipper, Bourque, Anderson, et Brehaut, 1989) : des mécanismes de sélection de l'information pertinente, des mécanismes d'inhibition par lesquels les représentations internes des stimuli non pertinents sont activement inhibés, et des mécanismes passifs d'habituation qui prendraient place quand un stimulus non pertinent apparaît de manière répétée dans un contexte spécifique. McDowd et Oseas-Kreger (1991) ont montré que l'effet d'habituation (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 suggère que les processus d'habituation passive ne seraient pas affectés par le vieillissement normal. A l'opposé, certains auteurs considèrent que le vieillissement serait associé à un dysfonctionnement des processus attentionnels inhibiteurs (voir Zacks & Hasher, 1994). Des

données en faveur de cette hypothèse proviennent en particulier de diverses études ayant mis en évidence une réduction des effets d'amorçage négatif chez les sujets âgés.

Dans une tâche d'amorçage négatif, le sujet doit sélectionner (dénommer), à chaque essai, un stimulus parmi deux : l'un étant le distracteur, l'autre la cible (par exemple, on présente un A écrit en rouge et un B écrit en vert, et le sujet doit dénommer la lettre rouge). Si le distracteur lors d'un essai (l'essai d'amorçage) devient la cible à l'essai suivant (l'essai de test), on constate un ralentissement du temps mis par le sujet pour sélectionner la cible, ou parfois une augmentation du nombre d'erreurs. Cet effet a été interprété en considérant l'existence d'un processus attentionnel inhibiteur : au premier essai, le stimulus ayant un statut de distracteur fait l'objet d'un processus d'inhibition active ; lorsqu'à l'essai suivant, ce stimulus devient la cible, un temps supplémentaire est nécessaire afin de surmonter le résidu d'inhibition lié à l'essai précédent.

Dans une méta-analyse récente, Verhaegen et De Meersman (1998) ont montré que les sujets jeunes et âgés présentent un effet d'amorçage négatif significatif à la fois pour l'amorçage négatif de l'identité et de la localisation². Ils ont également observé que l'effet d'amorçage négatif de l'identité était plus petit chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes, alors qu'aucun effet de l'âge pour l'amorçage négatif de la localisation (cette dernière conclusion doit être considérée avec prudence compte tenu du nombre restreint d'études ayant porté sur l'amorçage de la localisation).

Ces résultats suggèrent que les sujets âgés ont plus de difficultés que les sujets jeunes à inhiber les aspects non pertinents d'un stimulus. Cependant, des études récentes suggèrent qu'en plus des mécanismes d'inhibition, un processus mnésique peut également être à l'œuvre dans l'amorçage négatif (voir Kane, May, Hasher, Rahhal, & Stolzhus, 1997). Ce point de vue suggère qu'à l'essai d'amorçage, le distracteur fournit une information qui doit être ignorée. Cette information à ignorer sera récupérée quand le distracteur devient la cible à l'essai suivant, ce qui en ralentit le traitement. Par conséquent, il est tout à fait possible que la réduction d'amorçage négatif constaté dans le vieillissement soit la conséquence de difficultés dans la composante mnésique de la tâche, et non la conséquence d'un problème affectant les processus d'inhibition.

Par ailleurs, Intons-Peterson, Rocchi, West, McLellan, et Hackney (1998) ont montré que les sujets jeunes et âgés présentent un amorçage négatif significatif et équivalent

² L'amorçage négatif d'identité s'observe dans des tâches où la réponse est liée à l'identité d'un stimulus (e.g., dénomination d'une image ou lecture d'une lettre), tandis que l'amorçage négatif de la localisation s'observe dans des tâches où la réponse est associée à la localisation d'un stimulus (e.g., presser une touche correspondant à la localisation d'un stimulus particulier).

lorsqu'ils sont testés au moment de la journée où ils se considèrent les plus efficaces d'un point de vue cognitif (le matin pour les sujets âgés, plus tard dans la journée pour les sujets jeunes), mais pas lorsqu'ils sont testés au moins bon moment de la journée. Comme suggéré par Verhaegen et De Meersman (1998), ces résultats conduisent à examiner avec prudence les données issues des travaux antérieurs. En effet, il se pourrait que contrairement aux sujets jeunes, les sujets âgés n'aient pas été testés au bon moment dans la journée. Outre le moment optimal de l'évaluation, il semble important de contrôler d'autres facteurs pouvant contribuer aux effets du vieillissement sur l'attention sélective, et en particulier l'intégrité du fonctionnement sensoriel. Ainsi, Murphy, McDowd, et Wilcox (1999) ont montré que, lorsque les conditions d'écoute étaient ajustées afin de corriger les différences inter-individuelles d'acuité auditive, les sujets jeunes et âgés étaient gênés de façon équivalente par la présentation d'informations auditives interférentes (situation proche de l'écoute d'une conversation dans un environnement bruyant). Ces résultats suggèrent que les déficits attentionnels des sujets âgés sur du matériel auditif seraient la conséquence de difficultés perceptives ou sensorielles, et non de problèmes d'inhibition. Cependant, il est également possible que des mécanismes d'inhibition distincts sous-tendent la performance dans les tâches d'attention sélective visuelle et auditive, l'inhibition visuelle étant plus sensible au vieillissement que l'inhibition auditive.

Maylor et Lavie (1998) ont proposé une autre interprétation de l'effet de l'âge sur l'attention sélective qui se base sur une approche des situations d'attention sélective en termes de capacité limitée (Lavie, 1995). Ces auteurs considèrent que le vieillissement de l'attention sélective semble impliquer (au moins) deux mécanismes : une réduction d'un processus actif d'inhibition et une diminution des capacités de traitement. Dans leur étude, les sujets jeunes et âgés étaient soumis à une tâche de temps de réaction où on leur demandait d'indiquer le plus rapidement possible laquelle, parmi deux lettres cibles (la lettre X ou N), était présente dans une des douze positions distribuées autour d'un cercle au centre de l'écran. Les sujets disposaient d'une touche-réponse pour chacune des deux possibilités de réponse. La charge perceptive était manipulée en variant le nombre de lettres distractrices présentées dans le cercle : soit 0, 1, 3, ou 5 lettres distractrices (Z, K, H, Y, et V) qui n'étaient associées à aucune réponse. Outre les lettres distribuées le long du cercle central, un distracteur critique était présenté en périphérie (c'est-à-dire une lettre X ou N qui ne devait pas être traitée par les sujets) : soit à gauche ou à droite du cercle central (voir Figure 1 pour des exemples de stimuli). Les résultats montrent que lorsque la charge perceptive est petite, l'effet perturbateur du distracteur critique était beaucoup plus important pour les sujets âgés que pour les sujets

jeunes. Cependant, cet effet diminue (voire disparaît) avec l'augmentation de la charge perceptive. Ces résultats suggèrent que des capacités de traitement restent disponibles dans la condition de faible charge perceptive. Ces dernières sont alors automatiquement attribuées au traitement de l'information non pertinente (à la fois chez les sujets jeunes et âgés). Compte tenu de la réduction du mécanisme actif d'inhibition, l'effet d'interférence est plus important chez les sujets âgés. Dans la condition à haute charge perceptive, toutes les ressources disponibles sont monopolisées par le traitement de l'information centrale. Dans ce contexte, le distracteur critique n'est pas traité (sélectivité passive). Cet effet de sélectivité passive se manifeste plus rapidement (c'est-à-dire avec une charge perceptive plus petite) chez les sujets âgés par rapport aux sujets jeunes. Par ailleurs, les auteurs montrent que ces différences liées à l'âge ne s'expliquent pas par une réduction de la vitesse de traitement ou une diminution d'acuité visuelle. En conclusion, les résultats de Maylor et Lavie suggèrent qu'en plus du déficit d'inhibition, les différences liées à l'âge dans les tâches d'attention sélective sont également la conséquence d'une réduction des ressources de traitement.

Insérer la Figure 1

De façon générale, une réduction des capacités de traitement dans le vieillissement a été inférée à partir de l'observation de différences liées à l'âge dans les tâches d'attention divisée. Dans la section suivante, nous examinerons les études qui ont exploré l'effet de l'âge sur l'attention divisée.

Attention divisée et vieillissement

Une hypothèse commune dans la littérature sur le vieillissement est que 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 existe un pool unique et limité de ressources attentionnelles dans lequel doivent puiser les deux tâches réalisées simultanément. Si ces ressources sont réduites dans le vieillissement, la tâche principale nécessiterait une plus grande proportion des ressources disponibles, ce qui en laisserait moins pour gérer la tâche secondaire, et qui conduirait à une diminution plus importante de performance chez les sujets âgés dans la tâche secondaire que chez les sujets jeunes.

A première vue, les données empiriques semblent compatibles avec cette idée de ressources limitées dans le vieillissement. En effet, une méta-analyse réalisée par Kieley (1991 ; cité dans Hartley, 1992) a montré que le vieillissement s'accompagne effectivement d'une diminution de performance en situation de double tâche. Cette diminution de performance s'observe également dans les rares études qui ont égalisé la performance des sujets jeunes et âgés dans les tâches simples (voir Crossley & Hiscock, 1992 ; Korteling, 1991). Cependant, d'autres études (voir Somberg & Salthouse, 1982 ; et plus récemment Baddeley, Baddeley, Bucks, et Wilcock, 2001) ont montré que les adultes âgés étaient capables de diviser leur attention entre deux tâches de façon équivalente aux sujets jeunes. Une des explications possibles de ces discordances entre études est liée à la différence de complexité entre les tâches : l'effet de l'âge se manifesterait d'autant plus que les tâches à gérer simultanément sont complexes. De plus, la quantité d'entraînement fourni aux sujets sur les tâches simples pourrait également rendre compte de cette hétérogénéité des résultats (voir Rogers, 2000).

Hartley et Little (1999) considèrent qu'il est prématuré d'attribuer les différences liées à l'âge dans les double tâches à une réduction des ressources. En effet, dans la plupart des études, les double tâches sont complexes : par exemple, McDowd et Craik (1988) demandaient à leurs sujets d'identifier, dans une liste de mots présentés oralement, les items désignant des objets vivants, et de simultanément détecter si un caractère présenté visuellement était une voyelle, une consonne, un chiffre, ou un symbole quelconque. Ces situations de double tâche impliquent donc la réalisation d'un nombre important d'opérations. De plus, la durée et l'ordre de ces opérations peuvent changer d'un essai à l'autre, et par conséquent, des mesures globales pourraient masquer les sources spécifiques d'interférence. En d'autres termes, il n'y a aucun moyen de savoir quelles opérations dans la tâche principale interfèrent avec les opérations dans la tâche secondaire.

Dans cette perspective, Hartley et Little (1999) ont comparé la performance de sujets jeunes et âgés dans des double tâches où, à chaque essai, deux tâches simples et bien apprises devaient être effectuées. L'intervalle de temps séparant la présentation des stimuli dans chacune des tâches (Stimulus Onset Asynchrony, SOA) était contrôlé. Chaque essai commençait par la présentation d'une croix blanche. Après 500 msec, la couleur de la croix était changée soit en vert ou en rouge, et les sujets devaient dénommer la couleur de la croix (tâche 1). Un peu plus tard (après un SOA de 50, 150, 500, ou 1000 msec), la croix était remplacée par la lettre « A » ou « B » (la couleur restant la même). Les sujets devaient alors identifier la lettre présentée (tâche 2). Ils leur étaient demandés de réaliser ces deux tâches le

plus rapidement possible. Cette procédure présente un certain nombre d'avantages : les tâches sont simples ; elles impliquent relativement peu d'opérations ; elles sont répétées dans le même ordre d'un essai à l'autre ; et finalement, le fait de contrôler le délai séparant les stimuli des deux tâches permet de manipuler l'interférence entre ces tâches (plus le SOA est court, plus l'interférence est élevée). Sept expériences ont été réalisées en manipulant différentes dimensions (en particulier, la difficulté de la tâche, le mode de réponse : vocal ou par appui sur une clé-réponse, la présence ou l'absence de contrainte temporelle de réponse sur la tâche 2, etc.).

Le modèle général de réduction des ressources prédit que les sujets âgés seront plus lents (ou feront plus d'erreurs) que les jeunes dans la tâche 2, et que les différences liées à l'âge augmenteront avec l'augmentation du chevauchement entre les deux tâches (c'est-à-dire quand le SOA diminue). Il prédit également qu'aucun facteur augmentant la difficulté de l'une ou l'autre tâche n'accentuera l'interférence entre les deux tâches, et que cette manipulation de la complexité aura un plus grand impact pour des SOA petits. Enfin, il prédit que l'interaction entre le SOA et la complexité sera plus importante chez les sujets âgés que chez les jeunes. Plusieurs aspects des résultats observés dans ces sept expériences se sont avérés incompatibles avec ce modèle. En fait, les résultats étaient globalement plus en accord avec un modèle de flexibilité selon lequel un mécanisme de sélection de réponse peut traiter une seule tâche à la fois, et qui considère que le vieillissement conduit à un ralentissement généralisé. Par ailleurs, il n'existait pas d'élément spécifique indiquant une difficulté dans la capacité des sujets âgés à gérer les deux tâches simultanément. Cependant, certaines données semblaient indiquer que l'interférence à l'entrée et à la sortie est plus importante chez les sujets âgés. Hartley et Little (1999) suggèrent que les études qui ont mis en évidence une réduction des ressources de traitement ont utilisé des tâches doubles plus complexes, dans lesquelles la variabilité des opérations mises en jeu peut avoir conduit à des changements non spécifiques. Une autre possibilité est que des tâches plus complexes activent les processus exécutifs et que ces processus sont particulièrement sensibles au vieillissement.

Fonctions exécutives et vieillissement

Les processus exécutifs renvoient à un ensemble varié de processus contrôlés (de mise à jour, d'inhibition, de shifting, etc.) qui correspondent aux fonctions que Norman et Shallice (1980 ; voir également Shallice, 1988) ont attribué au système de supervision attentionnel (« Supervisory Attentional System », SAS). Plus spécifiquement, selon Norman et Shallice, il existe deux systèmes de contrôle attentionnel : un système d'activation et de sélection de

schémas semi-automatiques nécessaires à l'accomplissement de tâches routinières (« Contention Scheduling Mechanism »), et un système de supervision attentionnel (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. Baddeley (1986) a suggéré que le SAS et l'administrateur central de la mémoire de travail (« central executive ») constituaient des structures essentiellement identiques.

Plusieurs études ont suggéré que le vieillissement normal est caractérisé par une réduction de la capacité de l'administrateur central de la mémoire de travail (Van der Linden, Brédart, & Beerten, 1994 ; Van der Linden, Beerten, & Pesenti, 1998). Par exemple, Van der Linden et al. (1998) ont exploré les effets de l'âge sur une tâche de génération aléatoire. Selon Baddeley (1986, 1996b), essayer de générer des séquences aléatoires d'items est une activité qui place une charge significative sur l'administrateur central de la mémoire de travail. En effet, quand un sujet tente de produire des séquences aléatoires de lettres ou de chiffres, il doit sélectionner de nouvelles stratégies (afin de garder la séquence la plus aléatoire possible), empêcher l'apparition de réponses schématiques (par exemple, des séquences alphabétique comme « LMN »), contrôler si les réponses sont suffisamment aléatoires et sinon, changer de stratégies. Toutes ces fonctions de sélection et de contrôle correspondent exactement au rôle qui est assigné à l'administrateur central (Baddeley, 1986). Dans une première expérience, des sujets jeunes et âgés devaient produire une séquence aléatoire de lettres au rythme d'une lettre toutes les 1, 2, ou 4 secondes. Les résultats ont mis en évidence que les sujets âgés produisent plus de réponses alphabétiquement stéréotypées que les sujets jeunes, et cela même lorsque le rythme de génération est plus lent. Par ailleurs, plus le rythme imposé est rapide, plus on observe la présence d'omissions et d'erreurs chez les sujets âgés. Dans la seconde expérience, on demandait aux sujets de produire des séquences de lettres aléatoires tout en faisant des classements de cartes en 1, 2, 4, ou 8 catégories. Des différences liées à l'âge ont été constatées sur la plupart des mesures (stéréotypes, mesure de redondance de niveau 0 et 1). De plus, le nombre d'erreurs augmente en fonction du nombre de catégories de classement. Ces résultats suggèrent l'existence d'une réduction des ressources de l'administrateur central, et des capacités d'inhibition dans le vieillissement.

Dans une autre étude, Van der Linden et al. (1994) ont exploré l'effet du vieillissement sur l'administrateur central dans deux expériences utilisant une tâche de mise à jour (Pollack, Johnson, & Knaft, 1959 ; Morris & Jones, 1990). Dans cette tâche, on présente aux sujets des séquences de consonnes de longueur différente. Ces séquences sont présentées

aléatoirement et les sujets ne connaissent pas à l'avance la longueur d'une séquence donnée. Leur tâche est alors de rappeler dans l'ordre les quelques dernières consonnes de la séquence (par exemple, les 4 ou les 5 dernières consonnes de la séquence). Cette tâche de mise à jour exige une flexibilité importante dans le traitement de l'information, ainsi qu'un changement progressif de l'attention (c'est-à-dire rejeter les consonnes devenues non pertinentes tout en mémorisant les nouvelles consonnes entrées dans la séquence). Morris et Jones (1990) ont montré que la tâche de mise à jour est sous-tendue par deux mécanismes indépendants de la mémoire de travail : la boucle phonologique qui est impliquée dans le rappel sériel de l'information, et l'administrateur central qui contribue au processus de mise à jour. Dans une première expérience, Van der Linden et al. (1994) ont présenté à des sujets jeunes et âgés des séquences de 4, 6, 8, et 10 consonnes au rythme d'une consonne par seconde, et il leur était demandé de rappeler les quatre derniers items dans un ordre sériel strict. Les résultats n'ont pas montré d'effet de l'âge. En conséquence, une deuxième expérience a été réalisée en utilisant des séquences de 6, 8, 10 et 12 consonnes pour lesquels les sujets devaient rappeler les six derniers items. Le but était d'augmenter la charge mnésique afin d'induire une contribution plus importante de l'administrateur central. Dans cette condition, les auteurs ont effectivement mis en évidence des différences significatives entre sujets jeunes et âgés dans la performance en rappel. Par ailleurs, ces différences augmentent à mesure que le nombre de mise à jour à effectuer s'accroît. Par contre, il n'y a pas d'interaction entre l'âge et la position sérielle : 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. Ces données suggèrent que les sujets âgés présentent une réduction 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. De plus, l'absence d'interaction entre l'âge et la position sérielle suggère que la boucle phonologique (capacité de stockage en mémoire de travail) n'est pas affectée par l'âge.

Cependant, l'existence d'un effet spécifique de l'âge sur les fonctions exécutives a été mise en question par Fisk et Warr (1996). Ces auteurs ont comparé la performance de sujets jeunes et âgés dans une tâche de génération aléatoire. Ils demandaient aux sujets de produire des séquences aléatoires de lettres à des rythmes de génération de 4, 2, et 1 secondes. Deux mesures étaient prises pour chaque rythme de génération (pour un total de six scores) : le nombre de paires de lettres répétées et le nombre de paires de lettres produites respectant l'ordre alphabétique. Des corrélations positives significatives ont été observées entre l'âge et cinq de ces six scores, ce qui semble indiquer un déficit de l'administrateur central chez les

sujets âgés. De plus, cet effet de l'âge restait significatif après contrôle statistique du fonctionnement de la boucle phonologique (mesurée par des tâches d'empan de mots et de chiffres). Cependant, ces différences liées à l'âge dans la génération aléatoire étaient largement éliminées après contrôle statistique de la vitesse de traitement (mesurée par des tâches de comparaison de lettres et de grilles). Ces données sont compatibles avec les nombreuses études réalisées par Salthouse (voir Salthouse, 1996) qui a montré que, bien que le vieillissement soit associé à une plus faible performance en mémoire de travail, la plupart de ces différences semblent être sous-tendues par un ralentissement de la vitesse de traitement. Par conséquent, il apparaît que la majeure partie des variations liées à l'âge observées dans la tâche de génération aléatoire pourrait être due à un ralentissement généralisé de la vitesse de traitement plutôt qu'à un déficit de l'administrateur central. Plus spécifiquement, le ralentissement perturberait les différentes opérations de l'administrateur central nécessaire à la génération aléatoire, c'est-à-dire changer de stratégies, accéder à de nouvelles stratégies, et contrôler la réponse à la sortie (Baddeley, 1996b).

Dans la même perspective, Fisk et Warr (1996) considèrent que, comme aucun contrôle de la vitesse n'a été effectué dans l'étude de Van der Linden et al. (1998) sur la tâche de mise à jour, il est possible que les différences associées à l'âge observées dans cette tâche soient en fait la conséquence d'un ralentissement de la vitesse de traitement. Cependant, dans une étude récente (Van der Linden & Adam, 2000), nous avons confirmé la présence d'un déclin significatif de performance dans la mise à jour chez les sujets âgés (la tâche a été administrée à 151 sujets dont l'âge s'étendait de 30 à 80 ans ; voir Van der Linden et al., 1999, pour une description détaillée de la population et de la tâche de mise à jour). De plus, une analyse de régression a mis en évidence que les différences liées à l'âge dans cette tâche de mise à jour restaient très significatives après contrôle statistique de la vitesse de traitement (mesurée au moyen d'une tâche de comparaison de lettres et d'une tâche de dénomination de couleurs) mais également après contrôle de l'interférence (mesurée au moyen de deux mesures issues de la tâche de Stroop ; voir Van der Linden et al., 1999). Ces résultats suggèrent que les différences liées à l'âge dans le fonctionnement de l'administrateur central ne peuvent pas être uniquement attribuées à un ralentissement généralisé (ou à une réduction de la résistance à l'interférence).

Néanmoins, d'autres études ont mis en évidence un fonctionnement normal de l'administrateur central dans le vieillissement. Ainsi, Belleville, Rouleau, et Caza (1998) ont exploré le fonctionnement de l'administrateur central chez des sujets jeunes et âgés en utilisant la tâche d'alpha-span. Cette tâche implique de simultanément stocker et traiter de

l'information en mémoire de travail. Elle consiste à présenter aux sujets des listes de mots. La taille de ces listes est adaptée pour chaque sujet et correspond à la valeur de l'empan moins un item (par exemple, si un sujet à un empan de 6, on lui présentera des listes de 5 mots). Dans une première condition, les sujets doivent rappeler les mots dans l'ordre sériel. Dans une deuxième condition, les mots doivent être rappelés dans l'ordre alphabétique. Etant donné que la charge du stockage est équivalente dans les deux conditions, la seule différence concerne l'intervention de l'administrateur central au cours du rappel alphabétique. Les résultats montrent la présence d'une diminution de performance dans la condition de rappel alphabétique par rapport au rappel sériel. Cependant, cette diminution de performance est équivalente chez les sujets jeunes et âgés, ce qui suggère que l'administrateur central de la mémoire de travail est préservé dans le vieillissement. La présence de résultats contradictoires entre les études portant sur le fonctionnement de l'administrateur central pourrait être liée au caractère pluriel de ce système (Baddeley, 1996b) : les tâches de génération aléatoire, de mise à jour, et d'alpha-span évalueraient des aspects différents du fonctionnement de l'administrateur central, lesquels seraient affectés différemment par l'âge.

Enfin, dans une étude plus récente, Andrès et Van der Linden (2000) ont exploré l'hypothèse d'un lien entre vieillissement cognitif et fonctions exécutives. Le cadre théorique sur lequel cette étude s'est basée est le modèle de contrôle attentionnel de l'action développé par Norman et Shallice (1980). Trois tâches ont ainsi été utilisées (la tour de Londres, Shallice, 1982 ; le test de Hayling, Burgess & Shallice, 1996a ; et le test de Brixton, Burgess & Shallice, 1996b) dans le but d'évaluer trois processus exécutifs (la planification, l'inhibition, et la détection de règles). La performance des sujets âgés était significativement plus faible que celle des sujets jeunes dans chacune de ces tâches. De plus, la vitesse perceptive (mesurée au moyen d'une tâche de dénomination de couleurs) expliquait certaines des différences liées à l'âge, mais pas toutes.

2. L'approche globale du vieillissement cognitif

Les approches globales du vieillissement se différencient des approches analytiques dans la mesure où elles postulent l'existence d'un petit nombre de facteurs généraux qui interviennent entre la variable « âge » et les différentes composantes de traitement impliquées dans les performances cognitives. Les tenants d'une telle conception ne contestent pas l'intérêt de la perspective analytique, mais considèrent qu'une grande partie des différences liées à l'âge et observées dans des tâches testant des composantes de traitement spécifiques

peuvent en fait être réinterprétées à partir de facteurs plus généraux impliqués dans les différentes tâches. Les approches globales dominant actuellement le champ de recherche de la psychologie cognitive du vieillissement, et un très grand nombre d'études ont été menées dans le but d'identifier les facteurs généraux et de spécifier leur contribution à différents niveaux du fonctionnement cognitif. A l'heure actuelle, quatre facteurs généraux ont été proposés dans la littérature comme médiateurs entre l'âge et la cognition : une réduction de la vitesse de traitement de l'information, des difficultés à inhiber une information non pertinente, une diminution des ressources de la mémoire de travail, et un déclin des traitements sensori-moteurs de l'information (Park, 2000). On peut noter à ce niveau que certains de ces facteurs généraux (en particulier l'inhibition et la mémoire de travail) font directement référence à des aspects du fonctionnement attentionnel. La contribution de ces facteurs généraux aux effets de l'âge dans le fonctionnement cognitif a généralement pu être mise en évidence lorsque les trois conditions suivantes sont remplies : a) la présence d'une relation négative entre l'âge et les mesures de ces facteurs généraux; b) la présence d'une relation positive entre les mesures des facteurs généraux et les mesures de la cognition; et c) une atténuation substantielle des différences liées à l'âge dans les performances à différentes tâches cognitives, après que l'influence des facteurs généraux aient été statistiquement contrôlées.

Vitesse de traitement

Plusieurs auteurs postulent qu'une réduction de la vitesse avec laquelle peuvent être exécutées les opérations de traitement contribue de manière déterminante aux effets de l'âge sur la performance dans une grande variété de tâches cognitives : mémoire, raisonnement, langage, cognition spatiale, intelligence fluide, etc. (Birren & Fisher, 1995 ; Salthouse, 1996; Anderson & Craik, 2000). Cette hypothèse peut prendre différentes formes, mais les tenants de cette 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 ce sens, de nombreuses données montrent que la latence de réponse chez les personnes âgées engagées dans des activités cognitives variées, est approximativement une fois et demi plus longue que celle des sujets jeunes (Salthouse, 1985 ; Myerson, Ferraro, Hale, & Lima, 1992). Par ailleurs, de nombreux travaux, entrepris notamment par Salthouse (voir Salthouse, 1996, pour une revue de question), montrent que la réduction liée à l'âge dans la vitesse de traitement conduit à des difficultés dans le fonctionnement cognitif. Cette contribution de la vitesse de traitement s'exprimerait par l'intermédiaire de deux mécanismes : les mécanismes de limite de temps et de simultanéité. Plus spécifiquement, selon Salthouse (1996), la performance cognitive est

dégradée quand le traitement est lent parce que les opérations pertinentes ne peuvent pas être réalisées avec succès (limite de temps) et parce que les produits des traitements précoces ne sont plus disponibles quand le traitement ultérieur est achevé (simultanéité). Placé dans le contexte de l'attention, cette approche suggère que les performances plus faibles des sujets âgés à différentes tâches attentionnelles sont la conséquence d'un ralentissement général du traitement de l'information.

Capacité d'inhibition

Plusieurs auteurs ont proposé que les différences liées à l'âge dans le fonctionnement cognitif s'expliqueraient par un problème affectant les processus inhibiteurs (Hasher & Zacks, 1988 ; Zacks & Hasher, 1994). De nombreuses observations paraissent compatibles avec cette hypothèse. En effet, on constate chez les sujets âgés un taux élevé d'intrusions personnelles dans la conversation, une augmentation des fausses alarmes dans des tâches de reconnaissance, une sensibilité excessive à l'interférence dans le test de Stroop, des difficultés dans des tâches d'oubli dirigé, et une réduction (voir une absence) d'effet d'amorçage négatif. Par exemple, en ce qui concerne le paradigme d'oubli dirigé, Zacks, Radvansky, et Hasher (1996) ont présenté une série de mots à un groupe de sujets jeunes et âgés. Après chaque item, un indice était fourni aux sujets leur indiquant si l'item était à oublier ou au contraire à mémoriser. A la fin de la liste, les participants devaient rappeler uniquement les mots à mémoriser. Les résultats montrent que les sujets âgés rappellent moins d'items à mémoriser que les jeunes. A l'opposé, ils rappellent significativement plus de mots à oublier. Ces données suggèrent que les sujets âgés parviennent moins facilement que les sujets jeunes à ignorer des informations non pertinentes pour la tâche en cours.

Plus spécifiquement, cette difficulté d'inhibition limiterait d'une part la capacité des personnes âgées à empêcher l'entrée en mémoire de travail d'informations non pertinentes, et d'autre part la capacité à désactiver les informations qui ne sont plus nécessaires ou utiles aux traitements en cours. Par exemple, au niveau du langage, ces deux types de problèmes provoqueraient une réduction des capacités de compréhension dans la mesure où une l'information non pertinente serait maintenue en mémoire durant le processus de compréhension d'un texte. Les résultats obtenus par Hasher, Zacks, et leurs collaborateurs semblent en accord avec cette interprétation (pour une revue, voir Zacks & Hasher, 1994). Ainsi, Connelly, Hasher, et Zacks (1991) ont montré que les sujets âgés sont plus enclins, lors de la lecture d'un texte, à sélectionner une information distractive (phrases écrites en italique), alors que la consigne demande de l'ignorer.

Cependant, dans un examen critique de l'hypothèse d'inhibition appliquée au domaine du langage, Burke (1997) a identifié différentes données qui apparaissent peu compatibles avec une interprétation des effets de l'âge en termes d'inhibition. De plus, l'auteur indique que d'autres types d'interprétations pourraient être proposées (pour une réponse, voir Zacks & Hasher, 1997).

Mémoire de travail

Une réduction des capacités de la mémoire de travail et plus particulièrement de l'administrateur central constitue la troisième hypothèse explicative du déclin du fonctionnement cognitif chez la personne âgée (Baddeley 1986). Ainsi, de nombreuses études ont mis en évidence la présence d'un effet marqué de l'âge sur les capacités de mémoire de travail (voir par exemple Van der Linden et al., 1994 ; Van der Linden et al., 1998). La mémoire de travail est évaluée classiquement par le biais de tâches dans lesquelles les sujets doivent simultanément stocker et traiter de l'information (par exemple, dans la tâche d'empan arithmétique, les sujets doivent résoudre des séries d'additions tout en mémorisant le second chiffre de chaque équation). 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'information. 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. De plus, différentes recherches (Kirasic, Allen, Dobson, & Binder, 1996 ; voir aussi Van der Linden et al., 1999) ont montré qu'une perturbation de la mémoire de travail contribue, pour une part au moins, aux effets de l'âge dans des activités cognitives complexes telles que la compréhension du langage, la mémoire, ou le raisonnement.

Fonctions sensori-motrices

Diverses études récentes ont observé une forte relation entre le fonctionnement sensori-moteur (vision, audition, équilibre/marche) et la performance cognitive (Baltes & Lindenberger, 1997 ; Lindenberger & Baltes, 1994). Par exemple, dans une étude portant sur un groupe important de sujets âgés de 25 à 103 ans, Baltes et Lindenberger (1997) ont mis en évidence une diminution des performances liée à l'âge à tous les niveaux du fonctionnement cognitif. Ils observent également que cette diminution de performance s'explique largement par une réduction des fonctions sensorielles. De plus, les auteurs montrent que ce tableau de déclin n'est pas influencé par des variables socioéconomiques ou culturelles telles

l'éducation, la profession, ou la classe sociale. Selon Baltes et Lindenberger, cette relation entre les domaines sensoriel et cognitif serait le produit d'un quatrième facteur commun, à savoir l'intégrité des structures et fonctions cérébrales (l'hypothèse de la cause commune).

En conclusion, divers travaux conduisent à postuler l'existence de facteurs généraux (inhibition, vitesse de traitement, mémoire de travail) responsables des effets de l'âge sur le fonctionnement cognitif. Cependant, il existe peu d'études ayant examiné la contribution relative de ces différents facteurs généraux.

Relations entre les facteurs généraux

La plupart des chercheurs sont d'accord pour considérer que les facteurs généraux de vitesse de traitement, de mémoire de travail, ou d'inhibition sont interdépendants. Le débat actuel porte dès lors d'avantage sur la nature des relations qu'entretiennent ces facteurs généraux ainsi que sur leur contribution respective aux effets du vieillissement sur le fonctionnement cognitif. Par exemple, dans le domaine du langage, une étude de Kwong See et Ryan (1995) illustre clairement ce débat. Leur étude avait pour objectif d'examiner la contribution de trois facteurs généraux (vitesse, mémoire de travail, et inhibition) aux différences liées à l'âge dans des tâches de langage (compréhension et mémoire de textes). Les auteurs montrent par des analyses de régression que chacun des facteurs généraux prédit significativement la performance aux tâches de langage et atténue la variance liée à l'âge dans ces tâches. Cependant, même en contrôlant la contribution des trois facteurs généraux, l'analyse de régression montre qu'il reste un effet significatif spécifique de l'âge sur les mesures de langage. Par ailleurs, lorsque la mesure de vitesse est entrée en premier dans l'équation de régression, l'influence de la mémoire de travail et de l'inhibition demeure significative. Par contre, quand les différences de vitesse et d'inhibition sont contrôlées, les mesures de mémoire de travail ne prédisent plus la performance dans les tâches de langage. Selon Kwong See et Ryan, ces résultats suggèrent que les effets de l'âge sur les capacités langagières ne sont pas directement liées à une perturbation de la mémoire de travail. Seules la vitesse de traitement et l'inhibition rendent compte partiellement et indépendamment des différences de performances langagières dans le vieillissement (voir Figure 2).

Insérer la Figure 2

Plus récemment, Van der Linden et al. (1999) ont également mené une étude visant à déterminer la contribution de ces trois facteurs (vitesse, inhibition, et mémoire de travail) aux différences liées à l'âge dans les performances à des tâches de compréhension verbale et de mémoire épisodique verbale. Un ensemble de 151 sujets âgés de 30 à 80 ans ont été soumis à des tests de langage et de mémoire verbale, ainsi qu'à une batterie d'épreuves évaluant la vitesse de traitement, la mémoire de travail, et la résistance à l'interférence. Afin d'examiner la contribution des trois facteurs généraux sur les mesures de langage et de mémoire, les auteurs ont utilisé une technique statistique basée sur le modèle d'équation structurale (voir Bollen & Long, 1993). Les résultats ont mis en évidence que toutes les relations significatives entre l'âge et les mesures de compréhension langagière et de mémoire verbale sont soutenues par une réduction de la vitesse de traitement, de l'inhibition, et de la mémoire de travail (voir Figure 3). Aucun lien direct n'est dégagé entre l'âge et la performance aux tâches complexes. En outre, le meilleur ajustement du modèle montre que la contribution de la vitesse de traitement et de la résistance à l'interférence est indirecte et médiatisée par la mémoire de travail. Ces données conduisent à des conclusions très différentes de celles rapportées par Kwong See et Ryan (1995), lesquels suggéraient que la mémoire de travail ne constitue pas un facteur explicatif central des différences liées à l'âge dans les tâches de langage. Une interprétation possible de ces divergences de résultats semble liée à la nature des tâches verbales et mnésiques utilisées, qui sont plus complexes et plus exigeantes en ressources de mémoire de travail dans l'étude de Van der Linden et al. (1999).

Insérer la Figure 3

Les résultats obtenus par Van der Linden et al. (1999), au moyen d'une analyse transversale, doivent cependant être répliqués par le biais d'études utilisant d'autres méthodes, telles que les études longitudinales³, dans le but d'examiner à la fois les tendances individuelles et les effets de cohorte (voir Hultsch, Hertzog, Small, McDonald-Miszczak, & Dixon, 1992). Il est intéressant de noter que Hultsch, Dixon, Small, et Hertzog (1999) ont rapporté des résultats issus d'une étude longitudinale et qui corroborent largement ceux décrits par Van der Linden et al. (1999).

³ La méthode transversale consiste à comparer au même moment, et à certaines tâches, un groupe de sujets jeunes et un (ou plusieurs) groupe(s) de sujets âgés. A l'opposé, dans la méthode longitudinale, un même groupe de sujets est suivi à différents âges.

D'autres études suggèrent également que la contribution relative de la vitesse de traitement, de la mémoire de travail, et de l'inhibition dépend en réalité du type de tâche cognitive ou du type d'information à rappeler. Par exemple, Mayr et Kliegl (1993 ; voir aussi Kliegl, Mayr, & Krampe, 1994) proposent un modèle bi-factoriel des différences liées à l'âge incluant la vitesse de traitement (qui est associée à la complexité de traitements séquentiels) et la mémoire de travail (qui est associée à la complexité de traitements de coordination). Plus récemment, Park et al. (1996) ont confirmé que la vitesse de traitement est un facteur central dans l'explication de la variance liée à l'âge dans différents types de tâches de mémoire. De plus, ils ont montré que la mémoire de travail contribue également à expliquer l'effet de l'âge dans certaines tâches de mémoire (en particulier les tâches de rappel libre et de rappel indicé), mais pas dans d'autres (comme les tâches de mémoire spatiale). Plus globalement, ces données suggèrent que la contribution de la mémoire de travail est d'autant plus importante que les tâches de mémoire sont complexes (voir également Whiting & Smith, 1997, pour des conclusions similaires). Enfin, Kirasic et al. (1996) ont mis en évidence que la mémoire de travail est un médiateur plus important que la vitesse de traitement dans des tâches d'apprentissage déclaratif, lorsque ces dernières sont proches des situations d'apprentissage de la vie quotidienne (comme apprendre un menu, un horaire de bus, etc.). Plus spécifiquement, ils ont montré que la contribution de la vitesse de traitement à ce type de tâche est faible, et se réalise via la mémoire de travail.

Approche analytique des facteurs généraux

L'approche globale du vieillissement cognitif est confrontée au problème de l'absence de consensus entre chercheurs sur la façon la plus adéquate de mesurer la vitesse de traitement, la mémoire de travail, et l'inhibition. Ce consensus ne pourra être obtenu que par une analyse détaillée des mécanismes sous-jacents à chacun de ces facteurs généraux. Par exemple, plusieurs études soutiennent l'idée que la mémoire de travail est composée de plusieurs sous-systèmes distincts : la boucle phonologique, le registre visuo-spatial, et l'administrateur central (Baddeley, 1996a ; 1996b). Les mesures de mémoire de travail impliquent en général plusieurs de ces composantes, et c'est probablement la raison pour laquelle elles prédisent les performances dans des tâches cognitives complexes. De nouvelles recherches sont donc nécessaires afin de déterminer le rôle exact de chacune de ces sous-composantes dans la réalisation de tâches cognitives complexes. Par ailleurs, certaines données neuropsychologiques indiquent que l'administrateur central de la mémoire de travail ou SAS n'est pas un système unitaire (Shallice & Burgess, 1991 ; voir aussi Seron et al.,

1999). Récemment, Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter, et Wager (2001) ont clairement mis en évidence l'existence de plusieurs processus exécutifs distincts. Ces auteurs ont en effet montré, au moyen d'analyses en variables latentes, que les fonctions de flexibilité, de mise à jour, et d'inhibition sont dissociées à un niveau cognitif (quoique reliés dans une certaine mesure : l'unité dans la diversité). Par ailleurs, les résultats de cette étude semblent également indiquer la présence d'une quatrième fonction qui serait impliquée dans la gestion de tâches doubles. L'ensemble de ces données remet en question le statut de la mémoire de travail en tant que médiateur de base pour expliquer les effets du vieillissement sur le fonctionnement cognitif (voir Baltes et al., 1999).

Dans la même perspective, il serait nécessaire de mieux définir et spécifier le concept d'inhibition, ainsi que ses relations avec l'interférence, la mémoire de travail, et la vitesse de traitement. Actuellement, les relations entre « inhibition » et « interférence » restent encore relativement mal définies. Certains auteurs suggèrent que l'interférence (telle que mesurée par la tâche de Stroop) et l'amorçage négatif résulteraient de mécanismes inhibiteurs indépendants (Stoltzfus, Hasher, Zacks, Ulivi, & Goldstein, 1993). Dans la situation d'interférence, les processus inhibiteurs interviendraient pour réduire l'interférence de l'information distractive pendant la sélection de l'information-cible ; dans l'amorçage négatif, les processus d'inhibition agiraient pour empêcher les informations récemment rejetées d'influencer la tâche en cours. Néanmoins, les données en faveur de cette interprétation sont très controversées (voir Kieley & Hartley, 1997). Tout ceci montre clairement, qu'avant de progresser dans la compréhension du rôle médiateur de l'inhibition entre l'âge et la cognition, il est nécessaire de mieux identifier les mécanismes qui sous-tendent la fonction d'inhibition.

3. Conclusions

En 1992, Hartley présentait une revue de question des données empiriques à propos des effets du vieillissement sur le fonctionnement attentionnel. Ses conclusions étaient alors que ce domaine n'était pas mûr, qu'il existait peu de données empiriques, et que les recherches étaient peu guidées par la théorie. Huit ans plus tard, de nombreuses données ont été accumulées et certains progrès ont été réalisés en ce qui concerne l'identification des structures cérébrales impliquées dans les différents aspects de l'attention, ainsi que dans la compréhension de l'effet du vieillissement sur le fonctionnement cérébral. Néanmoins, d'un

point de vue théorique et méthodologique, la compréhension des effets du vieillissement sur les processus attentionnels ne s'est pas améliorée de façon significative.

Pour certains aspects de l'attention, de nombreux facteurs (cognitifs et non cognitifs ; spécifiques et plus généraux) ont été identifiés comme contribuant aux différences associées au vieillissement. Par exemple, en ce qui concerne l'attention sélective, les différences liées à l'âge ont été mise en rapport avec un ralentissement généralisé, une diminution des capacités d'inhibition, une réduction des capacités de traitement, le cycle circadien, une perte des fonctions sensorielles, etc.. Certaines données suggèrent également l'existence d'un effet différentiel de l'âge sur les systèmes attentionnels antérieurs et postérieurs. Cependant, on ne dispose pas encore d'une théorie prédictive et intégrative prenant en compte l'ensemble de ces facteurs.

Pour d'autres aspects, tels que le fonctionnement exécutif, l'exploration de l'effet du vieillissement est confrontée à d'importants problèmes méthodologiques et conceptuels (voir Van der Linden et al., 2000). Dans beaucoup d'études, les tâches utilisées sont complexes et multi-déterminées et, par conséquent, il n'est pas facile d'identifier la nature des déclinés liés au vieillissement. Certaines études récentes ont tenté d'élaborer des procédures plus contrôlées (voir par exemple la procédure de double tâche utilisée par Hartley & Little, 1999). Il existe également des domaines comme l'attention soutenue pour lesquels les données sont encore rares et ambiguës : certaines recherches mettent en évidence des différences liées à l'âge, tandis que d'autres non. De plus, il apparaît que les différences associées au vieillissement peuvent souvent être attribuées à d'autres aspects des tâches, tels que la sensibilité de la tâche, la durée de présentation des stimuli, ou la charge en mémoire de travail.

On pourrait considérer que l'approche globale du vieillissement a contribué à minimiser la portée des interprétations analytiques qui postulent l'existence de difficultés spécifiques multiples (stratégies inefficaces ou composantes défectueuses ; voir Salthouse, 2000). Néanmoins, de plus en plus de données suggèrent que certains des effets de l'âge sur le fonctionnement cognitif ne peuvent s'expliquer complètement par des facteurs généraux, comme par exemple un ralentissement généralisé. En outre, il apparaît clairement que les recherches futures devraient viser à mieux spécifier la nature des facteurs généraux (mémoire de travail, inhibition, vitesse, fonctions sensorielles) et leurs relations, ainsi qu'à développer des mesures multiples et fiables de ces médiateurs. Dans un certain sens, l'avenir de l'approche globale du vieillissement cognitif consistera à développer une exploration plus analytique des variables qui sous-tendent les facteurs généraux.

Plus généralement, il apparaît que des travaux plus appliqués sont essentiels pour comprendre la signification des difficultés attentionnelles des sujets âgés dans la vie de tous les jours. Un point particulièrement important est de déterminer comment les déclinés liés à l'âge peuvent être compensés par l'expérience et les connaissances accumulées par les sujets âgés (Park & Hall Gutchess, 2000 ; Van der Linden & Hupet, 1994). En effet, de nombreuses données suggèrent que la diminution de performance cognitive que l'on observe chez la personne âgée dans des tâches de laboratoire ne se reflète pas nécessairement dans les activités de la vie quotidienne. Par exemple, plusieurs méta-analyses ont systématiquement échoué à mettre en évidence un lien entre vieillissement et performance professionnelle (Rhodes, 1983 ; Waldman & Avolio, 1986). De façon similaire, plusieurs études ont montré que des sujets âgés (de 60 à 75 ans) ne faisaient presque aucune erreur dans leur comportement de prise de médicaments, en dépit du fait que cette activité est très exigeante au plan cognitif (Morrel, Park, Kidder, & Martin, 1997 ; Park et al., 1999). Ces données suggèrent que, dans un environnement familier, certaines variables (comme les supports environnementaux, l'expérience, les connaissances et procédures acquises, ainsi que les automatismes) peuvent servir de mécanismes de compensation chez la personne âgée. A l'opposé, l'impact des difficultés cognitives dans les activités de la vie quotidienne sera d'autant plus important que l'environnement est non familier et les tâches sont nouvelles.

En conclusion, il semble indispensable de développer une psychologie cognitive de la vie quotidienne afin de progresser dans notre compréhension de l'impact des déclinés liés à l'âge sur les activités de la vie quotidienne. Par exemple, dans le domaine de l'attention, une question importante concerne l'influence du vieillissement de certains processus attentionnels sur la conduite automobile (voir Park & Hall Gutchess, 2000).

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, N.D., & Craik, F.I.M. (2000). Memory in the aging brain. In E. Tulving, & F.I.M. Craik (Eds.), The Oxford Handbook of Memory (pp. 245-261). Oxford University Press.
- Andrès, P., & Van der Linden, M. (2000). Age-related differences in Supervisory Attentional System functions. Journal of Gerontology: Psychological Sciences, in press.
- Baddeley, A.D. (1986). Working memory. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D. (1996a). The concept of working memory. In S.E. Gathercole (Ed.), Models of short-term memory. Hove, UK: Psychology Press.
- Baddeley, A.D. (1996b). Exploring the central executive. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49A, 5-28.
- Baddeley, A.D., Baddeley, H.A., Bucks, R.S., & Wilcock, G.K. (2001). Attentional control in Alzheimer's disease. Brain, 124, 1492-1508.
- Baltes, P.B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: a new window to the study of cognitive aging. Psychology and Aging, 12, 12-21.
- Baltes, P.B., Staudinger, U.M., & Lindenberger, U. (1999). Lifespan psychology: Theory and application to intellectual functioning. Annual Review of Psychology, 50, 471-507.
- Belleville, S., Rouleau, N., & Caza, N. (1998). Effects of normal aging on the manipulation of information in working memory. Memory and Cognition, 26, 572-583.
- Berardi, A., Parasuraman, R., Haxby, J.M. (2001). Overall vigilance and sustained attention decrements in healthy aging. Experimental Aging Research, 27, 19-39.
- Berger, A., & Posner, M.I. (2000). Pathologies of brain attentional networks. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 24, 3-5.
- Birren, J.E., & Fisher, L.M. (1995). Aging and speed of behavior: possible consequences for psychological functioning. Annual Review of Psychology, 46, 329-353.
- Bollen, K.A., & Long, J.S. (1993), Testing structural equation models. Newbury Park, CA: Sage.
- Braun, C.M.J., & Lalonde, R. (1990). Les déclinés des fonctions cognitives chez la personne âgée: Une perspective neuropsychologique. Canadian Journal of Aging, 9, 135-158.
- Bruyer, R., Van der Linden, M., Rectem, D., & Galvez, C. (1995). Effects of age and education on the Stroop interference. Archives de Psychologie, 63, 257-267.

- Burgess, P.W., & Shallice, T. (1996a). Response suppression, initiation and strategy use following frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, *34*, 263-273.
- Burgess, P.W., & Shallice, T. (1996b). Bizarre responses, rule detection and frontal lobe lesions. *Cortex*, *32*, 241-259.
- Burke, D.M. (1997). Language, aging, and inhibitory deficits: Evaluation of a theory. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *52B*, 254-264.
- Collette, F., & Van der Linden, M.(2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Review* (In press).
- Cohn, N.B., Dustman, R.E., & Bradford, D.C. (1984). Age-related decrements in Stroop color test performance. *Journal of Clinical Psychology*, *40*, 1244-1250.
- Connelly, S.L., Hasher, L., & Zacks, R.T. (1991). Age and reading: The impact of distraction. *Psychology and Aging*, *6*, 533-541.
- Crossley, M., & Hiscock, M. (1992). Age-related differences in concurrent task performance of normal adults: Evidence for a decline in processing resources. *Psychology and Aging*, *7*, 499-506.
- Daigneault, S., & Braun, C.M.J. (1993). Working memory and the self-ordered pointing task: Further evidence of early prefrontal decline in normal aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *15*, 881-895.
- Fisk, J.E., & Warr, P. (1996). Age and working memory: The role of perceptual speed, the central executive, and the phonological loop. *Psychology and Aging*, *11*, 316-323.
- Giambra, L.M. (1993). Sustained attention in older adults: Performance and processes. In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer, & M.L. Commons (Eds.), *Adult information processing: Limits on loss*. San Diego, CA: Academic Press.
- Hahn, S., & Kramer, A.F. (1995). Attentional flexibility and aging: you don't need to be 20 years of age to split the beam. *Psychology and Aging*, *10*, 597-609.
- Hartley, A.A. (1992). Attention. In F.I.M. Craik & T.A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Hartley, A.A. (1993). Evidence for the selective preservation of spatial selective attention in old age. *Psychology and Aging*, *8*, 371-379.
- Hartley, A.A., & Little, D.M. (1999). Age-related differences and similarities in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, *128*, 416-449.
- Hasher, L., & 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. 2). San Diego, CA: Academic Press.

- Hultsch, D.F., Herzog, C., Small, B.J., McDonald-Miszczak, & Dixon, R.A. (1992). Short-term longitudinal change in cognitive performance in later life. Psychology and Aging, *7*, 571-584.
- Hultsch, D.F., Dixon, R.A., Small, B.J. & Hertzog, C. (1999). Memory change in the aged. Cambridge: Cambridge University Press.
- Intons-Peterson, M.J., Rocchi, P., West, T., McLellan, K., & Hackney, A. (1998). Aging, optimal testing times, and negative priming. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, *24*, 362-376.
- Kane, M.J., May, C.P., Hasher, L., Rahhal, T., & Stoltzfus, E.R. (1997). Dual mechanisms of negative priming. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, *23*, 632-650.
- Kieley, J.M., & Hartley, A.A. (1997). Age-related equivalence of identity suppression in the Stroop color-word task. Psychology and Aging, *12*, 22-29.
- Kirasic, K., Allen, G.L., Dobson, S.H., & Binder, K.S. (1996). Aging, cognitive resources, and declarative learning. Psychology and Aging, *11*, 658-670.
- Kliegl, R., Mayr, U., & Krampe, R. (1994). Time-accuracy functions for determining process and person differences: An application to cognitive aging. Cognitive Psychology, *26*, 134-164.
- Korteling, J.E. (1991). Effects of skill integration and perceptual competition on age-related differences in dual-task performance. Human Factors, *33*, 35-44.
- Kwong See, S.T., & Ryan, E. (1995). Cognitive mediation of adult age differences in language performance. Psychology and Aging, *10*, 458-468.
- Laberge, D. (1992). Thalamic and cortical mechanisms of attention suggested by recent positron emission tomographic experiments. Journal of Cognitive Neuroscience, *2*, 358-372.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. Journal of Experimental: Human Perception and Performance, *21*, 451-468.
- Lindenberger, U., & Baltes, P.B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age : A strong connection. Psychology and Aging, *9*, 339-355.
- Lindenberger, U., & Baltes, P.B. (1997). Intellectual functioning in old and very old age: Cross-sectional results from the Berlin Aging Study. Psychology and Aging, *12*, 410-432.

- Madden, D.J., & Plude, D.J. (1993). Selective preservation of selective attention. In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer, & M.L. Common (Eds.), Adult information processing : Limits on loss. San Diego, CA : Academic Press.
- Maylor, E.M., & Lavie, N. (1998). The influence of perceptual load on age differences in selective attention. Psychology and Aging, *13*, 563-573.
- Mayr, U., & Kliegl, R. (1993). Sequential and coordinative complexity: Age-based processing limitations in figural transformations. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, *19*, 1297-1320.
- McDowd, J.M., & Birren, J.E. (1990). Aging and attentional processes. In J.E. Birren & K.W. Schaie (Eds.), Handbook of the Psychology of Aging. San Diego, CA: Academic Press.
- McDowd, J.M., & 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., & Oseas-Kreger, D.B. (1991). Aging, inhibitory processes and negative priming. Journal of Gerontology, *46*, 340-345.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., & Wager, T.D. (2001). The unity and diversity of executive function and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. Cognitive Psychology, *41*, 49-100.
- Morrel, R.W., Park, D.C., Kidder, D.P., & Martin, M. (1997). Adherence to anti-hypertensive medications over the lifespan. The Gerontologist, *37*, 609-619.
- Morris, R.N., & Jones, D.M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. British Journal of Psychology, *81*, 111-121.
- Moscovitch, M., & Winocur, G. (1992). The neuropsychology of aging. In F.I.M. Craik and T.A. Salthouse (Eds.), The handbook of aging and cognition. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mouloua, M., & Parasuraman, R. (1995). Aging and cognitive vigilance: Effects of spatial uncertainty and event rate. Experimental Aging Research, *21*, 17-32.
- Murphy, D.R., McDowd, J.M., & Wilcox, K.A. (1999). Inhibition and aging: Similarities between younger and older adults as revealed by the processing of unattended auditory information. Psychology and Aging, *14*, 44-59.
- Myerson, J., Ferraro, F.R., Hale, S., & Lima, S.D. (1992). General slowing in semantic priming and word recognition. Psychology and Aging, *7*, 257-270.
- Nebes, R.D., & Brady, C.B. (1993). Phasic and tonic alertness in Alzheimer's disease. Cortex, *29*, 77-90.

- Norman, D.A., & Shallice, T. (1980). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. Center for human information processing (Technical report N° 99). (Reprinted in revised form. In R.J. Davidson, G.E. Schartz and Shapiro (Eds.), Consciousness and self-regulation. Advances in research, (1986), 4. New York and London: Plenum Press.
- Park, D.C. (2000). The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. In D. Park & N. Schwartz (Eds.), Cognitive aging: A primer. Hove: Psychology Press.
- Park, D.C., & Hall Gutchess, A. (2000). Cognitive aging and everyday life. In D. Park & N. Schwartz (Eds.), Cognitive aging: A primer. Hove: Psychology Press.
- Park, D.C., Herzog, C., Leventhal, H., Morrel, R.W., Leventhal, E., Birchmore, D., Martin, M., & Bennett, J. (1999). Medication adherence in rheumatoid arthritis patients: Older is wiser. Journal of the American Geriatrics Society, 47, 172-183.
- Park, D.C., Smith, A.D., Lautenschlager, G., Earles, J.L., Frieske, D., Zwahr, M., & Gaines, C.L. (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. Psychology and Aging, 11, 621-637.
- Pate, D.S., Margolin, D.I., Friedrich, F.J., & Bentley, E.E. (1994). Decision-making and attentional processes in ageing and in dementia of the Alzheimer's type. Cognitive Neuropsychology, 11, 321-329.
- Plude, D., & Doussard-Roosevelt, J. (1989). Aging, selective attention, and feature integration. Psychology and Aging, 4, 98-105.
- Pollack, I., Johnson, L.B., & Knaff, P.R. (1959). Running memory span. Journal of Experimental Psychology, 57, 137-146.
- Posner, M.I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. Trends in Neurosciences, 17, 75-79.
- Posner, M.I., & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. Annual Review of Neuroscience, 13, 25-42.
- Posner, M.I., & Raichle, M. (1996). Images of mind. Washington, DC: Scientific American Books.
- Raz, N., Gunning, F.M., Head, D., Dupuis, J.H., McQuain, J., Briggs, S.D., Loken, W.J., Thornton, E., & Acker, J.D. (1997). Selective aging of the human cerebral cortex observed in vivo: Differential vulnerability of the prefrontal gray matter. Cerebral Cortex, 7, 268-282.

- Raz, N., Gunning, F.M., Head, D., Dupuis, J.H., & Acker, J.D. (1998). Neuroanatomical correlates of cognitive aging: Evidence from structural magnetic resonance imaging. Neuropsychology, *12*, 95-114.
- Reuter-Lorenz, P. (2000). Cognitive neuropsychology of the aging brain. In D. Park & N. Schwartz (Eds.), Cognitive aging: A primer. Hove: Psychology Press.
- Rhodes, S.R. (1983). Age-related differences in work attitudes and behavior: A review and conceptual analysis. Psychological Bulletin, *93*, 328-367.
- Rogers, W.A. (2000). Attention and aging. In D. Park & N. Schwartz (Eds.), Cognitive aging: A primer. Hove: Psychology Press.
- Salthouse, T.A. (1985). A theory of aging. Amsterdam: North Holland.
- Salthouse, T.A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. Psychological Review, *103*, 403-428.
- Salthouse, T.A. (2000). Pressing issues in cognitive aging. In D. Park & N. Schwartz (Eds.), Cognitive aging : A primer. Hove: Psychology Press.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. In D.E. Broadbent & L. Weiskrantz (Eds.), The neuropsychology of cognitive function (pp. 199-209). Londres: The Royal Society
- Shallice, T. (1988). From neuropsychology to mental structure. Cambridge University Press.
- Shallice, T., & Burgess, P. (1991). Higher-order cognitive impairments and frontal lobe lesions in man. In H.S. Levin, H.M. Eisenberg & A.L. Benton (Eds.), Frontal lobe function and dysfunction. New York: Oxford University Press.
- Somberg, B.L., & Salthouse, T.A. (1982). Divided attention abilities in young and old adults. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, *8*, 651-663.
- Spieler, D.H., Balota, D.A., & Faust, M.E. (1996). Stroop performance in healthy younger and older adults and in individual with dementia of the Alzheimer's type. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, *22*, 461-479.
- Stoltzfus, E.R., Hasher, L., Zacks, R.T., Ulivi, M.S., & Goldstein, D. (1993). Investigations of inhibition and interference in younger and older adults. Journal of Gerontology: Psychological Sciences, *48*, 179-188.
- Sturm, W., Willmes, K., Orgass, B., & Hartje, W. (1997). Do specific attention deficits need specific training? Neuropsychological Rehabilitation, *7*, 81-103.
- Tipper, S.P., Bourque, T., Anderson, S., & Brehaut, J.C. (1989). Mechanisms of attention: A developmental study. Journal of Experimental Child Psychology, *48*, 353-378.

- Tipper, S.P., Weaver, B., Cameron, S., Brehaut, J.C., & 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.
- Van der Linden, M., & Adam, S. (2000). Age-related differences in central executive functioning: The contribution of processing speed, resistance to interference, and phonological ability. In preparation.
- Van der Linden, M., Brédart, S., & Beerten, A. (1994). Age-related differences in updating working memory. British Journal of Psychology, *85*, 145-152.
- Van der Linden, M., & Hupet, M. (1994). L'optimisation du fonctionnement cognitif de la personne âgée: les interventions cognitives. In M. Van der Linden & M. Hupet (Eds.), Le vieillissement cognitif. Paris: Presses Universitaires de France.
- Van der Linden, M., Beerten, A., & Pesenti, M. (1998). Age-related differences in random generation. Brain and Cognition, *38*, 1-16.
- Van der Linden, M., Hupet, M., Feyereisen, P., Schelstraete, M.A., Bestgen, Y., Bruyer, R., Lories, G., El Ahmadi, A., & Seron, X. (1999). Cognitive mediators of age-related differences in language comprehension and verbal memory performance. Aging, Neuropsychology, and Cognition, *6*, 32-55.
- Van der Linden, M., Meulemans, Th., Seron, X., Coyette, F., Andrès, P., & Prairial, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. In X. Seron, & M. Van der Linden (Eds.), Traité de Neuropsychologie Clinique. Marseille : Solal.
- Van Zomeren, A.H., & Brouwer, W.H. (1994). Clinical neuropsychology of attention. Oxford: Oxford University Press.
- Verhaeghen, P., & De Meersman, L. (1998). Aging and the negative priming effect : A meta-analysis. Psychology and Aging, *13*, 435-444.
- Waldman, D.A., & Avolio, B.J. (1986). A meta-analysis of age differences in job performance. Journal of Applied Psychology, *71*, 33-38.
- West, R.L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. Psychological Bulletin, *120*, 272-292.
- Whiting, L.W., & Smith, A.D. (1997). Differential age-related processing limitations in recall and recognition tasks. Psychology and Aging, *12*, 216-224.
- Yoon, C., May, C.P., & Hasher, L. (2000). Aging, circadian arousal patterns, and cognition. In D. Park & N. Schwartz (Eds.), Cognitive aging: A primer. Hove: Psychology Press.

- Zacks, R.T., & Hasher, L. (1994). Directed ignoring. Inhibitory regulation of working memory. In D. Dagenbach & T.H. Carr (Eds.), Inhibitory processes in attention, memory and language. San Diego, CA: Academic Press.
- Zacks, R.T., & Hasher, L. (1997). Cognitive gerontology and attentional inhibition: A reply to Burke and McDowd. Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 52B, 274-283.
- Zacks, R.T., Radvansky, G., & Hasher, L. (1996). Studies of directed forgetting in older adults. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 22, 143-156.

LEGENDES ET FIGURES

Figure 1 : exemples de stimuli avec 0, 1, 3, ou 5 lettres distractrices centrales. Pour chaque exemple, la lettre cible est N, et le distracteur critique est le X

Figure 2 : Modèle de Kwong See & Ryan (1995).

Figure 3 : Modèle de Van der Linden et al. (1999).





