



Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation

**EXPLORATION COGNITIVE ET  
NEUROPSYCHOLOGIQUE DU  
FONCTIONNEMENT DE LA MÉMOIRE  
ÉPISODIQUE**

**LES PROCESSUS DE RECONNAISSANCE ET  
LA MÉMOIRE DU CONTEXTE TEMPOREL**

Christine Bastin

Thèse présentée en vue de l'obtention du titre de  
Docteur en Sciences Psychologiques

2003-2004

*A Stéfan*

*A mes parents*

## Remerciements

Avant tout, je souhaite exprimer toute ma gratitude à Martial Van der Linden pour m'avoir guidée et encouragée du premier au dernier jour de la réalisation de cette thèse. Son enthousiasme communicatif pour la recherche et ses relectures minutieuses m'ont été précieux.

Je remercie également les membres du jury, Serge Brédart, Andrew Mayes, Thierry Meulemans et Eric Salmon, d'avoir accepté de lire ce travail et de m'avoir prodigué conseils et encouragements chaque fois que j'en ai eu besoin.

Je tiens à remercier mes collègues et amis, pour leur soutien sans faille au cours de ces quatre dernières années. Merci à Stéphane Adam, Corinne Catale, Fabienne Collette, Christine Comblain, Arnaud D'Argembeau, Hedwige Dehon, Michaël Hogge, Frank Laroï, Françoise Lekeu, Steve Majerus, Thierry Meulemans, Martine Poncelet et Sylvie Willems. Je remercie sincèrement Arnaud, Frank et Michaël pour avoir consacré du temps à la mise en page et Françoise pour sa relecture attentive.

Je voudrais adresser un remerciement tout particulier à Andrew Mayes, Daniela Montaldi, Tom Spencer et Juliet Holdstock pour les deux séjours passionnants et enrichissants que j'ai passés au sein de leur équipe en 2000 et 2002. La deuxième étude de ce travail est le fruit de cette collaboration.

Je remercie aussi toutes les personnes qui ont accepté de participer aux études décrites dans ce travail, en particulier MR. Merci à Annik Charnallet de m'avoir permis de le rencontrer.

Cette thèse a été réalisée dans le cadre de l'Action de Recherches Concertées soutenue par le Ministère de la Communauté Française de Belgique, convention 99/04-246.

Merci aux étudiants qui ont récolté certaines des données présentées dans la partie expérimentale ; en particulier, merci à Valérie Buscemi, Thérèse Hervelle et Anne-Pascale Michel.

Enfin, il n'y a pas assez de mots pour exprimer ma reconnaissance à mes proches, en particulier à Stéfan, sans quoi rien n'aurait été possible.

Liège, le 16 décembre 2003

# TABLE DES MATIÈRES

**Avant-propos** 1

## **PARTIE THÉORIQUE**

### **Chapitre 1 - La mémoire épisodique dans ses relations avec les autres systèmes de mémoire** 7

1. La conception des systèmes de mémoire multiples 8
2. La conception unitaire de la mémoire 16
3. La conception constructiviste de la mémoire épisodique 18
  - 3.1 Les opérations d'encodage 18
  - 3.2 Processus de consolidation 20
  - 3.3 Processus de récupération 22
  - 3.4 Les régions cérébrales impliquées dans l'encodage et la récupération d'informations en mémoire épisodique 25
4. Conclusion 26
5. Evaluation de la mémoire épisodique 28
  - 5.1 Les tâches de reconnaissance : Interprétations théoriques de la reconnaissance 29
  - 5.2 Relations entre familiarité et recollection 34
  - 5.3 Mesures des processus de la reconnaissance 35
  - 5.4 L'influence du format du test sur les processus de la reconnaissance 46
  - 5.5 Propriétés temporelles de la recollection et de la familiarité 49
  - 5.6 Nature de la recollection et de la familiarité 55
  - 5.7 Conclusions 66

**Chapitre 2 - Rôle de l'hippocampe dans le fonctionnement de la mémoire épisodique 69**

1. Description anatomique de l'hippocampe 70
2. Modèles classiques du rôle de l'hippocampe dans la mémoire 73
3. La contribution des différentes structures du lobe temporal interne dans la mémoire : données neuropsychologiques et modèles théoriques 78
  - 3.1. Dissociation entre le rappel et la reconnaissance dans l'amnésie 79
  - 3.2. Performances de patients amnésiques dans des tâches utilisant la procédure « je me souviens / je sais » et la procédure de dissociation des processus 98
  - 3.3. Effet du format du test de reconnaissance 104
  - 3.4 L'acquisition de nouvelles connaissances sémantiques chez les patients amnésiques 112
  - 3.5 Conclusions 122
4. Imagerie cérébrale de la mémoire épisodique : les régions hippocampiques 123

**Chapitre 3 - Le rôle des lobes frontaux dans le fonctionnement de la mémoire épisodique 133**

1. Description anatomique des lobes frontaux 133
2. Rôle des lobes frontaux dans la mémoire épisodique : données neuropsychologiques 136
  - 2.1 Dissociation entre rappel déficitaire et reconnaissance préservée à la suite de lésions frontales 138
  - 2.2 Les troubles de la reconnaissance suite à des lésions frontales 141
  - 2.3 Lobes frontaux et mémoire du contexte 157
  - 2.4 Conclusions 159
3. Rôle des lobes frontaux dans la mémoire épisodique : données d'imagerie cérébrale 160
  - 3.1. Encodage et récupération en mémoire épisodique 161
  - 3.2. Aspects de la récupération épisodique 164
  - 3.3. Recollection et familiarité 166
  - 3.4 Conclusions 167
4. Fonction unitaire ou rôles différents pour les différentes régions frontales ? 167

**Chapitre 4 - La mémoire du contexte temporel : processus et soubassements cérébraux 173**

1. Procédures utilisées pour évaluer la mémoire de l'ordre temporel 175
2. Les modèles du traitement de l'ordre temporel 177
  - 2.1 Les modèles des attributs temporels 177
  - 2.2 Les modèles de la reconstruction du contexte temporel 183
  - 2.3 Un modèle du traitement de l'information temporelle à processus multiples 186
3. Soubassements cérébraux de la mémoire du contexte temporel : Données neuropsychologiques et d'imagerie cérébrale ; le rôle des différentes structures cérébrales dans la mémoire du contexte temporel 190
  - 3.1. Données neuropsychologiques 190
  - 3.2. Données issues de l'imagerie cérébrale 202
  - 3.3. Rôle du cortex préfrontal, du diencephale et de l'hippocampe dans la mémoire de l'information temporelle 205
4. Une procédure pour dissocier la contribution des processus basés sur la distance et des processus basés sur la localisation dans la mémoire pour l'information temporelle 211
5. Conclusion 213

**Chapitre 5 - Vieillesse, reconnaissance et mémoire du contexte temporel 217**

1. Changements cérébraux liés au vieillissement 217
2. Modèles explicatifs du vieillissement cognitif 220
3. Effets du vieillissement sur la mémoire épisodique 224
  - 3.1. Rappel et reconnaissance 224
  - 3.2. Mémoire du contexte temporel 227

**PARTIE EXPÉRIMENTALE****Objectifs des études 239**

**Etude 1.** The contribution of recollection and familiarity to recognition memory: A study of the effects of test format and aging 243

**Etude 2.** The effects of the test format and the level of similarity between targets and foils on the contribution of recollection and familiarity to recognition memory 269

**Etude 3.** Dissociation between recall and recognition memory performance in an amnesic patient following carbon monoxide poisoning 305

**Etude 4.** Variability in the impairment of recognition memory in patients with frontal lobe lesions 341

**Etude 5.** Memory for temporal context: Effects of aging, encoding instructions and retrieval strategies 369

**Etude 6.** The effects of aging on location-based and distance-based processes in memory for time 399

**DISCUSSION GÉNÉRALE 439**

1. L'intégrité de la reconnaissance dans l'amnésie 447
2. Reconnaissance et familiarité 448
3. L'influence de lésions frontales sur les processus impliqués dans la reconnaissance 457
4. Le fonctionnement de la mémoire du contexte temporel 460

**RÉFÉRENCES 469**

# Avant-propos

Imaginez que vous décidez de trier les photographies qui se sont accumulées au cours de l'année afin de les coller dans un album. Chacune de ces photographies évoque un épisode de votre vie. Sur l'une d'entre-elles, tous vos amis sont attablés et sourient, levant leur verre en direction de l'objectif. Vous vous remémorez alors la soirée de votre anniversaire. Vous revoyez les visages de Michel et Isabelle, assis à côté de vous, vous entendez le rire de Sophie et croyez encore savourer les délicieux sushi préparés par Julie. De la pile de photographies que vous examinez s'échappe l'image d'un pont enjambant une rivière. Vous vous souvenez de ce pont : il vous est familier. Pourtant, vous ne pouvez vous rappeler où il se trouve, ni quand vous avez pris cette photographie. Était-ce lors d'une promenade dans la région ? Était-ce pendant votre séjour en France ? Cet indice vous met sur la piste. En passant en revue les villes visitées durant ce séjour, vous retrouvez alors le souvenir de l'endroit où a été prise cette photographie, ainsi que du petit restaurant, à proximité du pont, où vous aviez dîné en arrivant. Par contre, vous êtes incapable de vous souvenir de l'épisode qui correspond à cette autre photographie, montrant un marché, qui pourtant vous semble également familier. Enfin, afin de pouvoir classer les photographies chronologiquement dans l'album, il faut aussi vous souvenir du moment exact où chaque épisode représenté a eu lieu. Vous savez que la soirée a eu lieu le samedi qui a suivi votre anniversaire, en novembre. Par ailleurs, vous êtes parti en France en juillet et vous vous souvenez que vous vous êtes arrêté dans la ville où la photographie du pont a été prise avant d'aller à Saumur, dont on voit le château sur un autre cliché.

Sans la mémoire épisodique, l'accès à ces souvenirs ne serait pas possible. En effet, c'est la mémoire épisodique qui permet d'encoder les différents aspects d'un événement (incluant les informations perceptives et sémantiques, les informations émotionnelles, le contexte spatial et temporel...) et de le lier afin de former un souvenir détaillé, qui pourra être par la suite récupéré dans toute sa richesse.

La thèse que nous allons présenter a pour objectif de mieux comprendre les différents aspects du fonctionnement de la mémoire épisodique que nous venons



d'illustrer, ainsi que de leurs soubassements cérébraux. Ainsi, nous nous intéresserons aux deux types de processus de reconnaissance que sont la récupération consciente de l'épisode dans lequel un événement a été rencontré (« recollection ») et le sentiment de familiarité en l'absence de « recollection », ainsi qu'aux processus mis en jeu dans la mémoire pour l'ordre temporel des événements.

Dans la première partie de ce travail (**partie théorique**), nous décrirons le cadre théorique général dans lequel s'inscrivent nos recherches. Le *premier chapitre* présentera tout d'abord les modèles de l'organisation de la mémoire humaine, et plus particulièrement les relations entre la mémoire épisodique et les autres systèmes mnésiques. Dans un deuxième temps, nous détaillerons la littérature concernant les processus de la reconnaissance. Le *deuxième chapitre* sera consacré à une revue de questions concernant le rôle des structures hippocampiques dans le fonctionnement de la mémoire épisodique. En particulier, nous présenterons les études ayant abordé la question de l'intégrité de la reconnaissance dans l'amnésie, ainsi que les travaux portant sur l'apprentissage de nouvelles connaissances sémantiques lorsque la mémoire épisodique est altérée. Ce chapitre se terminera par un survol de l'apport des techniques d'imagerie cérébrale à la compréhension du rôle de l'hippocampe dans la mémoire. Dans le *troisième chapitre*, le rôle des régions frontales dans le fonctionnement de la mémoire épisodique sera abordé. Nous décrirons les études portant sur l'influence de lésions frontales sur les performances dans les tâches évaluant la mémoire épisodique, ainsi que les travaux d'imagerie cérébrale consacrés à l'implication des régions frontales dans les processus mnésiques. Le *quatrième chapitre* sera dédié à la mémoire du contexte temporel. Les modèles théoriques concernant cet aspect important de la mémoire épisodique et ses soubassements cérébraux seront décrits. Dans le *dernier chapitre* de la partie théorique, nous présenterons les données concernant l'effet du vieillissement sur les processus de reconnaissance et la mémoire pour l'information temporelle.

La deuxième partie de cette thèse (**partie expérimentale**) comportera six études. Les trois premières études examineront les performances en reconnaissance et la contribution des processus de « recollection » et de familiarité, notamment dans le vieillissement et dans l'amnésie. La quatrième étude abordera l'effet de lésions frontales sur les processus impliqués dans une tâche de

reconnaissance. Enfin, dans les deux dernières études, nous explorerons le fonctionnement de la mémoire du contexte temporel, en étudiant la nature des difficultés rencontrées par des personnes âgées dans une tâche évaluant la mémoire pour l'information temporelle.

Enfin, nous mettrons l'ensemble de ces résultats en perspective dans une **discussion générale**.

# **PARTIE THEORIQUE**



# Chapitre 1

## La mémoire épisodique dans ses relations avec les autres systèmes de mémoire

Le terme de *mémoire épisodique* désigne l'ensemble des processus qui nous permettent de nous souvenir et de prendre conscience des événements que nous avons personnellement vécus dans un contexte spatial et temporel précis (Tulving, 1972, 1983). En l'absence de mémoire épisodique, les événements qui constituent notre vie se succèderaient et disparaîtraient de notre conscience, sans qu'il soit possible de nous en souvenir dans toute leur richesse. De même, si quelqu'un nous racontait un événement dans lequel nous avons été impliqué, cette description nous paraîtrait étrangère, car elle n'évoquerait aucun sentiment de vécu. L'oubli à mesure des épisodes vécus est précisément ce qui caractérise le syndrome amnésique. Survenant à la suite de lésions cérébrales touchant le lobe temporal interne, le diencephale ou les régions basales sous-frontales (« basal forebrain »), le syndrome amnésique est généralement défini par une incapacité à acquérir de nouvelles informations en mémoire (amnésie antérograde) et par un trouble affectant la récupération d'informations acquises avant l'installation de la lésion (amnésie rétrograde). Ces difficultés mnésiques existent en dépit d'un niveau intellectuel qui reste équivalent au niveau prémorbide et en l'absence de difficultés dans des tâches perceptives, motrices, langagières, et de mémoire de travail (Parkin, 1997a ; Parkin & Leng, 1993 ; Shallice, 1988).

Dans ce chapitre, nous décrivons tout d'abord certaines des conceptions théoriques actuelles de la mémoire (y compris la mémoire épisodique), et en

particulier les modèles décrivant l'organisation de la mémoire en systèmes multiples ainsi que la conception constructiviste de la mémoire. Dans la seconde partie de ce chapitre, nous présenterons les différentes tâches classiquement utilisées pour évaluer la mémoire épisodique. Les tâches de reconnaissance retiendront plus particulièrement notre attention car elles sont au cœur du débat concernant les relations qu'entretiennent les différents systèmes de mémoire, et notamment les relations entre la mémoire épisodique et la mémoire sémantique. Différentes sections seront ainsi consacrées aux interprétations théoriques de la reconnaissance, aux différentes mesures des processus sous-tendant la performance de reconnaissance, aux relations existant entre ces processus, ainsi qu'à leur nature exacte et à leurs propriétés temporelles.

## **1. LA CONCEPTION DES SYSTEMES DE MEMOIRE MULTIPLES**

L'exploration neuropsychologique de patients présentant un syndrome amnésique a permis de montrer que les performances mnésiques de ces patients n'étaient pas affectées de la même façon pour toutes les tâches de mémoire. En effet, en dépit d'une amnésie antérograde se manifestant par des performances très déficitaires dans des tâches de mémoire explicite (comme les tâches de rappel libre) qui exige une récupération consciente de l'épisode d'apprentissage, les patients amnésiques montrent des capacités mnésiques préservées dans différents domaines. Ainsi, ces patients sont capables d'acquérir normalement de nouvelles habiletés perceptives et motrices et même dans certains cas, d'apprendre des habiletés cognitives complexes (pour une revue, voir Dunn, 1998). De même, de nombreuses études ont observé que les patients amnésiques obtenaient des performances normales dans des tests d'amorçage perceptif dans lesquels la mémoire des patients s'exprime par une facilitation de la performance qui ne nécessite pas la récupération consciente d'une expérience antérieure d'apprentissage (voir par exemple Hamann & Squire, 1997).

L'existence de dissociations chez l'amnésique entre des déficits dans certaines tâches et des capacités préservées dans d'autres tâches a contribué au développement de conceptions théoriques qui partagent toutes, en dépit de leurs différences, le point de vue selon lequel la mémoire se compose de plusieurs systèmes indépendants, quoiqu'en interaction étroite (Cohen & Squire, 1980 ; Schacter & Tulving, 1994 ; Schacter, Wagner, & Buckner, 2000 ; Squire, 1994 ;

Squire & Knowlton, 1995 ; Tulving, 1983, 1995). Par ailleurs, malgré des divergences concernant les relations qu'entretiennent les différents systèmes mnésiques ainsi que les systèmes qui sont spécifiquement affectés dans l'amnésie, ces conceptions (voir par exemple, Schacter et al., 2000 ; Squire, 1992, 1994 ; Tulving, 1995) s'accordent pour distinguer cinq systèmes principaux de mémoire : un système de mémoire de travail et quatre systèmes de mémoire à long terme (la mémoire procédurale, le système de représentation perceptive, la mémoire sémantique, et la mémoire épisodique). La **mémoire de travail** a pour fonction de maintenir temporairement une petite quantité d'information, sous un format facilement accessible, pendant la réalisation de tâches cognitives diverses (de raisonnement, de compréhension, de résolution de problèmes, etc.). La **mémoire procédurale** est impliquée dans l'apprentissage graduel d'habiletés perceptivo-motrices et cognitives et dans le conditionnement. Il s'agit d'un système dont les opérations s'expriment essentiellement sous la forme d'actions. Le **système de représentation perceptive** (avec ses différents sous-systèmes spécifiques à un domaine et à une modalité perceptive) a pour rôle l'acquisition et le maintien de la connaissance relative à la forme et à la structure des mots (en présentation visuelle ou auditive), des objets, des visages, etc., mais pas des propriétés sémantiques de ces stimuli. La **mémoire sémantique** rend possible l'acquisition et la rétention de connaissances générales (factuelles) sur le monde. Enfin, la **mémoire épisodique** permet de se souvenir et de prendre conscience des événements qui ont été personnellement vécus dans un contexte spatial et temporel particulier.

Dans ce contexte théorique, l'amorçage perceptif préservé dans l'amnésie est considéré comme un phénomène de nature pré-sémantique. Il serait sous la dépendance du système de représentation perceptive dont la fonction est d'améliorer la capacité d'identifier perceptivement un stimulus. Par contre, la mémoire explicite pour un stimulus nécessite l'intervention d'un système mnésique supplémentaire (la mémoire épisodique), utilisant les élaborations sémantiques et les associations entre un item et son contexte spatio-temporel. De façon similaire, le maintien des capacités d'apprentissage d'habiletés chez le patient amnésique est interprété en suggérant que la mémoire procédurale n'est pas affectée par la lésion cérébrale qui a conduit à l'amnésie.

### ***Le modèle SPI de Tulving***

Tulving (1995, 2001 ; Tulving & Markowitsch, 1998) a récemment proposé un modèle (le modèle SPI : Sériel/Parallèle/Indépendant) décrivant les relations entre le système de représentation perceptive, la mémoire sémantique, la mémoire de travail, et la mémoire épisodique. Selon ce modèle, l'encodage dans les différents systèmes de mémoire est **sériel** (S) au sens où l'« output » d'un système devient l'« input » du système suivant. Par exemple, la mémorisation d'une phrase présentée par écrit passe tout d'abord par le système de représentation perceptive (dans lequel la forme visuelle des mots est activée), puis par la mémoire sémantique (qui traite la signification des mots et les relations qu'ils ont entre eux), ensuite par la mémoire de travail (dans laquelle s'effectue un travail d'élaboration ou de récapitulation), puis enfin dans la mémoire épisodique (qui établit les coordonnées spatio-temporelles de l'épisode). Le stockage est **parallèle** (P) dans la mesure où l'information laisse une trace dans chacun des systèmes qu'elle traverse. Enfin, la récupération est **indépendante** (I) suggérant que la trace laissée dans chacun des systèmes de mémoire peut être récupérée de façon indépendante.

Dans ce cadre théorique, le système mnésique principalement perturbé dans l'amnésie serait la mémoire épisodique (Tulving, 2002). De plus, le modèle SPI prédit que, malgré un déficit majeur de mémoire épisodique, les patients amnésiques resteraient capables d'encoder de nouvelles informations dans les autres systèmes mnésiques, et plus particulièrement d'apprendre de nouvelles informations sémantiques. En effet, selon le principe d'encodage sériel, l'acquisition d'informations dans un système reste possible même si le système qui le suit est altéré. En revanche, l'inverse n'est pas possible : si un système précoce est atteint, aucune information ne pourra être encodée dans les systèmes qui le suivent. Il ne devrait dès lors pas être possible de trouver un patient cérébro-lésé qui est incapable d'apprendre de nouvelles informations sémantiques mais qui peut encoder des informations relatives à des événements personnellement vécus.

Ainsi, tout en considérant que la mémoire sémantique et la mémoire épisodique sont deux systèmes distincts, le modèle SPI conçoit la relation entre ces deux systèmes comme une relation « d'imbrication » (« embeddedness ») : l'encodage en mémoire épisodique dépend de l'encodage en mémoire sémantique.



Par contre, puisque le modèle SPI postule que la récupération dans les différents systèmes de mémoire s'effectue de manière indépendante, un patient amnésique ayant un déficit touchant la mémoire épisodique devrait être capable de récupérer des informations sémantiques acquises avant l'installation de la lésion. De même, une lésion sélective de la mémoire sémantique ne devrait pas affecter la récupération d'informations épisodiques prémorbides. Il serait donc possible d'observer des doubles dissociations entre la performance à des tâches qui nécessitent de récupérer des informations préalablement stockées dans des systèmes mnésiques différents.

En outre, Tulving et ses collègues (Tulving, 2001 ; Tulving & Markowitsch, 1998 ; Wheeler, Stuss, & Tulving, 1997) ont tenté de mieux caractériser les systèmes de mémoire épisodique et sémantique. Pour ces auteurs, même si les deux systèmes sont distincts, ils possèdent un grand nombre de caractéristiques en commun. Ce sont deux systèmes vastes, complexes, structurés et de capacité de stockage illimitée. De plus, les processus impliqués dans l'encodage de l'information sont très similaires pour les deux systèmes. Dans les deux cas, l'information peut être acquise à travers différentes modalités sensorielles ou être générée par l'individu lui-même. Cette acquisition peut être très rapide (souvent, une seule confrontation avec un événement ou un fait suffit pour qu'il soit encodé et stocké). L'accès aux informations dans les deux systèmes est flexible (une variété d'indices ou de voies de récupération peuvent permettre cet accès), mais tous deux obéissent au principe de spécificité d'encodage (Tulving, 1983 ; Tulving & Thomson, 1973), selon lequel un indice de récupération ne sera réellement efficace que s'il a été traité lors de l'encodage. Enfin, il s'agit de deux systèmes cognitifs, dans le sens où le résultat de la récupération dans ces systèmes peut être exprimé de manière symbolique au moyen du langage ou de productions graphiques. Cette expression « publique » est néanmoins optionnelle ; en effet, nous pouvons simplement *penser* à un souvenir que nous aurions récupéré en mémoire épisodique (penser à un incident survenu le week-end précédent, par exemple) ou en mémoire sémantique (par exemple, réfléchir au contenu d'un livre).

Tulving et Markowitsch (1998) ont suggéré de regrouper les caractéristiques et les propriétés communes à la mémoire sémantique et la mémoire épisodique sous le terme de « mémoire déclarative ». Selon eux, le terme de « mémoire

sémantique » ne devrait être utilisé que pour désigner les aspects langagiers de la mémoire déclarative. La mémoire épisodique posséderait par ailleurs des propriétés supplémentaires qui la distinguent de la mémoire déclarative. Ces différences résident principalement dans la fonction des deux systèmes et dans l'état de conscience qui accompagne la récupération d'une information. La mémoire déclarative est dédiée à l'acquisition et à l'utilisation de connaissances sur le monde et sur les conduites à adopter dans une situation donnée (par exemple, ce qu'il faut faire lorsqu'on va au restaurant). Quant à la mémoire épisodique, sa fonction porte sur la récupération consciente des expériences passées d'événements et de situations. Contrairement aux autres systèmes de mémoire qui sont orientés vers le présent, la mémoire épisodique permet de voyager mentalement dans le temps, c'est-à-dire revivre les expériences passées et se projeter dans le futur, au travers d'un état de conscience appelé la conscience autoéotique (voir Wheeler et al., 1997). La mémoire déclarative, quant à elle, implique une forme de conscience appelée noétique, associée au sentiment de savoir objectivement quelque chose (un fait sur le monde ou sur nous-mêmes ; Tulving, 1989 ; Tulving & Markowitsch, 1998 ; Wheeler et al., 1997)<sup>1</sup>.

D'un point de vue neuroanatomique, la mémoire épisodique comme la mémoire déclarative dépendent des structures du lobe temporal interne et des

---

<sup>1</sup> Récemment, Conway (2001) a également proposé une révision du concept de mémoire épisodique. Il considère que la mémoire épisodique est un système qui contient les détails sensoriels et perceptifs spécifiques aux expériences récentes ayant duré relativement peu de temps (quelques minutes ou heures). Ces souvenirs épisodiques s'effacent rapidement, à moins qu'ils ne soient intégrés aux structures permanentes de connaissances en mémoire autobiographique. Des groupes de souvenirs épisodiques et les abstractions que l'on en tire, associés aux attitudes et croyances personnelles, constituent les connaissances autobiographiques conceptuelles, lesquelles forment la base du « self ». Ces connaissances nous permettraient de garder la trace des buts qui ont été atteints et de ceux qu'il faut encore réaliser. Selon un degré d'abstraction décroissant, on peut distinguer trois types de connaissances autobiographiques : les connaissances concernant des périodes de vie (par exemple, « quand j'étais à l'université X »), les connaissances concernant des événements généraux (par exemple, le souvenir des réunions organisées à l'université le jeudi en fin de matinée) et enfin les souvenirs épisodiques sensoriels et perceptifs (le souvenir d'une réunion particulière durant laquelle un débat animé a émergé concernant la distinction épisodique/sémantique). Lorsque nous essayons de récupérer de manière active un souvenir autobiographique, les aspects épisodiques, sensoriels et perceptifs, qui font partie de ce souvenir reconstruit vont donner lieu au sentiment de « revivre » l'événement passé. Ce sentiment servira à nous indiquer qu'il s'agit bien d'un événement vécu dans le passé, et pas du fruit de l'imagination.

structures diencephaliques. Toutefois, Tulving et Markowitsch (1998) suggèrent que l'hippocampe est nécessaire pour la mémoire épisodique, mais pas pour la mémoire déclarative. De plus, la mémoire épisodique dépend également des lobes frontaux. En particulier, les régions préfrontales seraient impliquées dans la conscience autoévaluative (Wheeler et al., 1997).

***Proposition de révision du modèle SPI (Graham, Simons, Pratt, Patterson, & Hodges, 2000)***

Graham, Simons, Pratt, Patterson et Hodges (2000, voir aussi Simons, Graham, Galton, Patterson, & Hodges, 2001) ont rapporté des données qui contredisent la prédiction du modèle SPI selon laquelle l'encodage en mémoire épisodique requiert un encodage préalable en mémoire sémantique. En effet, ces auteurs ont montré que des patients souffrant de démence sémantique (un trouble caractérisé par une altération progressive et initialement sélective de la mémoire sémantique) restaient capables, dans certaines conditions, d'apprendre de nouvelles informations épisodiques. Plus précisément, Graham et al. (2000) ont examiné les performances mnésiques de patients présentant une démence sémantique dans une tâche de reconnaissance à choix forcé d'images d'objets. Lors de la phase de test, les participants devaient choisir parmi trois objets, comprenant l'objet cible et deux nouveaux objets sémantiquement reliés, celui qui avait été présenté. Dans une première condition, les images des objets cibles étaient identiques à celles de la phase d'étude (les objets étaient donc identiques au plan perceptif). Dans une deuxième condition, les cibles étaient des images représentant les objets étudiés, mais qui différaient au plan perceptif (par exemple, si l'image d'un téléphone à cadran avait été étudié, une image de téléphone à touches était utilisée lors du test). Les résultats ont montré que les patients n'avaient des performances déficitaires en reconnaissance que lorsque les items cibles étaient remplacés durant la phase de test par des exemplaires différents sur le plan perceptif. Dans cette condition, les participants ne peuvent utiliser les informations perceptives qu'ils ont encodées et doivent donc récupérer les informations sémantiques relatives aux items cibles pour pouvoir discriminer les items vus des nouveaux items. Or, en raison de leur déficit de mémoire sémantique, les patients avec démence sémantique n'ont pu encoder une représentation conceptuelle des objets et sont donc incapables d'identifier l'objet étudié parmi des distracteurs

sémantiquement proches. Par contre, le fait que les patients obtenaient des performances relativement préservées en reconnaissance dans la condition où les items cibles étaient identiques à ceux présentés lors de la phase d'étude suggère une préservation de la mémoire épisodique. Des résultats similaires ont été obtenus par Simons et al. (2001) dans un travail ayant exploré les capacités de reconnaissance de visages chez des patients avec démence sémantique. Ainsi, les auteurs ont notamment montré que deux patients avec démence sémantique obtenaient de bonnes performances dans une tâche de reconnaissance de visages célèbres lorsque la même photographie était utilisée durant les phases d'étude et de test, et ce même s'ils étaient incapables de fournir des informations sémantiques concernant les personnages représentés sur les photographies. Par contre, ils manifestaient d'importantes difficultés à reconnaître les visages lorsque des photographies différentes de la même personne étaient utilisées durant les phases d'étude et de test.

Afin de rendre compte de ces données qui paraissent contredire le modèle SPI de Tulving (1995), Graham et al. (2000) ont proposé de modifier ce modèle. Dans ce modèle révisé, des informations provenant du système de représentation perceptive peuvent aboutir directement en mémoire épisodique, et peuvent ainsi contribuer, en conjonction avec les connaissances issues de la mémoire sémantique, à de nouveaux apprentissages épisodiques. Cependant, selon Tulving (2001), les données obtenues par Graham et al. (2000) et Simons et al. (2001) n'invalident pas réellement le modèle SPI. En effet, il considère que les résultats de Simons et al. (2001) sont difficiles à interpréter du fait de l'existence d'effets-plafond chez les participants normaux. Par ailleurs, il indique que la bonne performance observée chez les patients avec démence sémantique dans une tâche de reconnaissance n'est pas nécessairement l'expression de la mémoire épisodique, mais qu'elle pourrait être liée à l'utilisation de la mémoire perceptive (c'est-à-dire du système de représentation perceptive).

### ***Le modèle de Squire***

Une autre conception influente de l'organisation de la mémoire a été proposée par Squire et ses collaborateurs (Squire & Zola, 1996, 1998). Ces auteurs suggèrent que les tâches pour lesquelles les amnésiques sont déficitaires dépendent d'un système de mémoire déclarative, alors que les tâches réussies par les amnésiques

reflètent l'action d'un système non déclaratif. La mémoire déclarative a pour fonction de stocker les informations concernant les faits (informations sémantiques) et les événements (informations épisodiques). La mémoire non déclarative se décompose quant à elle en différents sous-systèmes qui sous-tendraient notamment l'amorçage perceptif et l'apprentissage d'habiletés.

Selon Squire et Zola (1998), la mémoire épisodique et la mémoire sémantique constituent donc deux sous-systèmes parallèles de la mémoire déclarative, qui peuvent être différenciés en fonction du type d'information qu'ils sont amenés à traiter (les événements personnels et les faits généraux). Par ailleurs, ils considèrent que la mémoire épisodique constitue une voie d'entrée vers la mémoire sémantique : une nouvelle information est toujours acquise sous la forme d'un épisode, mais peut être représentée en mémoire sémantique (c'est-à-dire abstraite de son contexte d'origine) par la répétition d'épisodes comportant des caractéristiques similaires. En outre, la mémoire épisodique et la mémoire sémantique dépendent toutes deux de l'intégrité des lobes temporaux internes ainsi que des structures diencephaliques, mais la mémoire épisodique dépend en plus des régions préfrontales. Dans cette perspective, tant la mémoire épisodique que la mémoire sémantique seront perturbées à la suite de lésions touchant les lobes temporaux internes et les régions diencephaliques. Par contre, l'acquisition rapide de nouvelles connaissances sémantiques devrait être possible uniquement chez les patients dont le déficit de mémoire épisodique est la conséquence d'un dysfonctionnement frontal. En outre, même en présence d'une lésion temporale interne ou diencephalique, il serait possible d'acquérir lentement et sous une forme appauvrie une nouvelle connaissance sémantique, en considérant qu'au travers de nombreuses répétitions et ré-expositions, l'information factuelle est intégrée au sein des représentations néocorticales.

Ainsi, contrairement au modèle SPI de Tulving (1995), le modèle de Squire prédit qu'un patient amnésique devrait montrer un trouble tant dans l'acquisition d'épisodes que d'informations factuelles (sémantiques). Même si le modèle prévoit la possibilité d'un certain degré d'apprentissage sémantique chez les patients amnésiques, cet apprentissage ne sera jamais réellement normal. Par ailleurs, la récupération d'informations épisodiques et sémantiques préalablement acquises devrait être perturbée de la même manière dans l'amnésie.

En conclusion, parmi les théories qui postulent l'existence de systèmes de mémoire multiples, plusieurs modèles envisagent de manière différente les relations entre les systèmes de mémoire, et en particulier entre la mémoire épisodique et la mémoire sémantique. Tout d'abord, le modèle SPI proposé par Tulving considère que la mémoire épisodique et la mémoire sémantique, bien que possédant un certain nombre de caractéristiques et de propriétés communes, sont fonctionnellement distinctes. Toutes deux dépendraient des structures du lobe temporal interne et du diencephale, mais l'hippocampe ne serait indispensable que pour la mémoire épisodique, laquelle recruterait également les régions frontales. De plus, les deux systèmes sont reliés par une relation qualifiée d'imbrication, dans le sens où l'information doit nécessairement être encodée en mémoire sémantique avant d'arriver en mémoire épisodique. Récemment, Graham et al. (2000) ont proposé une révision du modèle SPI, dans laquelle un certain degré d'apprentissage en mémoire épisodique reste possible en cas d'altération de la mémoire sémantique, grâce à un passage direct des informations de nature perceptive (système de représentation perceptive) vers la mémoire épisodique. Enfin, le modèle de Squire distingue deux grands systèmes mnésiques : la mémoire non déclarative et la mémoire déclarative. La mémoire épisodique et la mémoire sémantique sont les deux composantes de la mémoire déclarative. Ces deux systèmes dépendraient du lobe temporal interne et du diencephale, et seraient altérés tous les deux de la même manière dans l'amnésie. De plus, ce modèle propose que l'intégrité de la mémoire épisodique est nécessaire pour l'acquisition normale de souvenirs sémantiques.

## 2. LA CONCEPTION UNITAIRE DE LA MEMOIRE

Il existe une conception qui s'oppose à la conception des systèmes multiples. Il s'agit de la conception unitaire de la mémoire (Jacoby, 1983, 1991 ; Roediger, Buckner, & McDermott, 1999 ; Roediger, Gallo, & Geraci, 2002 ; Roediger, Weldon, & Challis, 1989) selon laquelle les dissociations observées entre les tests de mémoire explicite et les tests de mémoire implicite dans l'amnésie ne reflètent pas l'intervention de systèmes différents, mais plutôt de processus différents au sein d'un système unique de mémoire.

Dans le modèle du traitement adapté au transfert (« transfer-appropriate processing »), Roediger et al. (1989, 2002) proposent qu'un test de mémoire sera

d'autant mieux réussi que les opérations qu'il requiert correspondent aux opérations effectuées lors de l'encodage. Selon ces auteurs, les dissociations observées entre des tests de mémoire explicites et implicites seraient dues au fait que la plupart des tests de mémoire explicites et implicites dépendent de processus différents. Roediger et al. (1989) distinguent deux grands types de processus : les processus perceptifs, dirigés par les données (« data-driven ») et les processus dirigés par les concepts (« conceptually driven »). Ils postulent que la plupart des tâches de mémoire implicite dépendraient de processus dirigés par les informations perceptives contenues dans le stimulus (« data-driven »). Par contre, la plupart des tâches de mémoire explicite dépendraient plutôt des processus dirigés par les concepts, qui font intervenir des traitements sémantiques élaborés. Selon ce modèle, c'est la concordance entre les processus engagés lors de l'encodage et les processus engagés lors de la récupération qui détermine la performance mnésique.

Par ailleurs, Jacoby (1983, 1991) suggère que les tâches de mémoire implicites et explicites reposent toutes sur la récupération du souvenir épisodique de l'événement. En outre, il propose de distinguer la contribution de processus de récupération automatiques (non-intentionnels, non-conscients et requérant peu ou pas de ressources de traitement) et la contribution de processus de récupération contrôlés (intentionnels, conscients et « effortful ») à la performance mnésique. Plus spécifiquement, selon Jacoby, chaque tâche mnésique fait intervenir des degrés variés de processus de récupération automatiques et contrôlés, de sorte qu'aucune tâche ne peut être considérée comme « pure ». La performance dans les tâches de mémoire implicites dépendrait principalement de processus automatiques de récupération, mais elle peut aussi être « contaminée » par l'intervention de processus contrôlés. La performance dans les tâches de mémoire explicite serait principalement sous-tendue par des processus contrôlés permettant la récupération du contexte dans lequel l'événement a été encodé, mais des processus de récupération automatiques peuvent aussi intervenir.

### **3. LA CONCEPTION CONSTRUCTIVISTE DE LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE**

Plusieurs auteurs ont proposé une conception constructiviste de la mémoire épisodique selon laquelle la récupération du souvenir d'un événement personnellement vécu résulte d'un processus complexe et dynamique de (re-) construction du souvenir, dont l'efficacité dépend pour une part de la qualité des opérations conduites durant les phases d'encodage et de consolidation de la trace de l'événement en mémoire (Johnson, Hashtroudi, & Lindsay, 1993 ; McClelland, McNaughton, & O'Reilly, 1995 ; Moscovitch, 1989, 1992 ; Schacter, Norman, & Koutstaal, 1998). Dans certains cas, ce processus de (re-) construction peut conduire à la production de faux souvenirs ou de distorsions mnésiques.

#### **3.1 Les opérations d'encodage**

La représentation d'un épisode est constituée d'un ensemble de traits qui représentent différentes facettes d'un événement : les informations relatives aux attributs physiques des stimuli (par exemple, les couleurs, les odeurs, les sons), l'interprétation ou l'évaluation sémantique de ces informations perceptives, les composantes affectives (telles que les réactions émotionnelles), le contexte spatial et temporel dans lequel se produit l'événement, ainsi que les actions entreprises en réponse à ces différents types d'informations (Johnson et al., 1993 ; Mitchell & Johnson, 2000 ; Moscovitch, 1992, 1994). Plus généralement, deux aspects principaux d'un souvenir épisodique doivent être distingués : l'événement lui-même (ou information-cible) et sa source, laquelle désigne un « ensemble de caractéristiques qui spécifient les conditions dans lesquelles le souvenir a été acquis (par exemple, le contexte spatial, temporel et social de l'événement, la modalité et le média par lesquels il a été perçu) » (Johnson et al., 1993, p.3).

Ces traits constitutifs de la représentation mnésique sont largement distribués dans différentes parties du cerveau, de sorte qu'aucune région ne contient un enregistrement complet de la trace d'une expérience spécifique. Il est donc important de lier tous ces traits en une représentation cohérente. Par ailleurs, comme il arrive souvent que nous vivions des événements très similaires, qui se distinguent surtout par les circonstances qui les entourent (par exemple, aller voir le film « Amadeus » deux fois d'affilée, mais avec des personnes différentes),



chaque représentation d'un épisode doit être unique et distincte des représentations relatives à des événements proches.

Plusieurs mécanismes contribuent à l'encodage d'un épisode. Tout d'abord, il faut sélectionner les caractéristiques des événements qui seront représentées dans la trace mnésique. Ce mécanisme de sélection peut agir de manière automatique, comme le suggère le fait que nous soyons capables de nous souvenir d'épisodes complexes même si nous ne les avons pas explicitement mémorisés. Selon Moscovitch (1992), le simple fait de prêter attention à une information suffit pour que nous l'encodions automatiquement. Néanmoins, il est également possible de sélectionner stratégiquement le type d'information à encoder. Par exemple, suite à des consignes d'encodage intentionnel (c'est-à-dire qui demandent au participant de se préparer pour une tâche de mémoire future), la personne essaiera de mémoriser les différents éléments qui sont pertinents pour la tâche mnésique spécifique à laquelle elle sera ultérieurement soumise .

Par ailleurs, selon le *modèle des niveaux de traitement*, une information sera d'autant mieux mémorisée et aura plus de chance d'être récupérée par la suite si elle a été traitée de manière **profonde** et **élaborée** au moment de l'encodage ( Craik, 2002 ; Craik & Lockhart, 1972 ; Lockhart & Craik, 1990). La profondeur du traitement à l'encodage fait référence au type de traitement effectué sur le stimulus. Pour Craik (2002), un traitement profond implique une analyse sémantique du stimulus (c'est-à-dire accéder à sa signification, ou le mettre en relation avec d'autres informations stockées en mémoire), tandis qu'un traitement plus superficiel consiste à analyser les caractéristiques de surface du stimulus (telles que sa couleur ou sa forme). Quant à l'élaboration du traitement, elle désigne la richesse d'un type de traitement particulier. Si une trace mnésique est richement élaborée, elle devrait se distinguer d'autant mieux des autres traces mnésiques et, en outre, elle devrait être mieux intégrée dans le réseau de connaissances existantes (Craik, 2002). Cependant, l'efficacité de la récupération dépend aussi de façon cruciale de la compatibilité entre l'information qui a été encodée (c'est-à-dire l'information contenue dans la trace mnésique) et les exigences de la situation de récupération. Cette idée renvoie au concept de traitement approprié au transfert proposé initialement par Morris, Bransford et Franks (1977 ; voir également Roediger et al., 1989). Ainsi, Morris et al. (1977) ont montré qu'un encodage phonologique (« superficiel » ; dire si un mot rime avec un

autre) conduit à de meilleures performances dans une tâche de reconnaissance de rimes (indiquer si le mot testé rime avec un mot présenté lors de la phase d'étude) qu'un encodage sémantique (« profond » ; juger si un mot est approprié dans le contexte d'une phrase). Néanmoins, Craik (2002) et Lockhart (2002) soulignent tous deux que, dans l'étude de Morris et al. (1977), la combinaison d'un encodage sémantique et d'un test de récupération sémantique conduit à de meilleures performances de reconnaissance que la combinaison d'un encodage phonologique et d'un test de récupération phonologique.

Enfin, les différents traits qui constituent un épisode doivent être liés de manière à former une représentation cohérente, unie (McClelland et al., 1995 ; Johnson et al., 1993). Ce processus de **liaison** (« binding ») est fondamental pour un encodage efficace. En effet, si les traits qui constituent la source d'un événement ne sont pas liés à cet événement, il sera uniquement possible de récupérer des fragments de l'épisode. Par exemple, nous pourrions nous souvenir de l'événement lui-même, mais être incapables de nous remémorer quand et où cet événement s'est produit (Johnson et al., 1993). De plus, selon McClelland et al., (1995), un mécanisme de **séparation de pattern** est indispensable afin de garder les représentations des épisodes séparées les unes des autres. Si les représentations mnésiques de plusieurs épisodes se recouvraient fortement, nous serions capables de nous souvenir des caractéristiques générales communes à ces épisodes, mais nous serions incapables de récupérer les informations spécifiques à un épisode.

En bref, les différents processus qui contribuent à un encodage efficace sont (1) la sélection des caractéristiques à encoder et la séparation de patterns de sorte que deux épisodes similaires aient des représentations différentes en mémoire, (2) l'élaboration des représentations mnésiques en référence aux informations déjà contenues en mémoire, notamment les informations sémantiques, et (3) la liaison (« binding ») des différents aspects de l'épisode en une trace mnésique cohérente.

### 3.2 Processus de consolidation

Plusieurs modèles (notamment connexionnistes) de la mémoire développés dès le milieu des années nonante postulent que la consolidation d'un souvenir, c'est-à-dire la formation d'une trace mnésique durable, implique deux processus distincts,

reposant sur des structures cérébrales différentes mais en interaction étroite : un processus d'apprentissage très rapide et un processus graduel, plus lent, responsable du stockage à long terme des épisodes (Alvarez & Squire, 1994 ; McClelland et al., 1995 ; Murre, 1997 ; O'Reilly & Rudy, 2001). Bien que ces modèles diffèrent sur certains aspects, notamment par rapport aux structures cérébrales impliquées dans le processus d'apprentissage rapide, les principes généraux qu'ils proposent concernant le stockage à long terme sont assez similaires. Selon ces principes, lors de son apparition, un épisode est représenté par des activations de groupes de neurones dispersés dans plusieurs régions néocorticales. Une seule confrontation avec cet épisode (c'est-à-dire la simple co-occurrence des différents aspects de l'épisode) n'est cependant pas suffisante pour que les différentes représentations corticales soient liées entre elles afin de créer un souvenir épisodique cohérent. Un apprentissage rapide, après une seule apparition de l'épisode, est néanmoins possible via les structures du lobe temporal interne –le lobe temporal interne dans son entièreté pour Alvarez et Squire (1994) ou plus spécifiquement l'hippocampe pour McClelland et al. (1995). En fait, les différentes activations néocorticales correspondant à un épisode donné seraient condensées en une représentation hippocampique (ou temporale interne). Cependant, pour que la représentation de cet épisode soit consolidée au sein du néocortex, il est nécessaire que la trace mnésique soit réactivée plusieurs fois. Cette réactivation s'effectuerait à partir d'un mécanisme de **complètement de pattern** (McClelland et al., 1995) qui permet de réactiver la représentation de l'épisode dans sa totalité sur base d'un indice constitué d'une partie seulement des informations contenues dans la trace mnésique. Plus spécifiquement, lorsque cet indice est présenté, il active les unités correspondantes dans la représentation condensée (hippocampique ou plus largement temporale interne) et cette activation se propage à l'ensemble du pattern de sorte que le souvenir est récupéré dans son entièreté. Chaque fois que la représentation de l'épisode est réactivée via la représentation condensée (hippocampique ou temporale interne), les connections bidirectionnelles qui existent entre l'hippocampe (ou le lobe temporal interne) et les régions néocorticales permettent la réinstallation des patterns d'activations corticales. Ainsi, progressivement, les connections qui unissent les différentes composantes de la représentation néocorticale de l'épisode se renforceront. Enfin, lorsque la représentation corticale de l'épisode est consolidée formant ainsi une trace durable et cohérente, la représentation

condensée (hippocampique ou temporelle interne) cesse de jouer un rôle critique dans le maintien de la trace et est libérée pour la création de nouvelles traces mnésiques.

Il faut cependant signaler que Nadel et Moscovitch (1997, 1998, voir aussi Fujii, Moscovitch, & Nadel, 2000) contestent l'existence d'un processus de consolidation à long terme qui se produirait en dehors de l'hippocampe. Selon le modèle des traces multiples élaboré par ces auteurs, les neurones hippocampiques contribuent à la trace mnésique épisodique aussi longtemps qu'elle existe. De manière plus précise, le complexe hippocampique (incluant l'hippocampe et les cortex adjacents) et les structures diencephaliques reliées encodent automatiquement toutes les informations appréhendées consciemment en formant une trace mnésique qui relie les différentes composantes de l'épisode (elles-mêmes représentées dans les régions néocorticales). La récupération de l'épisode nécessite la réactivation de cette trace mnésique cohérente, stockée dans le complexe hippocampique, et cela aussi longtemps qu'elle subsiste. Par ailleurs, chaque fois que la trace d'un épisode est réactivée, le complexe hippocampique encode automatiquement cette réactivation dans une nouvelle trace, de sorte que plusieurs traces existeront pour un épisode original donné. Ainsi, plus un souvenir est ancien, plus il est susceptible de posséder plusieurs traces mnésiques dans le complexe hippocampique.

### 3.3 Processus de récupération

La conception constructiviste de la mémoire épisodique distingue deux types de processus de récupération : les processus de récupération associatifs et les processus de récupération stratégiques (Johnson et al., 1993 ; Moscovitch, 1992).

Les **processus de récupération associatifs** impliquent qu'un indice de récupération interagit automatiquement avec l'information stockée en mémoire de sorte que le souvenir recherché est directement activé. Cet indice de récupération doit contenir un nombre suffisant d'informations communes avec une trace mnésique spécifique pour pouvoir déclencher sa réactivation, selon le principe de spécificité d'encodage proposé par Tulving (1983). Si l'indice de récupération est approprié, il activera un sous-ensemble de traits d'un épisode stocké et cette activation s'étendra au reste des traits constitutifs de cet épisode, permettant ainsi

la réactivation de la trace mnésique entière via le processus de complètement de pattern (McClelland et al., 1995). Ce type d'interaction entre un indice et une trace mnésique, permettant à la trace mnésique d'être accessible à la conscience, a été appelé processus **ecphorique** (Tulving, 1983).

Cependant, il se peut parfois qu'aucun indice de récupération approprié ne soit directement disponible ou que les indices utilisés s'avèrent inefficaces car ils amènent à la récupération d'épisodes stockés en mémoire différents de celui qui est recherché. Dans ces situations, il est nécessaire de mettre en place des **processus de récupération stratégiques**, (Moscovitch & Melo, 1997 ; Norman & Bobrow, 1979 ; Norman & Schacter, 1996). L'objectif de ces processus stratégiques est de réinstaller le contexte de l'épisode afin de générer un indice de récupération approprié. Il s'agira pour ce faire, d'utiliser une connaissance générale et personnelle afin de contraindre la recherche en mémoire jusqu'à ce qu'un indice de récupération puisse être spécifié qui permettra de déclencher la récupération automatique d'un souvenir candidat. Par exemple, si vous devez vous souvenir de ce que vous avez fait le 15 juillet de l'année précédente, savoir que cette période de l'année correspond généralement au début des vacances et que l'année dernière, vous êtes partis en Suède, pourrait fournir suffisamment d'indices pour récupérer le souvenir précis du départ en voiture vers la Suède qui a eu lieu ce jour-là. En d'autres termes, il s'agit de former une **description** plus précise des caractéristiques de l'événement que l'on veut récupérer (Burgess & Shallice, 1996). Il est important que cette description soit **centrée** (Norman & Schacter, 1996), c'est-à-dire qu'elle contienne un nombre maximal de caractéristiques spécifiquement associées à la trace mnésique qui est recherchée. Si la description n'est pas suffisamment centrée, elle contiendra des informations qui sont communes à de nombreuses traces (informations générales), et elle entraînera ainsi la récupération d'informations qui n'appartiennent pas à l'épisode recherché.

Lorsque l'indice a été spécifié et que les processus automatiques ont amené à la récupération d'un souvenir, il s'agit ensuite de décider si l'information récupérée et donc accessible à la conscience correspond bien à l'épisode recherché et également si cette information correspond à un épisode réellement vécu ou plutôt à quelque chose qui a été lu ou entendu (les processus de contrôle de la source) ou encore à un rêve, un souhait, une pensée, ou tout autre produit de l'imagination (les processus de « contrôle de la réalité » ou « reality monitoring ») : c'est l'étape

de **vérification**. Cette phase de vérification implique la mise en place d'un **critère** qui permet d'évaluer la valeur diagnostique des informations perceptives, des détails sémantiques et des autres types d'informations (notamment, les informations affectives et les opérations cognitives engagées) associées à l'événement récupéré afin de déterminer son origine exacte (mécanisme d'**attribution de source**, Johnson et al., 1993 ; Mitchell & Johnson, 2000). Par exemple, si le souvenir récupéré contient beaucoup d'informations de nature perceptive et peu d'informations concernant des opérations cognitives effectuées, nous l'attribuerons à un événement vécu. A l'inverse, si l'information récupérée contient peu d'éléments contextuels, mais beaucoup d'informations sur les opérations cognitives réalisées, nous considérerons qu'il s'agit de quelque chose que nous avons imaginé<sup>2</sup>.

Enfin, si l'information récupérée est acceptée comme le souvenir d'un événement vécu, il faut également déterminer s'il s'agit de l'épisode qui était réellement recherché ou d'un autre épisode. Pour ce faire, l'information récupérée et la représentation que nous nous faisons de l'épisode recherché (la description de la trace) sont comparées. Si une incompatibilité apparaît (par exemple, si l'information récupérée ne possède pas certaines caractéristiques que nous nous attendons à trouver dans la représentation stockée, c'est-à-dire si elle ne correspond pas au critère établi), nous rejeterons l'information récupérée comme étant le souvenir recherché. Shallice (1988) suggère que les étapes de description de l'information à récupérer et de vérification de l'information récupérée dépendent de processus distincts et pourraient être indépendamment perturbées par une lésion cérébrale (en particulier frontale). Par contre, pour Norman et Schacter (1996), ces étapes ne peuvent être distinguées dans la mesure où le processus de description de la trace recherchée (qui implique de réinstaller le contexte le plus approprié possible permettant de déclencher la récupération d'un souvenir), le

---

<sup>2</sup> Selon Johnson et al. (1993), l'attribution de la source se ferait le plus souvent de manière rapide et avec peu de contrôle de la part de l'individu (de manière *heuristique*). Parfois, cependant, il peut être nécessaire de mettre en place des stratégies plus élaborées, comme par exemple évaluer la plausibilité que le souvenir récupéré corresponde à un événement vécu, utiliser les connaissances générales afin de confirmer ou d'infirmer l'origine supposée de ce qui est rappelé, ou rechercher davantage d'informations (processus *systématiques*). Par exemple, lorsqu'on vous demande où vous avez passé vos vacances l'été dernier, l'image d'une plage ensoleillée peut vous venir à l'esprit. Cependant, comme vous savez que vous n'êtes pas parti en vacances depuis plusieurs années, vous déduirez que l'image récupérée correspond plus vraisemblablement à un projet que vous aviez formulé.

processus de vérification (qui compare les informations disponibles sur l'information récupérée et les caractéristiques attendues de la trace recherchée) et le processus d'installation d'un critère de décision (qui détermine quelles sont les caractéristiques indiquant que le souvenir récupéré correspond bien à l'événement recherché) dépendent tous trois de la réinstallation du contexte associé à un épisode particulier<sup>3</sup>.

### **3.4 Les régions cérébrales impliquées dans l'encodage et la récupération d'informations en mémoire épisodique**

D'un point de vue neuroanatomique, ces différents processus permettant l'encodage, la consolidation, et la récupération d'informations en mémoire épisodique dépendent d'un vaste réseau cérébral (Cabeza & Nyberg, 2000). Cependant, deux régions cérébrales jouent un rôle particulièrement important: la face interne du lobe temporal et les régions frontales. Premièrement, les structures du lobe temporal interne, parmi lesquelles se trouve l'hippocampe, pourraient intervenir dans la constitution de la trace mnésique, et plus particulièrement dans le processus de liaison des différents traits qui constituent un épisode (« binding ») et dans le processus de séparation de pattern (McClelland et al., 1995 ; Squire & Alvarez, 1995), ainsi que dans la réactivation conjointe de ces traits, conduisant à la consolidation des souvenirs (McClelland et al., 1995 ; Moscovitch, 1992). Deuxièmement, les régions frontales contribueraient de façon essentielle aux aspects stratégiques de la récupération. Elles seraient responsables de la génération d'un indice de récupération qui permet d'activer les traces mnésiques et elles participeraient à l'attribution de l'information récupérée au contexte dans lequel il a été acquis (attribution de source, Johnson et al., 1993). Selon les termes de Schacter et al. (1998), les lobes frontaux interviendraient donc dans la description de l'événement recherché et dans les processus de vérification post-récupération. Moscovitch (1992, 1994) a qualifié les régions frontales de structures «travaillant avec la mémoire» (« working-with-memory ») afin de souligner le fait

---

<sup>3</sup> Pour Norman et Schacter (1996), différents types de troubles de la récupération épisodique pourraient être observés selon le degré d'altération des processus de récupération du contexte. Si les processus de récupération contextuelle ne sont pas complètement altérés et permettent de retrouver des informations dégradées, il en résultera une faible centration de la description des épisodes recherchés. Si, par contre, l'altération est complète, le participant sera incapable d'établir un critère pour discriminer les événements vécus des événements non vécus.

que les lobes frontaux n'encodent pas de représentation mnésique, mais ont plutôt un rôle organisateur, sous-tendant la sélection et la mise en œuvre de stratégies d'encodage et de récupération des épisodes et évaluant les informations récupérées.

#### 4. CONCLUSION

Selon la conception des systèmes de mémoire multiple, la mémoire épisodique est un système spécialisé dans l'encodage, le stockage et la récupération des événements personnellement vécus dans un contexte spatio-temporel particulier. Dans le cadre de cette conception, on distingue deux modèles principaux de l'organisation de la mémoire, qui envisagent de manière différente les relations entre la mémoire épisodique et la mémoire sémantique. D'une part, Tulving et ses collaborateurs (Tulving, 1983, 1989, 1995 ; Tulving & Markowitsch, 1998 ; Wheeler et al., 1997) considèrent que la mémoire épisodique et la mémoire sémantique, bien que possédant un certain nombre de caractéristiques et de propriétés communes, sont fonctionnellement distinctes. Ces deux systèmes dépendraient également de certaines structures cérébrales communes, mais l'hippocampe et les lobes frontaux seraient spécifiquement impliqués dans la mémoire épisodique. De plus, les deux systèmes sont reliés par une relation d'imbrication, dans le sens où l'information doit nécessairement être encodée en mémoire sémantique avant d'aboutir en mémoire épisodique. Ce modèle prédit donc qu'un patient amnésique pourrait acquérir de nouvelles connaissances sémantiques, en dépit d'un déficit sévère de la mémoire épisodique ; en revanche, un patient souffrant d'un trouble de la mémoire sémantique ne pourrait pas encoder de nouveaux épisodes. Graham et al. (2000) nuance toutefois cette proposition, en suggérant la possibilité d'un passage direct du système de représentation perceptive vers la mémoire épisodique, de sorte qu'un apprentissage de nouveaux épisodes serait possible sur base des informations perceptives aboutissant à la mémoire épisodique malgré une altération de la mémoire sémantique. D'autre part, Squire et ses collègues (Cohen & Squire, 1980 ; Squire & Knowlton, 1995 ; Squire & Zola, 1996, 1998) distinguent deux grands systèmes mnésiques : la mémoire non déclarative et la mémoire déclarative. La mémoire épisodique et la mémoire sémantique sont les deux composantes de la mémoire déclarative. Ces deux systèmes dépendraient du lobe temporal interne et du diencephale, et seraient altérés tous deux de la même



manière dans l'amnésie. De plus, ce modèle propose que l'intégrité de la mémoire épisodique est nécessaire pour l'acquisition de souvenirs sémantiques.

A l'inverse de cette conception multisystémique, certains auteurs suggèrent qu'il n'est pas nécessaire de postuler l'existence de systèmes mnésiques différents pour interpréter les dissociations observées entre les tâches de mémoire, notamment chez les patients amnésiques. Ils proposent plutôt que ces dissociations sont le reflet de l'intervention de processus différents.

Selon la conception constructiviste de la mémoire, encoder un épisode nécessite tout d'abord de lier les différents traits qui constituent l'épisode afin de former une trace cohérente. De plus, les processus de séparation des patterns correspondant à des épisodes similaires permettent d'éviter des confusions liées à un recouvrement trop important entre les traces mnésiques. Lors de la récupération, deux types de processus peuvent intervenir. Les processus associatifs activent automatiquement la trace en mémoire (qui devient ainsi accessible à la conscience) dès qu'il y a un recouvrement suffisant entre les indices de récupération et la trace mnésique. Les processus stratégiques ont pour fonction d'élaborer un indice de récupération à partir duquel les processus associatifs peuvent activer la trace correspondant à l'événement recherché. Plus précisément, les étapes de la récupération active d'un épisode sont les suivantes : formation d'une description suffisamment centrée (c'est-à-dire contenant le maximum de traits caractéristiques de l'épisode recherché), complètement du pattern (c'est-à-dire activation des autres traits qui constituent l'épisode recherché) et vérification/attribution de source (s'agit-il d'un souvenir réel ou de quelque chose que nous avons imaginé ; l'épisode récupéré est-il bien celui qui était recherché ?).

Les tenants de la conception constructiviste de la mémoire épisodique ont par ailleurs souligné le rôle crucial de deux structures cérébrales dans les opérations d'encodage et de récupération des souvenirs épisodiques : l'hippocampe et les régions frontales. Les hypothèses concernant le rôle spécifique des structures hippocampiques et des régions frontales dans la mémoire épisodique ainsi que les données d'imagerie relative à cette question seront présentées de façon détaillée dans les chapitres 2 et 3.

## 5. EVALUATION DE LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE

Les tâches standard destinées à évaluer la mémoire épisodique (les tâches de rappel libre, de rappel indicé et de reconnaissance) consistent en la présentation d'informations (par exemple, des mots, des images, des photos de visages) suivie d'une phase de récupération explicite, qui exige que l'individu récupère consciemment l'épisode d'apprentissage. Les tâches de reconnaissance se distinguent des tâches de rappel par le type d'information fourni lors de la phase de récupération. Dans la phase de test d'une **tâche de reconnaissance**, on présente une série d'items qui regroupe des items appris (cibles) et de nouveaux items (distracteurs). Le participant doit retrouver ceux qui ont été préalablement présentés. L'information fournie comme indice de récupération comprend donc des items nominalement identiques aux items étudiés, mélangés à des items nouveaux. On peut, de plus, distinguer deux types de tâches de reconnaissance : les tâches de reconnaissance **de type oui/non** dans lesquelles les items sont présentés un à un et le participant doit dire si oui ou non il a vu chaque item durant la phase d'étude, et les tâches de reconnaissance **à choix forcé** dans lesquelles un item cible et un (ou des) item(s) distracteur(s) sont présentés simultanément et le participant doit indiquer lequel a été vu antérieurement. Dans les **tâches de rappel indicé**, les indices de récupération présentés sont spécifiquement reliés aux items cibles. Par exemple, on fournit à la personne la catégorie sémantique à laquelle appartiennent les items cibles et elle doit rappeler les items correspondant à cet indice. Dans les tâches de **rappel libre**, aucun indice spécifique n'est présenté et la personne doit simplement rappeler les items appris durant la phase d'étude.

Il est aujourd'hui largement admis que ces tâches censées évaluer la mémoire épisodique ne recrutent pas exclusivement les opérations du système de mémoire épisodique (Tulving, 1985 ; Moscovitch, 1994 ; Wheeler et al., 1997). Il apparaît au contraire que d'autres systèmes mnésiques, tel que le système de représentation perceptive ou la mémoire sémantique peuvent contribuer à la performance dans les tests de rappel et de reconnaissance. Selon Tulving (1985), par exemple, une tâche de rappel ou de reconnaissance d'une liste de mots qui a été étudiée précédemment fait intervenir non seulement le souvenir de l'épisode d'apprentissage, mais aussi la mémoire sémantique. En effet, certains mots de la liste étudiée pourront être récupérés parce que l'activation de leur représentation

en mémoire sémantique permet de savoir que ces mots ont été présentés, même si les participants ne peuvent pas se souvenir consciemment des circonstances qui ont conduit à l'apprentissage de ces mots. Il se pourrait dès lors que, dans certaines circonstances, la mémoire épisodique ne soit pas indispensable pour réaliser efficacement les tests de « mémoire épisodique » et que des processus non-épisodiques soient suffisants pour atteindre une performance relativement bonne.

### **5.1 Les tâches de reconnaissance : Interprétations théoriques de la reconnaissance**

Très longtemps, on a considéré que la reconnaissance reposait sur un processus unique. Ainsi, la théorie de la détection du signal décrit la décision de reconnaissance comme étant basée sur une évaluation de la familiarité de l'item présenté lors de la phase de test par rapport à un critère établi (Green & Swets, 1966 ; Macmillan & Creelman, 1991). Plus précisément, lorsqu'une personne étudie une série d'items, leur familiarité est temporairement augmentée. Si lors de la phase de test, on présente à nouveau ces items mélangés à de nouveaux items, les anciens items apparaîtront plus familiers que les nouveaux. De manière plus spécifique, les valeurs de familiarité des items étudiés et des nouveaux items se répartiraient selon deux distributions de forme gaussienne se recouvrant partiellement (voir Figure 1). Afin de distinguer les items présentés de ceux qui n'ont pas été présentés, un critère de reconnaissance (c) est placé sur le continuum de familiarité. Si le sentiment de familiarité évoqué par un item est supérieur au critère (à droite du critère dans la Figure 1), cet item est considéré comme ancien ; si l'évaluation de la familiarité se situe en dessous du critère, l'item est considéré comme nouveau.

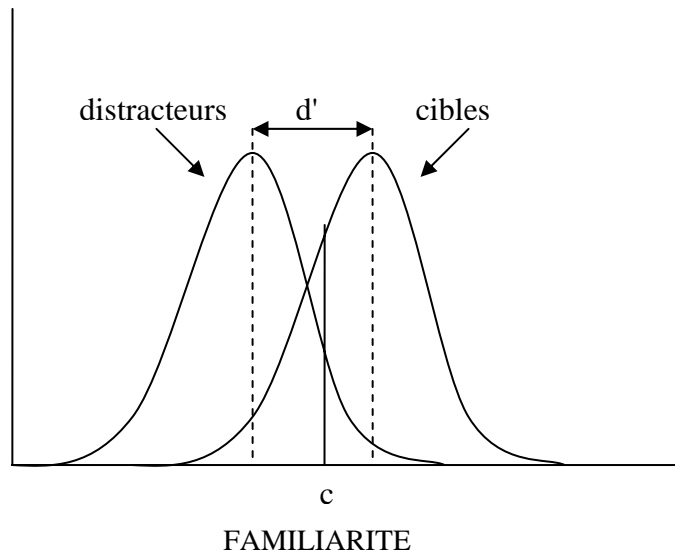


Figure 1. Distribution des valeurs de familiarité pour les items cibles et les items distracteurs selon la théorie de la détection du signal.

Cependant, plusieurs auteurs (Atkinson & Juola, 1974 ; Gardiner, 1988 ; Jacoby & Dallas, 1981 ; Mandler, 1980 ; Tulving, 1985 ; Yonelinas, 1994) ont progressivement défendu l'idée que la reconnaissance ne repose pas sur un processus unique. Ils ont proposé qu'au moins deux processus, distincts et complémentaires, interviennent lorsqu'une personne doit juger si un événement est apparu auparavant ou non : un processus basé sur la détection de la familiarité et un processus basé sur la récupération consciente du contexte d'encodage de l'item (« recollection »<sup>4</sup>). D'une manière générale, la familiarité est définie comme le fait de *savoir* que l'on a vu précédemment un item, mais sans être capable de se souvenir consciemment de l'épisode d'apprentissage. Par exemple, on aperçoit dans la rue quelqu'un qui nous semble familier, que l'on sait avoir déjà vu, mais on est incapable de dire qui il est, où on l'a vu, ni quand. Quant au processus de recollection, il est défini comme la récupération consciente de l'information-cible et du contexte dans lequel cette information a été apprise. Par exemple, on se

<sup>4</sup> Il n'existe pas de terme équivalent en français pour traduire « recollection ». C'est pourquoi, tout au long de l'introduction théorique, nous utiliserons le terme anglais lorsque nous ferons référence à ce processus.

souvent que la personne que l'on a reconnue dans la rue est le serveur du restaurant dans lequel on est allé le week-end dernier.

Différents modèles qui défendent l'idée que les jugements de reconnaissance impliquent deux processus distincts ont été proposés (pour une revue, voir Yonelinas, 2002). Des divergences apparaissent entre ces modèles, notamment dans la manière dont ils conçoivent la nature de la recollection et de la familiarité.

Dans le modèle de Atkinson et Juola (1974), lorsqu'un item (par exemple, un mot) est présenté durant la phase de test, la personne accède très rapidement au nœud lexical correspondant et à sa valeur de familiarité associée. Le processus de familiarité dans la conception de Atkinson et Juola (1974) est similaire à celui invoqué dans la théorie de la détection du signal, à la différence que deux critères de décision sont utilisés : si la valeur de familiarité de l'item de test est supérieur au critère le plus élevé, l'item sera reconnu comme ayant été présenté, et si elle est inférieure au critère le plus bas, l'item ne sera pas reconnu. Lorsque la valeur de familiarité se situe entre les deux critères et est donc ambiguë, les personnes auront recours à un processus de recherche dans un stock mnésique (« event-knowledge »), dans lequel l'épisode de présentation de la liste d'étude a été enregistré. Ce processus de recherche en mémoire amènerait à des réponses plus lentes que les réponses basées sur la familiarité. Ce modèle considère donc qu'un individu n'utilisera le processus de recherche (recollection) que lorsque la familiarité ne permettra pas de déterminer si un item a réellement été présenté ou non.

Selon Mandler (1980, 1991), deux mécanismes distincts et indépendants, un processus de familiarité et un processus de recherche en mémoire (recollection), agissent en parallèle lors d'une décision de reconnaissance. Il décrit le processus de recollection comme un processus de recherche en mémoire par lequel des informations concernant l'élaboration du stimulus sont récupérées. L'élaboration d'un item correspond aux relations établies entre l'item et les informations contextuelles associées ainsi qu'entre l'item et d'autres événements ou informations. Ce processus de recollection sous-tendrait à la fois les performances en reconnaissance et en rappel. Par ailleurs, Mandler définit le sentiment de familiarité comme l'évaluation du degré d'intégration perceptive : la répétition d'un item augmente l'organisation des traits perceptifs qui composent cet item et cette augmentation de l'intégration perceptive est perçue comme une augmentation de

la familiarité. Par ailleurs, ce processus sous-tendrait également l'effet d'amorçage perceptif (c'est-à-dire la facilitation de l'identification perceptive d'un stimulus présenté préalablement).

Dans les conceptions de Atkinson et Juola (1974) et Mandler (1980, 1991 ; voir aussi Gardiner & Java, 1990, 1993a ; Jacoby & Dallas, 1981), la distinction entre la recollection et la familiarité est essentiellement interprétée à partir d'une distinction entre des processus conceptuels et des processus perceptifs. Cette conception a cependant été considérée comme trop simple et a d'ailleurs été mise en question par certaines études qui ont montré à la fois un effet de certaines variables perceptives (par exemple, modifier la taille d'une image entre la phase d'étude et la phase de test) sur la recollection et un effet de certaines variables conceptuelles (par exemple, dénommer une image versus lire un mot) sur la familiarité (Rajaram, 1996, 1998 ; Wagner, Gabrieli, & Verfaellie, 1997). Plutôt qu'un processus uniquement conceptuel, Rajaram (1996, 1998) voit la recollection comme une recherche et une évaluation des informations concernant des aspects *distinctifs* de l'item (c'est-à-dire le contexte spatial et temporel, les caractéristiques sémantiques et perceptives saillantes, qui mettent l'item en évidence par rapport aux autres items). Quant à la familiarité, elle reposerait sur l'augmentation de la *fluence* des traitements, perceptif et conceptuel, c'est-à-dire une facilitation des traitements de l'item liée à une présentation préalable (Rajaram, 1996, 1998).

Tulving (1985, 1989), quant à lui, a établi un lien entre les processus impliqués dans la reconnaissance, les états de conscience et les systèmes mnésiques. Selon lui, la familiarité et la recollection correspondent à la récupération d'informations respectivement en mémoire sémantique et en mémoire épisodique. Dans ce contexte, lorsqu'une personne se souvient de l'épisode spécifique d'apprentissage d'un item, par exemple de ce qu'il a pensé ou éprouvé au moment où il a étudié cet item, il prend conscience de son vécu subjectif dans le passé. L'état de conscience correspondant à la recollection renvoie donc à la conscience auto-noétique, caractéristique de la mémoire épisodique. Lorsque la personne a simplement un sentiment de familiarité pour un item, son état de conscience est qualifié par Tulving (1985, 1989) de noétique et correspond à une récupération d'informations factuelles en mémoire sémantique, impersonnelles et non datées. Dans la mesure où la récupération dans les différents systèmes de mémoire s'effectue de manière indépendante (modèle SPI), la recollection et la familiarité

constituent deux bases indépendantes pour les décisions de reconnaissance.

Jacoby et ses collaborateurs (Jacoby, 1983, 1991 ; Jacoby & Dallas, 1981 ; Jacoby & Kelley, 1992 ; Jacoby, Yonelinas, & Jennings, 1997) considèrent eux aussi que la reconnaissance peut se baser sur une évaluation de la fluence de traitement (familiarité) et/ou sur une évaluation de l'élaboration d'un item (recollection ou récupération des informations contextuelles associées à l'item lors de sa rencontre). Ces deux processus agissent de manière indépendante lors de la reconnaissance. Pour Jacoby et Dallas (1981), dans une situation de reconnaissance, lorsque le traitement perceptif d'un item est facilité par sa présentation préalable, les personnes attribuent cette fluence de traitement au fait que l'item a été étudié. En outre, dans une tâche d'identification perceptive où des items sont présentés très brièvement, l'augmentation de fluence perceptive permettra d'identifier les items vus précédemment plus rapidement que les nouveaux items. Ainsi, la reconnaissance basée sur la familiarité et l'amorçage perceptif auraient une base commune. Cependant, pour Jacoby et ses collaborateurs, la familiarité ne repose pas que sur les caractéristiques perceptives des items étudiés. Elle peut également refléter la fluence de traitement conceptuel (Jacoby, 1991 ; Jacoby & Kelley, 1992). Par ailleurs, l'hypothèse au cœur de la conception de Jacoby et ses collaborateurs est que la familiarité est un processus relativement automatique, tandis que la recollection est un processus analytique, contrôlé et conscient.

Enfin, Yonelinas (1994, 1997, 1999; Yonelinas, Dobbins, Szymanski, Dhaliwal, & King, 1996) a lui aussi proposé un modèle en deux processus de la reconnaissance, dans lequel la recollection est décrite comme un processus à seuil élevé (« high-threshold ») et la familiarité est définie à partir de la théorie de la détection du signal. Selon cette conception de la recollection, une personne peut soit récupérer consciemment des informations qualitatives concernant un item de test, soit ne pas en récupérer. Il s'agit donc d'un processus en tout ou rien, dans la mesure où il ne produit que deux états (présence ou absence de recollection). En outre, Yonelinas (1994, 1997) postule qu'un item non étudié ne produira que très rarement le rappel d'informations contextuelles associées (fausses recollections). En conséquence, la recollection est supposée conduire à des réponses de reconnaissance accompagnées d'un niveau de confiance élevé. Quant au processus de familiarité, seul un item de test qui possède une valeur de familiarité

supérieure au critère de réponse sera accepté comme ayant été étudié. Pour Yonelinas (1994, 1997), ces deux processus constituent deux bases indépendantes pour les jugements de reconnaissance.

## 5.2 Relations entre familiarité et recollection

Il apparaît que, dans certains modèles, les relations qui existent entre la familiarité et la recollection sont clairement définies. Classiquement, on distingue trois manières différentes de concevoir la relation entre les deux processus de la reconnaissance. Dans le modèle de la *redondance* (Jones, 1987 ; Knowlton, 1998), la recollection inclut toujours un sentiment de familiarité. En revanche, certains stimuli peuvent apparaître familiers, sans donner lieu à une récupération consciente des circonstances d'apprentissage. Autrement dit, tous les items reconnus apparaissent tout d'abord familiers à la personne, mais seule une partie d'entre eux susciteront une récupération du contexte d'encodage. Le modèle de Atkinson et Juola (1974) en serait un exemple, puisqu'un sentiment de familiarité, trop imprécis pour permettre une décision, précède toujours la mise en place du processus de recollection. Un deuxième point de vue est celui de l'*indépendance*, défendu par les modèles de Jacoby (Jacoby, Yonelinas, & Jennings, 1997), Mandler (1980) et Yonelinas (1994). Selon ce modèle, la recollection et la familiarité peuvent agir ensemble ou séparément. Un item peut donc susciter quatre états possibles : soit il est récupéré consciemment avec son épisode d'apprentissage, soit il évoque un sentiment de familiarité, soit il produit les deux types de processus, soit il n'en produit aucun. Le troisième type de relation possible est l'*exclusivité*. Il s'appliquerait surtout à notre expérience subjective lorsque nous reconnaissons une information rencontrée au préalable (Gardiner & Java, 1990 ; Gardiner & Parkin, 1990). Souvent, nous savons que nous avons déjà rencontré un item parce que nous nous souvenons consciemment des circonstances de cette rencontre (recollection). Dans d'autres cas, nous avons simplement un sentiment de familiarité, mais nous ne nous souvenons d'aucun détail concernant le contexte d'encodage. Selon ce point de vue, les deux processus sont donc mutuellement exclusifs.



### 5.3 Mesures des processus de la reconnaissance

La conception selon laquelle deux processus contribuent à la reconnaissance implique que le simple score d'une personne à un test de reconnaissance ne permet pas de savoir si elle a basé sa réponse sur un sentiment de familiarité ou sur une récupération consciente des circonstances dans lesquelles elle a appris l'item. Il est donc nécessaire d'obtenir une mesure qui permet de distinguer dans la performance en reconnaissance les contributions respectives de la familiarité et de la recollection. Il existe au moins trois méthodes pour tenter d'identifier les processus sur lesquels une personne se base pour fournir sa décision de reconnaissance. La première est une évaluation par la personne de son état de conscience au moment du jugement de reconnaissance. La seconde est la procédure de dissociation des processus proposée par Jaboby (1991). La troisième méthode consiste à analyser la forme des courbes qui représentent l'évolution du taux de reconnaissances correctes des cibles (hits) par rapport au taux de fausses reconnaissances en fonction de différents degrés de confiance (courbe Receiver Operating Characteristics –ROC, Yonelinas, 1994). Selon Yonelinas (2001a, 2001b), ces trois mesures représentent des indices valides pour identifier la contribution de la recollection et de la familiarité dans une tâche mnésique.

#### *Le paradigme « Je me souviens / Je sais » (Remember/Know)*

Une première manière d'obtenir des informations concernant le type de processus à la base de la reconnaissance est d'adopter une approche qualitative dans l'analyse des performances, au travers des états de conscience qui accompagnent la réponse de la personne. Selon Tulving (1985, 1989) et Gardiner (1988), en demandant aux participants de décrire leur expérience subjective dans une situation de reconnaissance, il est possible d'aborder les deux formes de récupération (familiarité et recollection). Pour ce faire, lorsque la personne reconnaît un item comme ayant été présenté auparavant, on lui demande de caractériser sa réponse comme étant une réponse « je sais » (« Know ») ou une réponse « je me souviens » (ou « je me rappelle » ; « Remember »). Les réponses « je sais » sont celles où la personne est certaine qu'elle a déjà vu l'item mais n'est pas capable de récupérer d'information contextuelle ayant accompagné la rencontre avec cet item. Elle s'est donc basée sur un sentiment de familiarité. Les

réponses « je me souviens » correspondent aux situations où la personne récupère consciemment une information spécifique associée à l'information cible durant la phase d'étude, par exemple, une image mentale qu'elle a formée à ce moment-là, un élément personnel que le stimulus lui a fait évoquer ou des détails quant à l'apparence physique des items présentés (Gardiner, 1988 ; Rajaram, 1993). La personne a dans ce cas utilisé un processus de recollection.

La validité de cette distinction entre les deux types de réponses est appuyée par des données expérimentales qui montrent que les réponses « je sais » et « je me souviens » sont influencées différemment par certaines variables (pour une revue, voir Gardiner & Java, 1993a, 1993b ; Gardiner & Richardson-Klavehn, 2000 ; Rajaram & Roediger, 1997). Les réponses « je me souviens » sont notamment influencées par le niveau de traitement de l'information lors de l'encodage et par la manipulation de production –c'est-à-dire générer un mot plutôt que le lire– (Gardiner, 1988 ; Gardiner, Java, & Richardson-Klavehn, 1996 ; Gregg & Gardiner, 1994), par la fréquence des mots (Gardiner & Java, 1990), par la longueur de l'intervalle de rétention (pour des intervalles de moins d'une semaine, Gardiner & Java, 1991) et par la division de l'attention durant la phase d'étude (Gardiner & Parkin, 1990 ; Parkin, Gardiner, & Rosser, 1995). Par contre, ces variables n'affectent pas les réponses « je sais ». Par ailleurs, certaines variables semblent avoir un effet sélectif sur les réponses « je sais ». Par exemple, dans une étude de Rajaram (1993), les participants devaient reconnaître des mots. Chaque mot était précédé par la présentation très rapide et masquée soit du même mot (amorçage), soit d'un autre mot. Les participants fournissaient plus de réponses « je sais » pour les mots préalablement amorçés que pour les autres mots. Par contre, cette manipulation n'affectait pas les réponses « je me souviens ». Les jugements basés sur la familiarité seraient aussi influencés sélectivement par la correspondance entre la modalité de présentation (visuelle versus auditive) lors de la phase d'étude et de test (Gregg & Gardiner, 1994) ainsi que par des manipulations du critère de réponse (par exemple, demander aux participants d'être conservateurs versus laxistes dans leur réponse<sup>5</sup>, Postma, 1999 ; Strack & Förster, 1995). D'autres variables produisent des doubles dissociations entre les deux types de jugement. C'est par exemple le cas de la nature des stimuli

---

<sup>5</sup> Le critère de décision est conservateur lorsque l'individu ne répond « oui » qu'aux items qu'il est certain de reconnaître, et laxiste (ou libéral) lorsque l'individu accepte davantage d'items, y compris ceux qu'il n'est pas tout à fait certain d'avoir vus.

présentés : les réponses « je sais » sont plus fréquentes pour des non-mots que pour des mots, alors que la fréquence des réponses « je me souviens » diminue pour les non-mots (Gardiner & Java, 1990). Parkin et Russo (1993) ont également montré qu'il y a plus de réponses « je me souviens » pour des items qui sont répétés après un certain nombre de stimuli (par exemple, après 6 autres items) que pour des items dont la répétition est immédiate (c'est-à-dire l'item est présenté deux fois d'affilée), tandis que l'effet inverse est observé pour les réponses « je sais ». Enfin, peu de variables semblent avoir le même effet sur les réponses « je sais » et « je me souviens ». Cela pourrait néanmoins être le cas pour l'augmentation du nombre de présentations de la liste d'items à étudier. Par exemple, Gardiner, Kaminska, Dixon, et Java (1996) ont montré chez des participants anglais que le fait d'écouter plusieurs fois des mélodies polonaises, inconnues, augmentait la reconnaissance mesurée à la fois par les réponses « je me souviens » et les réponses « je sais ». Cependant, lorsque les extraits musicaux consistaient en morceaux de musique classique non familiers, seules les réponses « je me souviens » augmentaient en fonction du nombre de présentations des mélodies. Selon Gardiner et al. (1996), le niveau de familiarité préalable des types de musique a pu moduler l'effet du nombre de présentation des items lors de la phase d'étude, de sorte que la familiarité n'augmente avec les répétitions que lorsque les participants possèdent peu de représentations en mémoire sémantique concernant un type de matériel (ce qui était le cas pour les mélodies polonaises). D'ailleurs, Gardiner et Radomski (1999) ont montré que la répétition de la liste d'étude augmentait les deux processus de reconnaissance uniquement lorsque la nationalité des participants (anglaise versus polonaise) et l'origine des mélodies (musique folklorique anglaise versus polonaise) différaient. Notons que d'autres études ont examiné l'effet du nombre de présentation d'une liste de mots sur la reconnaissance et ont montré que la proportion de réponses « je me souviens » augmentait avec le nombre de présentations, mais pas la proportion de réponses « je sais » (Dewhurst & Anderson, 1999, expérience 1 ; Jacoby, Jones, & Dolan, 1998). Il se pourrait donc que l'effet parallèle de la répétition de la liste d'étude sur les réponses « je me souviens » et « je sais » n'apparaisse que dans les conditions où le matériel est peu familier.

Il faut noter que le paradigme « Je me souviens / Je sais » implique une relation d'exclusivité entre les deux catégories de réponses. En effet, un item reconnu ne peut être classé que comme une réponse « je me souviens » ou

comme une réponse « je sais », cette dernière catégorie reposant sur la familiarité qui survient en l'absence de recollection. Dans ce contexte, Jacoby et al. (1997) ont souligné que, si on postule une relation d'indépendance entre les deux types de processus, la proportion de réponses « je sais » sous-estime la contribution du processus de familiarité. En effet, selon le modèle d'indépendance, certaines réponses « je me souviens » reflèteraient des situations dans lesquelles l'item est reconnu à la fois sur base d'une récupération consciente de son contexte d'encodage et sur base d'un sentiment de familiarité. Afin de calculer la contribution de la familiarité dans le paradigme « je me souviens / je sais », Jacoby et al. (1997) ont développé une procédure adaptée au postulat d'indépendance (« Independence Remember/Know procedure »). Dans cette procédure, la familiarité est calculée en divisant la proportion de réponses « je sais » (Know ou K) par la proportion d'essais où le participant a eu la possibilité de donner une réponse « je sais », autrement dit les essais n'ayant pas reçu de réponses « je me souviens » (Remember ou R) :  $F = K / (1 - R)$ <sup>6</sup>.

Lorsque la familiarité est estimée selon le modèle d'indépendance, on constate des changements dans l'influence de certaines variables sur la contribution des deux processus (pour une revue, voir Jacoby et al., 1997 ; Yonelinas, 2001b, 2002). Par exemple, alors que les réponses « je sais » sont insensibles à une manipulation du niveau de traitement, l'estimation de la familiarité selon le postulat d'indépendance est supérieure suite à un encodage profond par rapport à un encodage superficiel, bien que l'effet soit moins fort que pour les réponses « je me souviens » (Yonelinas, 2001b, 2002). De même, Jacoby, Jones et Dolan (1998) ont montré que le fait de présenter la liste d'étude deux ou trois fois augmente à la fois la recollection et la familiarité par rapport à une seule présentation lorsque le postulat d'indépendance est appliqué. Par contre, la proportion de réponses « je sais » n'est pas influencée par le nombre de présentation des items-cibles.

Il est important de signaler que Gardiner et ses collaborateurs n'établissent pas de correspondance stricte entre les réponses « je me souviens / je sais » et un accès direct à des systèmes mnésiques différents ou à des processus particuliers (Gardiner, 2001 ; Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 1998). Pour eux, il

---

<sup>6</sup> Selon le modèle de redondance, la proportion de réponses « je sais » sous-estime également la contribution de la familiarité. Etant donné que ce modèle postule que toute réponse basée sur la recollection inclut un sentiment de familiarité, la familiarité peut être estimée en additionnant les deux types de réponses (Je me souviens+ je sais).

s'agit avant tout d'états de conscience différents. Par ailleurs, les réponses « je me souviens / je sais » sont exclusives, dans la mesure où les participants ne peuvent classer un item reconnu que dans l'une de ces deux catégories. Selon Gardiner et Java (1993b), on ne peut ressentir à la fois l'expérience subjective de recollection et un sentiment de familiarité en l'absence de recollection. Toutefois, cela n'implique pas nécessairement que les processus qui sous-tendent ces réponses soient eux aussi exclusifs. Par exemple, un item pourrait être reconnu sur base de la recollection et de la familiarité et donner lieu à une expérience subjective qui amènera le participant à le classer dans les réponses « je me souviens ». Ainsi, pour Richardson-Klavehn, Gardiner et Java (1996), les processus de recollection et de familiarité pourraient être indépendants, redondants ou exclusifs. Quelles que soient les relations qui existent entre eux, cela ne serait pas incompatible avec l'idée que les états de conscience correspondant aux réponses « je me souviens » et « je sais » sont mutuellement exclusifs.

Donaldson (1996, voir aussi Hirshman & Master, 1997) a critiqué la procédure « je me souviens / je sais » en suggérant que les deux types d'expériences phénoménologiques pouvaient s'expliquer en termes de critères de décision plutôt qu'en termes de processus mnésiques distincts. Dans le cadre du modèle de la détection du signal, un premier critère permet de décider si un item a été vu ou non précédemment. De plus, selon Donaldson, (1996), on classerait les réponses « oui » en « je me souviens » ou « je sais » à partir d'un deuxième critère : les items dont la familiarité dépasserait ce critère recevraient des réponses « je me souviens », tandis que les items dont la familiarité se situe en dessous de ce critère seraient considérés comme des réponses « je sais ». Une des prédictions qui découle de ce point de vue est que la performance estimée par le score  $A'$ <sup>7</sup> dérivé de la théorie de détection du signal (et qui mesure la capacité de discriminer les items présentés de nouveaux items ; Pollack & Norman, 1964) devrait être équivalente lorsqu'elle est calculée sur les réponses « je me souviens » ou sur toutes les réponses, ce qui a effectivement été démontré dans certaines études (Donaldson, 1996 ; Hockley & Consoli, 1999). Par ailleurs, cette proposition semble également appuyée par les données montrant que l'utilisation des réponses « je me souviens / je sais » est influencée par des manipulations

---

<sup>7</sup> La formule permettant de calculer  $A'$  est la suivante :  $A' = 1/2 + [(hits - fausses reconnaissances) (1 + hits - fausses reconnaissances)] / 4 hits (1 - fausses reconnaissances)$ .

affectant le critère de réponse (Postma, 1999 ; Strack & Förster, 1995). Par exemple, Strack et Förster (1995) observent que, lorsqu'on leur dit que 50% des items de test sont des cibles, les participants donnent plus de réponses « je sais » à la fois pour les cibles et pour les distracteurs que lorsqu'on leur dit que 30% des items de test sont des cibles (alors qu'ils sont en proportion égale dans les deux conditions). Par contre, cette manipulation de critère de réponse n'influence pas les réponses « je me souviens ».

Néanmoins, la proposition de Donaldson (1996) a été mise en question par certaines données. Tout d'abord, des études ayant comparé les réponses « je me souviens » / « je sais » avec des jugements de certitude (réponse « certain » / « pas certain ») (Gardiner & Java, 1990 ; Mäntylä, 1997 ; Parkin & Walter, 1992) ont montré que les patterns obtenus avec les deux types de réponse ne sont pas similaires. Ensuite, la prédiction principale d'une équivalence entre le score A' basé sur toutes les réponses et le score A' basé sur les réponses « je me souviens » a été infirmée par certaines études, montrant un score plus élevé pour toutes les réponses que pour les réponses « je me souviens » (Gardiner & Gregg, 1997 ; Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 2002). Enfin, cette conception ne permet pas d'expliquer pourquoi différentes variables produisent des dissociations entre les réponses « je me souviens » et « je sais » (Gardiner & Richardson-Klavehn, 2000).

Une position intermédiaire a été suggérée par Eldridge, Sarfatti et Knowlton (2002). Pour ces auteurs, lorsque les participants n'ont pas la possibilité de signaler qu'ils répondent au hasard pour certains essais, ils pourraient utiliser la distinction entre « je me souviens » et « je sais » comme une indication de la force du souvenir qu'ils ont de l'item. Par contre, lorsque les participants peuvent avoir recours à des réponses au hasard, ils semblent utiliser les réponses « je me souviens » et « je sais » pour distinguer de manière qualitative les items reconnus avec un degré relativement élevé de confiance. En effet, selon Gardiner, Java et Richardson-Klavehn (1996), donner la possibilité aux participants de signaler les essais pour lesquels ils répondent au hasard au moyen d'une troisième catégorie de réponses, les réponses « je devine » (« Guess »), permet d'éviter la contamination des réponses « je sais » par des réponses pour lesquelles les participants ne se souviennent pas des stimuli. Lorsque les participants peuvent rapporter les réponses au hasard, Gardiner, Richardson-Klavehn et Ramponi

(1997) ont montré qu'une manipulation qui affecte le critère de réponse influence uniquement les réponses « je devine », sans avoir d'effet sur les réponses « je me souviens » et « je sais ». En outre, tandis que les réponses « je me souviens » et « je sais » sont plus nombreuses pour les items cibles que pour les distracteurs, les réponses « je devine » sont généralement données aussi souvent pour les items cibles que pour les distracteurs, voire même plus souvent pour les distracteurs lorsque les participants adoptent un critère de réponse plus souple (Gardiner & Conway, 1999). Finalement, dans une étude ayant examiné les justifications associées aux réponses « je me souviens », « je sais » et « je devine », Gardiner, Ramponi et Richardson-Klavehn (1998) ont montré que la plupart des réponses « je devine » correspondent à une volonté d'accepter un item comme ayant été présenté, malgré l'absence de souvenir de cet item, sur base d'inférences ou d'une stratégie de réponse (par exemple, se baser sur l'appartenance d'un item de test à une catégorie sémantique à laquelle certains mots étudiés appartenaient également).

En résumé, la procédure « je me souviens / je sais » permet d'évaluer les états de conscience qui accompagnent la reconnaissance d'un item. Bien que certains auteurs aient proposé que les deux types de réponses reflètent simplement des degrés de familiarité différents, divers travaux ont suggéré qu'il s'agissait bien de deux catégories qualitativement distinctes. En particulier, les réponses « je me souviens » et « je sais » sont affectées de manière différente par certaines manipulations expérimentales. En outre, l'introduction d'une troisième catégorie de réponse, les réponses « je devine », permet d'éviter une contamination des réponses « je sais » par des décisions faites au hasard.

#### *La procédure de dissociation des processus*

Une deuxième procédure permettant de séparer les contributions de différents types de processus dans la performance obtenue dans une même tâche mnésique, et notamment dans une tâche de reconnaissance, a été mise au point par Jacoby (1991) : la procédure de dissociation des processus. Appliquée à la situation de reconnaissance, cette technique a permis d'appuyer la théorie de la reconnaissance selon laquelle deux processus forment la base des décisions de reconnaissance : un processus contrôlé ou recollection et un processus automatique ou familiarité (Jacoby, 1991 ; Jacoby & Dallas, 1981). Partant du

postulat que les processus automatiques et les processus contrôlés apportent des contributions indépendantes à la performance, Jacoby a développé un paradigme comportant deux conditions. Dans la condition dite d'inclusion, les deux processus agissent dans le même sens, facilitant ainsi la performance. Dans la condition dite d'exclusion, les deux processus sont placés en opposition, l'un permettant des réponses correctes, l'autre pas.

Un exemple classique de la procédure de dissociation des processus appliquée à la reconnaissance est le suivant. Après la présentation de deux listes successives de mots (différant l'une de l'autre sur un ou plusieurs aspect(s) comme, par exemple, la modalité de présentation –lue versus entendue–), les participants réalisent un test de reconnaissance de type oui/non dans lequel des mots anciens appartenant aux deux listes sont mélangés à de nouveaux mots. Deux types de consignes différentes sont fournis aux participants (Jacoby, 1991). Dans la condition d'inclusion, on demande aux participants de reconnaître comme « anciens » les mots appartenant à l'une ou l'autre des deux listes. Dans la condition d'exclusion, les participants ne doivent désigner comme « anciens », par exemple, que les mots appartenant à la deuxième liste. L'estimation de la contribution des influences automatiques et contrôlées sur la performance se base sur les réponses données aux items de la liste 1. Dans la condition d'inclusion, à la fois la familiarité et la recollection permettent de reconnaître correctement les mots de la liste 1. Ainsi, la proportion de réponses « oui » dans la condition d'inclusion peut être résumée par la formule suivante : Recollection (R) + Familiarité (F) – la combinaison des deux (RF), ce qui peut aussi être représenté par  $R + F(1 - R)$ . Par contre, dans la condition d'exclusion, un sentiment de familiarité va conduire erronément à reconnaître le mot, tandis que si le participant se souvient que l'item est apparu dans la première liste (recollection), il le classera correctement comme « nouveau ». Ainsi, la proportion de réponses « oui » dans la condition d'exclusion correspond à des réponses basées sur la familiarité quand la recollection a échoué :  $F(1 - R)$ . Afin d'obtenir une estimation quantitative de l'influence des processus contrôlés sur la performance (Recollection), il suffit de soustraire la proportion de réponses « oui » dans la condition d'exclusion de la proportion de réponses « oui » dans la condition d'inclusion. La contribution des processus automatiques (Familiarité) est alors obtenue en divisant la proportion de réponses « oui » dans la condition d'exclusion par 1 moins l'estimation des processus contrôlés :  $\text{Exclusion} / (1 - R)$ .



Une des limites principales de la procédure de dissociation des processus appliquée à la reconnaissance est que les estimations de la recollection et de la familiarité sont peu fiables, voire impossibles à calculer, lorsque certaines conditions ne sont pas remplies (Jacoby, 1991 ; Yonelinas, 2002 ; Yonelinas & Jacoby, 1996b). Par exemple, il est nécessaire que les participants adoptent le même critère de réponse dans les conditions d'inclusion et d'exclusion. S'il y a plus de fausses reconnaissances dans une condition que dans l'autre, les valeurs obtenues lorsqu'on calcule les contributions de la recollection et de la familiarité peuvent être erronées. Par ailleurs, lorsque la performance est proche de zéro (effet-plancher) ou presque parfaite (effet-plafond) dans l'une des conditions, l'application des équations de la procédure de dissociation des processus peut amener à des résultats aberrants (Yonelinas, 2002).

#### *L'analyse des courbes ROC*

Les courbes Receiver Operating Characteristics (ROC) représentent l'évolution du taux de reconnaissances correctes (hits) et de fausses reconnaissances en fonction du critère de décision (Macmillan & Creelman, 1991). Yonelinas (1994, 1997) a montré qu'il était possible d'identifier la contribution de la recollection et de la familiarité dans une tâche de reconnaissance sur base de la forme des courbes ROC. Etant donné les propriétés différentes des deux processus, chacun devrait produire un type de relation différent entre les hits et les fausses reconnaissances.

Classiquement, dans les études qui examinent les courbes ROC, les participants réalisent une tâche de reconnaissance oui/non et évaluent leur niveau de confiance pour chaque réponse (par exemple, de 1 *certain que l'item est nouveau* à 6 *certain que l'item a été présenté précédemment*). La courbe ROC est établie en reportant les taux de hits et de fausses reconnaissances correspondant à chaque niveau de confiance (voir Figure 2). Ainsi, le premier point à gauche représente les taux de hits et de fausses reconnaissances pour les items que le participant a reconnus avec le niveau de certitude le plus élevé (niveau de certitude 6). Le point suivant inclut les items du premier point et ceux qui ont reçu le deuxième degré de confiance (niveaux 6 et 5), etc.

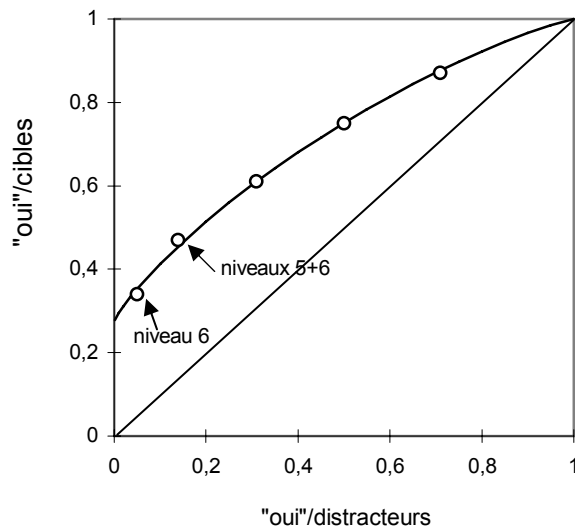


Figure 2. Courbe Receiver Operating Characteristics (ROC) hypothétique générée par le modèle en deux processus de la reconnaissance, d'après Yonelinas (1994).

Rappelons que selon Yonelinas (1994), la familiarité peut être décrite par la théorie de la détection du signal. Lorsque le participant évalue le degré de confiance de chaque réponse, il sélectionne différents critères le long du continuum de familiarité, de sorte que le niveau de confiance le plus élevé pour une réponse « oui » est donné pour les items les plus familiers. La courbe ROC correspondante sera symétrique par rapport à la diagonale et curvilinéaire<sup>8</sup>. Par contre, selon Yonelinas (1994), la recollection est un processus à seuil élevé (« high threshold ») si bien que lorsque le participant récupère une information spécifique concernant l'apprentissage d'un item, c'est que l'item a été étudié. Il est donc rare que l'on se souvienne de l'épisode d'apprentissage d'un item qui n'a jamais été présenté. Dans une courbe ROC, la présence de la recollection se manifestera par une

<sup>8</sup> Pour des niveaux de confiance (et des critères de décision) de moins en moins élevés, le taux de fausses reconnaissances augmentera en même temps que le taux de hits, étant donné le recouvrement des distributions de familiarité des items étudiés et des nouveaux items (voir figure 1). Transposée en coordonnées  $z$ , la courbe ROC de la familiarité aurait une pente égale à 1, correspondant à une augmentation proportionnelle de  $z(\text{hits})$  et de  $z(\text{fausses reconnaissances})$ .

augmentation de l'intercepte et une courbe plus linéaire et asymétrique<sup>9</sup> (voir figure 2).

Récemment, Yonelinas (2001, 2002) a montré que la procédure « je me souviens / je sais » appliquée selon le postulat d'indépendance, la procédure de dissociation des processus et l'analyse des courbes ROC amenaient à des estimations de la recollection et de la familiarité quasiment identiques et que les conclusions concernant l'effet de diverses variables sur les processus de reconnaissance étaient similaires quelle que soit la méthode employée. D'une manière générale, il apparaît que la recollection est davantage influencée que la familiarité par les manipulations d'attention divisée, de génération, et de profondeur d'encodage (encodage sémantique versus perceptif). Par contre, la familiarité est plus influencée que la recollection par des changements du critère de réponse, des manipulations de la fluence de traitement, certaines manipulations perceptives (comme changer la modalité de présentation de mots entre l'étude et le test), et est plus sensible à l'oubli après des délais de rétention courts (quelques secondes ou minutes). En outre, les deux processus sont affectés de la même manière par une manipulation du temps d'étude (soit en modifiant le temps de présentation des stimuli, soit en variant le nombre de présentation du matériel) et par de longs délais de rétention (de plusieurs jours à plusieurs mois).

Pour Yonelinas (2001, 2002), cette convergence des différentes méthodes de mesure des processus de la reconnaissance suggère qu'elles évaluent toutes les mêmes processus, mais en mettant l'accent sur des aspects différents. Selon ce point de vue, la recollection et la familiarité différencieraient l'une de l'autre à la fois en termes d'état de conscience associé, de degré de contrôle et de degré de confiance. Alors que la recollection est un processus à seuil élevé (donnant lieu à des degrés de confiance très élevés), qui implique la récupération contrôlée d'informations qualitatives (comme par exemple, quand et où un événement est survenu), et qui est associé à la conscience auto-noétique, la familiarité serait un processus qui peut être décrit par la théorie de la détection du signal, relativement automatique et associé à la conscience noétique.

---

<sup>9</sup> Le nombre d'items étudiés reconnus avec un niveau de confiance élevé augmentera sans affecter le taux de fausses reconnaissances. En coordonnées  $z$ , la pente de la courbe devient inférieure à 1.

## 5.4 L'influence du format du test sur les processus de la reconnaissance

Une variable dont l'influence sur la recollection et la familiarité a été très peu étudiée est la manière dont on teste la reconnaissance. Quelques travaux se sont intéressés à l'influence que pouvait avoir la manière dont les réponses « je me souviens / je sais » étaient fournies sur les processus de reconnaissance. Par exemple, Hicks et Marsh (1999) ont examiné dans quelle mesure les caractéristiques de la séquence de test influençaient les performances en reconnaissance et les réponses « je me souviens / je sais ». Ils ont comparé les performances dans un test classique de reconnaissance oui/non, dans un test où les participants effectuaient un jugement « je me souviens / je sais » (Remember / Know, R/K) après une reconnaissance oui/non (ON-puis-RK) et dans un test où les participants faisaient une décision « je me souviens / je sais / nouveau » pour chaque item (R-K-N). Les résultats ont montré que le test standard de reconnaissance oui/non et le test ON-puis-RK ne différaient pas l'un de l'autre. Par contre, le test R-K-N amenait les participants à utiliser un critère de réponse plus libéral que dans les deux autres conditions. En effet, dans ce test, ils reconnaissaient plus d'items cibles et commettaient aussi plus de fausses reconnaissances que dans les autres tâches. De plus, ils donnaient plus de réponses « je me souviens » pour des cibles et pour des distracteurs, et plus de réponses « je sais » pour les distracteurs dans le test R-K-N que dans le test ON-puis-RK. Plus récemment, Eldridge et al. (2002) ont également montré que le fait d'effectuer les jugements oui/non et « je me souviens / je sais » en une seule étape (R-K-N) modifiaient l'utilisation des réponses « je me souviens / je sais » par rapport à des réponses en deux étapes (ON-puis-RK). En effet, dans la condition R-K-N, les participants reconnaissaient plus de cibles sur base de la recollection (« je me souviens ») et faisaient plus de fausses reconnaissances accompagnées de réponses « je sais » que dans la condition ON-puis-RK. En réalité, lors de jugements en une étape, les réponses « je sais » ne permettaient pas de discriminer entre les items étudiés et les nouveaux items, suggérant que ces jugements étaient vraisemblablement contaminés par des réponses de très faible niveau de confiance. Lorsque la possibilité de répondre au hasard était donnée aux participants, la capacité de discrimination entre les items étudiés et les nouveaux items observée pour les réponses « je sais » augmentait significativement. Néanmoins, les participants commettaient plus de fausses

reconnaisances accompagnées de réponses « je sais » et « je devine » dans la condition R-K-N que dans la condition ON-puis-RK. Pour Eldridge et al. (2002), il est préférable d'utiliser la procédure « je me souviens / je sais » en deux étapes, dans laquelle les participants reconnaissent les items étudiés, puis leur associent une réponse « je me souviens » ou « je sais », dans la mesure où la procédure en une étape semble conduire à utiliser ces jugements davantage comme des mesures de niveaux de confiance.

Un autre aspect qui a été peu abordé expérimentalement concerne le format de test. La reconnaissance de type oui/non et la reconnaissance à choix forcé diffèrent-elles quant à la contribution respective que la recollection et la familiarité apportent à la performance ? Cette question fait actuellement l'objet d'un débat animé. Pour certains auteurs, la reconnaissance à choix forcé dépendrait davantage de la familiarité que de la recollection, tandis qu'une plus grande contribution de la recollection serait nécessaire pour atteindre une bonne performance dans les tâches de reconnaissance oui/non (Aggleton & Shaw, 1996 ; Parkin, Yeomans, & Bindschaedler, 1994). Par contre, pour d'autres, la recollection et la familiarité contribueraient de la même manière à la performance dans les deux types de tâches (Khoe, Kroll, Yonelinas, Dobbins, & Knight, 2000).

Certains auteurs considèrent également que les tests de reconnaissance à choix forcé devraient donner lieu à de meilleures performances que les tests de reconnaissance de type oui/non parce que les deux types de tâches ne dépendraient pas des mêmes processus mnésiques. Par exemple, Deffenbacher, Leu et Brown (1981) ont suggéré que les participants réussissaient mieux les tests à choix forcé parce qu'il suffirait dans ce type de test de choisir l'item qui ressemble le plus aux informations stockées en mémoire. Par contre, dans les tests de type oui/non, ils commettraient plus d'erreurs parce qu'ils seraient amenés à penser erronément que des distracteurs qui ressemblent à certaines traces mnésiques ont réellement été présentés. Plus récemment, Aggleton et Shaw (1996) ont décrit des patients amnésiques avec des lésions sélectives de l'hippocampe ou des structures reliées, qui montraient une familiarité intacte et un déficit de recollection. Ces patients obtenaient des performances normales ou

presque normales dans le Recognition Memory Test<sup>10</sup> de Warrington (1984). Les auteurs ont suggéré que ces patients « hippocampiques », qui ne pouvaient se baser que sur la familiarité, avaient une performance de reconnaissance relativement bonne car ce test était à choix forcé et que ce type de test pouvait être bien réussi en comparant le degré de familiarité des items. Ils prédisaient également que ces patients devraient avoir plus de difficulté dans des tâches de reconnaissance qui nécessitent de se souvenir du contexte d'apprentissage de l'item (recollection). Selon Parkin et al. (1994), cela pourrait être le cas lorsque des réponses oui/non sont demandées plutôt qu'un choix forcé. Parkin et al. ont rapporté le cas d'un patient, CB, qui suite à une lésion touchant le lobe frontal, présentait un déficit de rappel, mais une préservation de la reconnaissance. L'exploration de la reconnaissance de CB a révélé que ses performances étaient bonnes dans un test où tous les items cibles et distracteurs étaient présentés simultanément sur une feuille de papier et dans un test de reconnaissance à choix forcé entre trois alternatives. Par contre, il manifestait des difficultés importantes dans un test de reconnaissance oui/non. Parkin et ses collaborateurs ont interprété ces données en proposant que CB réussissait les tests où la familiarité était une base suffisante pour répondre correctement, comme les tâches à choix forcé, mais qu'il échouait aux tests qui exigeaient une plus grande contribution de la recollection, comme les tâches oui/non.

Néanmoins, cette interprétation a été contredite par Khoe et al. (2000). Dans une première expérience, un groupe de participants jeunes devaient étudier deux listes de 50 mots, une des listes selon un encodage superficiel (générer deux voyelles absentes dans le mot) et l'autre selon un encodage profond (donner un mot associé pour chaque item). Dans les expériences 2 et 3, une liste de 200 mots était présentée dans une condition d'encodage superficiel. Dans l'expérience 1, après un intervalle de rétention d'une semaine, les participants recevaient un test de reconnaissance oui/non ou un test à choix forcé. Dans les expériences 2 et 3, après un intervalle de rétention de 30 minutes, les participants réalisaient les deux types de test l'un après l'autre. Ils devaient par ailleurs effectuer un jugement « je me souviens / je sais » pour chaque item reconnu. Les résultats n'ont montré

---

<sup>10</sup> Ce test comporte deux parties. La première consiste en une tâche de reconnaissance à choix forcé de 50 mots. La seconde est une tâche de reconnaissance à choix forcé de 50 photographies de visages non familiers.

aucune différence de performance globale (mesurée par le score  $d'$ <sup>11</sup>) dans les deux types de tests. De plus, les participants utilisaient la recollection aussi fréquemment dans la tâche oui/non que dans la tâche à choix forcé. Dans une quatrième expérience, des patients amnésiques, qui montraient un déficit sévère de recollection, mais une atteinte modérée de la familiarité (Yonelinas, Kroll, Dobbins, Lazzara, & Knight, 1998), n'avaient pas de meilleures performances dans la tâche à choix forcé que dans la tâche oui/non. Plus récemment, Kroll, Yonelinas, Dobbins, et Frederick (2002) ont également montré que les participants donnaient autant de réponses « je me souviens » dans un test de type oui/non que dans un test à choix forcé dans une tâche utilisant des images comme stimuli. Pour Khoe et al. (2000), cela suggère que la familiarité interviendrait de la même manière dans les deux types de tâches de reconnaissance.

Il conviendrait toutefois de vérifier que cette conclusion peut être généralisée à tous les types de matériel. Comme nous le verrons dans le chapitre 2, la résolution de cette controverse concernant l'influence du format du test sur la contribution de la recollection et de la familiarité présente un intérêt particulier dans l'exploration des performances de reconnaissance des patients amnésiques. En effet, certains auteurs (par exemple, Aggleton et Shaw, 1996) prédisent une reconnaissance préservée chez certains patients amnésiques lorsque la tâche de reconnaissance évaluée recrute principalement la familiarité.

### 5.5. Propriétés temporelles de la recollection et de la familiarité

La plupart des modèles en deux processus de la reconnaissance postulent que la familiarité est un processus plus rapide que la recollection (pour une revue, voir Yonelinas, 2002). Cette proposition a été confirmée par plusieurs études ayant

---

<sup>11</sup> Le score  $d'$  mesure la capacité à discriminer des items cibles de nouveaux items. Une valeur de  $d'$  égale à zéro signifie que le participant est incapable de reconnaître les items qui ont été présentés et de rejeter ceux qu'il n'a pas vus. Des valeurs positives élevées reflètent une bonne discrimination. Dans les tests de reconnaissance de type oui/non, le score  $d'$  est calculé par la formule suivante :  $z(\text{hits}) - z(\text{fausses reconnaissances})$ . Dans les tests à choix forcé à deux alternatives, le score  $d'$  est calculé :  $(1/\sqrt{2})(z(\text{hits}) - z(\text{fausses reconnaissances}))$ . Cette correction de  $(1/\sqrt{2})$  est introduite parce que la décision de reconnaissance se base sur la comparaison des distributions de familiarité des deux items d'une paire. Lorsque deux variables normalement distribuées sont additionnées, la nouvelle variable est toujours normale et de variance égale à 2 (car les variances s'additionnent, Macmillan & Creelman, 1991, p. 124).

utilisé deux méthodes afin d'explorer la dynamique temporelle de la reconnaissance. La première méthode est la **procédure du signal-réponse**, appelée aussi « speed-accuracy trade-off » (compromis entre vitesse et exactitude), développée par Reed (1973). Traditionnellement, dans cette procédure, l'item de test apparaît sur l'écran d'un ordinateur, reste visible pendant un délai de durée variable, puis, est remplacé par un signal (par exemple, des rangées d'astérisques ou un son). Dès que le signal apparaît, les participants n'ont que quelques ms (par exemple, 300 ms) pour répondre. Les performances des participants sont comparées pour différentes durées de réponse, allant par exemple de 100 ms à 2500 ms. L'analyse de la courbe représentant l'évolution des performances en fonction du temps de traitement permet d'identifier à partir de quand le processus pertinent pour réaliser la tâche en question devient disponible, c'est-à-dire à quel moment les performances dépassent le niveau du hasard<sup>12</sup>. La deuxième méthode, la **méthode de réponse sous contrainte temporelle**, utilise aussi la limite de temps au moment de la décision de reconnaissance. Les participants doivent répondre après un délai spécifique de présentation de l'item test. Les performances obtenues dans cette condition de contrainte temporelle (par exemple, 900 ms) sont comparées avec les performances obtenues dans une condition soit sans contrainte temporelle, soit avec une contrainte plus laxiste (par exemple, 1500 ms). En bref, tandis que la procédure du signal-réponse examine les performances des participants pour différentes durées de réponses (de très courtes à très longues) et détermine la durée minimale nécessaire pour que le processus pertinent pour la tâche devienne disponible, la méthode de réponse sous contrainte temporelle évalue la diminution des performances dans une condition où les participants ont très peu de temps pour répondre par rapport à une condition où ils disposent du temps nécessaire pour répondre.

#### *La méthode signal-réponse*

La méthode signal-réponse a été utilisée pour examiner le décours temporel de la reconnaissance d'items, de la reconnaissance d'associations (paires de mots ; Gronlund & Ratcliff, 1989) et de la récupération de différents types d'informations

---

<sup>12</sup> Dans une tâche de reconnaissance de type oui/non, les performances dépassent le niveau de la chance lorsque le score  $d'$  est supérieur à 0 ou lorsque le taux de hits est plus élevé que le taux de fausses reconnaissances.



associées à l'item : des détails spécifiques de l'item cible (le mot présenté était-il au singulier ou au pluriel ; Hintzman & Curran, 1994), la modalité de présentation (visuelle versus auditive, Hintzman & Caulton, 1997), la liste dans laquelle l'item est apparu (Hintzman, Caulton & Levitin, 1998), la position spatiale des items (Gronlund, Edwards, & Ohrt, 1997) ou le fait que les items ont été perçus ou imaginés (Johnson, Kounios, & Reeder, 1994). Ces études ont montré que la reconnaissance des items eux-mêmes était possible plus tôt que la récupération d'informations contextuelles associées ou que la reconnaissance d'associations entre deux items. Par exemple, Gronlund et Ratcliff (1989) ont montré que la reconnaissance de mots était supérieure au hasard après environ 350 ms, tandis que la reconnaissance de paires de mots n'était pas possible avant 570 ms. De même, Hintzman et Curran (1994) et Hintzman et al. (1997) ont observé que le temps minimal pour une reconnaissance de mots supérieure au hasard était d'environ 420 ms, alors que des jugements corrects sur le fait qu'un mot était écrit au singulier ou au pluriel à l'encodage (Hintzman & Curran, 1994) ou sur la modalité de présentation du mot (Hintzman et al., 1997) exigeaient au minimum 537 ms.

Les auteurs ont interprété ces résultats en proposant que la reconnaissance d'items, qui est possible après un temps de traitement relativement bref, dépendrait d'un processus de familiarité relativement rapide. Par contre, la reconnaissance d'associations et la récupération d'informations spécifiques et contextuelles impliquerait un processus de recollection, lequel serait disponible environ 200 ms après la familiarité.

Une autre manière d'examiner le décours temporel des processus sous-tendant la reconnaissance est de suivre l'évolution du taux de fausses reconnaissances en fonction du temps de récupération. Plusieurs études ont montré que le taux de fausses reconnaissances de distracteurs similaires aux cibles<sup>13</sup> augmentait puis diminuait en fonction de l'allongement du temps de réponse (Gronlund & Ratcliff, 1989 ; Hintzman & Curran, 1994 ; Rotello & Heit, 2000). Selon les auteurs, ces données indiquent que, dans un premier temps, la familiarité devient disponible et amène les participants à accepter les distracteurs

---

<sup>13</sup> Par exemple, dans les études de Gronlund et Ratcliff (1989) et de Rotello et Heit (2000) examinant la reconnaissance de paires de mots, les distracteurs similaires aux cibles étaient des paires de mots recombinaisons, c'est-à-dire contenant des mots qui avaient été présentés tous les deux, mais associés à d'autres mots.

qui ressemblent aux cibles, puis quelques ms plus tard, le processus de recollection permet de rejeter correctement ces distracteurs. Dans l'étude de McElree, Dolan et Jacoby (1999, expérience 2), les participants lisaient une liste de mots, dans laquelle les mots étaient présentés soit une fois, soit cinq fois. Ensuite, une deuxième liste de mots était présentée auditivement. Lors du test de reconnaissance regroupant des items lus une fois ou cinq fois, des mots entendus et de nouveaux mots, les consignes étaient de ne reconnaître que les mots entendus. De plus, les réponses devaient être données pour des durées variables. Les résultats indiquent que, pour un temps de réponse court (474 ms), les fausses reconnaissances pour les mots lus cinq fois sont plus nombreuses que pour les mots lus une fois, qui elles-mêmes sont plus fréquentes que les fausses reconnaissances pour de nouveaux mots. Avec l'augmentation des temps de réponse, le taux de fausses reconnaissances pour les mots lus une fois diminue (509 ms), suivi par le taux de fausses reconnaissances pour les mots lus cinq fois (529 ms). Ces données suggèrent que les réponses initiales sont basées sur une évaluation de la familiarité de l'item de test, tandis que pour des durées de réponse plus longues, des informations concernant la source de l'information deviennent disponibles et permettent de rejeter les distracteurs ayant des valeurs de familiarité élevées (en l'occurrence, des mots présentés plusieurs fois).

#### *Les réponses sous contrainte temporelle*

L'effet de la contrainte temporelle lors de la réponse sur la recollection et la familiarité a été explorée par plusieurs auteurs au moyen de la procédure de dissociation des processus (Benjamin & Craik, 2001 ; Jacoby, 1999 ; Jacoby, Jones, & Dolan, 1998 ; Toth, 1996 ; Yonelinas & Jacoby, 1994, 1996a). Dans la plupart de ces études, les participants devaient étudier deux listes de mots (parfois, présentées dans des modalités différentes ; Jacoby, 1999 ; Jacoby et al., 1998 ; Toth, 1996) et, lors du test, ils ne devaient accepter comme « anciens » que les mots appartenant à une des deux listes (condition d'exclusion). De plus, dans une condition de contrainte temporelle, les participants devaient répondre très rapidement (dans un délai de 700 ms à 1200 ms après l'apparition de l'item de test<sup>14</sup>). Dans la condition sans contrainte temporelle, les participants répondaient

---

<sup>14</sup> Les délais de réponse dans les différentes études étaient respectivement de 700 ms (Jacoby et al., 1998), 750 ms (Benjamin & Craik, 2001 ; Jacoby, 1999), 900 ms (Yonelinas &

quand ils le souhaitaient (Benjamin & Craik, 2001) ou devaient attendre entre 1200 et 1500 ms avant de répondre (Jacoby, 1999 ; Jacoby et al., 1998 ; Toth, 1996 ; Yonelinas & Jacoby, 1994, 1996a). Les résultats montrent que les estimations de la recollection diminuent significativement dans la condition de contrainte temporelle par rapport à la condition sans contrainte, tandis que les estimations de la familiarité ne sont pas influencées par cette manipulation.

Une seule étude a examiné l'influence de la contrainte temporelle lors de la réponse sur les jugements « je me souviens / je sais » fournis par les participants (Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 1999). Plus précisément, lors d'un test de reconnaissance de mots de type oui/non, les participants devaient indiquer s'ils reconnaissaient les mots ou non dans un délai de 1000 ms (condition de contrainte temporelle) ou devaient attendre 1500 ms avant de répondre (condition sans contrainte temporelle). En outre, lorsqu'ils avaient fourni une réponse « oui », ils devaient préciser s'il s'agissait d'une réponse « je me souviens », « je sais », ou « je devine ». Les réponses « je me souviens » et « je sais » diminuaient toutes deux lorsque les participants disposaient de peu de temps pour répondre par rapport à une condition sans contrainte temporelle. Par ailleurs, lorsque la contribution de la familiarité était estimée selon le postulat d'indépendance, l'effet de la contrainte temporelle semblait plus important sur la familiarité que sur la recollection (réponses « je me souviens »). Ces résultats contredisent donc les données suggérant que la familiarité est un processus plus rapide que la recollection. Pour Gardiner et al. (1999), cela indique que les états de conscience évalués par les réponses « je me souviens / je sais » ne correspondent pas parfaitement aux processus de recollection et de familiarité. Cependant, Yonelinas (2002) accorde peu de crédit à ces résultats car les jugements « je me souviens / je sais » étaient fournis a posteriori et non pas sous contrainte temporelle, ce qui ne permet pas de déterminer exactement comment les deux types de réponse sont influencés par la pression temporelle lors de la réponse.

*Etudes électrophysiologiques*

Les études qui ont examiné les corrélats électrophysiologiques des processus de reconnaissance peuvent également fournir quelques indications quant au déroulement temporel des deux processus. En effet, la technique des potentiels évoqués (ERP) permet de suivre avec une grande précision temporelle l'évolution de la réponse électrophysiologique cérébrale lors d'une tâche particulière.

Certains effets (appelés effets « old/new » car montrant des potentiels électrophysiologiques plus positifs pour les items étudiés reconnus que pour les nouveaux items) sont associés à la récupération réussie d'un événement en mémoire. Deux types d'effets « old/new » ont principalement été distingués : un effet qui survient relativement tôt après la présentation de l'item de test (300 à 500 ms) et qui est détecté au niveau des sites frontaux (**l'effet frontal N400**), et un effet plus tardif (entre 500 et 700 ms) qui est plus prononcé au niveau des sites d'enregistrement pariétaux (**l'effet pariétal**). L'effet pariétal a été associé à la recollection parce qu'il est observé principalement lorsque les participants se souviennent correctement d'informations contextuelles relatives aux items-cibles (par exemple, le type de jugement réalisé lors de l'encodage ou si un mot avait été présenté par une voix masculine ou une voix féminine), tandis que l'effet frontal N400 a été associé à la familiarité car il est observé quand les participants reconnaissent correctement un item, indépendamment de la récupération du contexte (Allan, Wilding, & Rugg, 1998 ; Curran, 2000 ; Curran & Cleary, 2003 ; Wilding & Rugg, 1997a, 1997b ; Wilding, 2000). Par ailleurs, Düzel, Yonelinas, Mangun, Heinze et Tulving (1997) ont observé que l'effet pariétal était plus important pour les réponses « je me souviens » que pour les réponses « je sais » et qu'un effet pouvant correspondre à l'effet N400 était associé aux réponses « je sais ». La réponse électrophysiologique associée à la familiarité apparaîtrait donc plus tôt que la réponse associée à la recollection. Par ailleurs, l'observation de deux effets distincts en potentiels évoqués associés à la recollection et à la familiarité suggère que les deux processus dépendraient de régions cérébrales au moins partiellement différentes.

Signalons aussi qu'un effet frontal plus tardif (survenant après environ 700 ms), principalement dans l'hémisphère droit, a été également associé à la fois à la recollection et à la familiarité et a été attribué aux processus stratégiques qui évaluent les produits de la récupération (Allan et al., 1998 ; Düzel et al., 1997 ;

Mecklinger & Meinshausen, 1998 ; Ranganath & Paller, 1999, 2001 ; Trott, Friedman, Ritter, Fabiani, & Snodgrass, 1999 ; Wilding & Rugg, 1996 ; Wilding et al., 1997a, 1997b ; Wilding, 2000).

## 5.6 Nature de la recollection et de la familiarité

Il n'existe, à l'heure actuelle, aucun consensus concernant la nature exacte des processus de reconnaissance. En fait, plusieurs propositions ont été formulées quant aux mécanismes à la base de la familiarité et de la recollection.

### *Familiarité*

La nature exacte du processus de familiarité demeure l'objet de débats. Selon les cas, la familiarité est considérée comme l'activation de représentations en mémoire sémantique (Tulving, 1985, 1989), comme un processus automatique basé sur la fluence de traitement perceptif (Jacoby & Dallas, 1981 ; Mandler, 1980) ou encore comme un processus dépendant de la fluence de traitement perceptif et conceptuel (Jacoby, Toth, & Yonelinas, 1993 ; Rajaram, 1996, 1998 ; Toth, 1996). En outre, Jacoby et ses collaborateurs (Jacoby, 1991 ; Jacoby & Kelley, 1992 ; Jacoby et al., 1993) conçoivent la familiarité comme un processus relativement automatique et non-conscient alors que Tulving (1985, 1989) définit la familiarité comme un processus conscient. En effet, pour Jacoby et ses collaborateurs, la familiarité apparaît lorsqu'un item qui a déjà été rencontré est traité automatiquement de manière fluente. Par contre, dans la conception de Tulving (1985, 1989), la familiarité correspond à la récupération d'informations en mémoire sémantique, accompagnée d'un état de conscience particulier (la conscience noétique).

Par ailleurs, certaines formulations suggèrent qu'un processus d'attribution est à la base du sentiment de familiarité (Jacoby & Kelley, 1992 ; Jacoby, Kelley, & Dywan, 1989 ; Mayes, 2001). Plus spécifiquement, lorsque nous avons été préalablement soumis à une information et que notre système cognitif la traite de manière plus aisée lors d'une rencontre ultérieure, nous attribuons cette augmentation de fluence au fait que l'information fait partie du passé et la sensation subjective qui accompagne l'augmentation de fluence (le sentiment de

familiarité) est considérée comme la marque du souvenir. Dans cette perspective, l'expérience subjective de souvenir ne fait pas partie de la représentation mnésique elle-même. En effet, il se peut que nous ayons le sentiment de nous souvenir de quelque chose alors qu'il s'agit d'un événement imaginé (par exemple, dans les confabulations, Moscovitch, 1989). En fait, le processus d'attribution dépend de différents facteurs, dont un des plus importants est le but que s'est fixé le participant. Par exemple, si le participant souhaite se souvenir des mots qu'il a appris dans une liste présentée par un expérimentateur, il attribuera l'augmentation de fluence au fait qu'il a déjà rencontré l'information dans la liste (Jacoby et al., 1989). Par contre, dans une autre situation qui exige des jugements de préférence, l'augmentation de fluence sera « interprétée » en termes de préférence, le participant étant ainsi amené à préférer les stimuli préalablement rencontrés par rapport aux nouveaux stimuli (Bornstein, 1989 ; Seamon, Brody, & Kauff, 1983 ; Zajonc, 1968). Toutefois, la nature exacte de ce processus d'attribution et les régions cérébrales qui le sous-tendent ne sont pas encore connues. Ce processus pourrait être une inférence rapide, automatique et inconsciente faite sur base de l'augmentation de la fluence (Jacoby & Kelley, 1992 ; Mayes, 2001).

Néanmoins, il existe des données qui contredisent l'idée selon laquelle la familiarité se baserait sur la fluence, en tout cas perceptive. Ainsi, deux types de données neuropsychologiques suggèrent que les processus de familiarité et d'amorçage perceptif ne recrutent pas nécessairement un processus commun.

Premièrement, plusieurs études ont montré que les patients amnésiques présentaient des effets d'amorçage perceptif normaux, alors qu'ils avaient des performances au niveau du hasard dans des tâches de reconnaissance<sup>15</sup>. Une première étude de Cermak, Talbot, Chandler, et Wolbarst (1985) a montré un effet d'amorçage perceptif normal chez des patients avec syndrome de Korsakoff dans une tâche d'identification perceptive de mots. Par contre, lors de la phase de reconnaissance qui suivait, les patients obtenaient des performances au niveau du hasard. Hamann et Squire (1997) ont quant à eux comparé les performances d'un

---

<sup>15</sup> Des performances au niveau du hasard indiquent que ni la recollection, ni la familiarité ne sont disponibles. Si les performances des patients amnésiques avaient été déficitaires, mais supérieures au hasard, on ne pourrait écarter la possibilité qu'ils étaient incapables d'utiliser la recollection, mais qu'une contribution du processus de familiarité leur permettait malgré tout de reconnaître quelques items. La préservation possible de la familiarité n'aurait pas permis d'infirmer, ni de confirmer l'idée selon laquelle elle repose sur le même processus perceptif que les effets d'amorçage.

patient amnésique (EP) dans des tests d'amorçage perceptif et des tests de reconnaissance de type oui/non et à choix forcé, appariés sur le type de matériel, la longueur des listes d'items et le type d'indices fournis lors du test. EP montrait un effet d'amorçage normal, tandis que sa reconnaissance se situait au niveau du hasard.

Dans un article poursuivant l'exploration du patient EP, Stark et Squire (2000) ont exploré la possibilité que les tests de reconnaissance utilisés précédemment décourageaient l'utilisation de la familiarité et que le déficit de reconnaissance était en fait la conséquence d'un trouble affectant la recollection et non pas d'un trouble touchant la familiarité. Dans cinq expériences, les auteurs ont essayé d'augmenter la contribution de la familiarité à la performance dans une tâche de reconnaissance en utilisant différentes techniques. Dans une première tentative, ils ont administré une tâche de reconnaissance à choix forcé dans laquelle les participants étaient obligés de répondre rapidement, en fixant une limite de temps. Deuxièmement, ils ont manipulé les consignes de test, ne faisant pas référence à la phase d'étude et demandant aux participants de dire lequel parmi deux items était le plus familier. Troisièmement, ils ont demandé aux participants de dire le plus rapidement possible si un mot était familier ou non en utilisant un test de reconnaissance oui/non dans lequel les mots étaient de fréquence basse et donc moins familiers à la base. Quatrièmement, ils ont proposé une tâche de complètement de souches de mots suivie immédiatement d'une tâche de reconnaissance à choix forcé. Dans ce dernier test, le fait de générer le mot sur base de la souche augmentait très fortement la probabilité de le discriminer correctement par rapport à un distracteur pouvant aussi compléter la souche. Enfin, dans une cinquième tentative, un test de complètement de souches de mots suivi d'un test de reconnaissance étaient à nouveau administrés, mais cette fois en adoptant une reconnaissance en format oui/non, en demandant aux participants de dire si le mot qu'ils venaient de générer était dans la liste d'étude ou non. Dans toutes ces tâches de reconnaissance, les performances de EP restaient au niveau du hasard et sa performance n'était pas améliorée par l'amorçage perceptif (complètement de souches), qui était par ailleurs normal.

Dans une autre étude, Reber et Squire (1999) ont manipulé le critère de décision dans un test de reconnaissance. Dans une condition où le critère était souple, les participants étaient encouragés à baser leur décision de

reconnaissance sur la familiarité évoquée par l'item. Dans une condition où le critère était strict, les participants ne devaient dire qu'ils reconnaissaient un item que s'ils étaient certains qu'il était apparu durant la phase d'étude. Si la familiarité repose sur la fluence perceptive, les performances de patients amnésiques qui présentaient un effet d'amorçage perceptif normal auraient dû être meilleures lorsque le critère était souple que lorsqu'il était sévère. Or, ce n'est pas ce que les auteurs ont observé. Les patients amnésiques comme les participants de contrôle ne montraient pas une reconnaissance meilleure quand le critère était souple que quand il était strict. Par ailleurs, la performance en reconnaissance des patients amnésiques était déficitaire. Enfin, Knowlton et Squire (1995) ont rapporté une réduction des réponses « je sais » chez des amnésiques, alors que leurs performances dans des tests de mémoire implicite étaient préservées. Tous ces résultats suggèrent que la reconnaissance ne bénéficierait pas des processus qui sous-tendent l'amorçage perceptif.

Un deuxième type de données neuropsychologiques appuie l'idée que la familiarité et les effets d'amorçage perceptif sont fonctionnellement et anatomiquement distincts. Plusieurs études (Fleischman, Vaidya, Lange, & Gabrieli, 1997 ; Gabrieli, Fleischman, Keane, Reminger, & Morrell, 1995 ; Vaidya, Gabrieli, Verfaellie, Fleischman, & Askari, 1998 ; Wagner, Stebbins, Masciari, Fleischman, & Gabrieli, 1998) ont examiné les capacités de reconnaissance d'un patient (MS) qui, suite à une lésion du lobe occipital droit, présentait un déficit dans les tâches d'amorçage perceptif (par exemple, les tâches d'identification de mots et de complètement de souches de mots). Les résultats ont montré que les performances en reconnaissance de MS étaient tout à fait normales. De plus, lorsque les contributions de la recollection et de la familiarité étaient évaluées au moyen de la procédure de dissociation des processus, il apparaissait que la familiarité comme la recollection du patient étaient intactes (Wagner et al., 1998).

Ces deux ensembles de données, qui constituent une double dissociation (d'une part, une altération de la familiarité en présence d'effets d'amorçage perceptifs préservés dans l'amnésie, et d'autre part une préservation de la familiarité chez un patient présentant un déficit d'amorçage perceptif suite à des lésions occipitales), contredisent la proposition selon laquelle le processus de familiarité reflèterait uniquement une augmentation de la fluence perceptive, laquelle sous-tendrait également le phénomène d'amorçage perceptif. Cela ne



signifie cependant pas qu'une forme de mémoire non-déclarative ne puisse pas contribuer en partie au processus de familiarité (Wagner et al., 1998). En réalité, la familiarité pourrait être multi-déterminée, faisant intervenir l'augmentation de fluence perceptive et conceptuelle, la mémoire sémantique et peut-être d'autres mécanismes, comme des inférences stratégiques (Strack & Förster, 1995 ; Yonelinas, 2002).

Un autre point de divergence entre les modèles de la reconnaissance concerne l'implication ou non d'informations contextuelles dans la familiarité. Bien que certains modèles décrivent la familiarité comme relativement indépendante du contexte d'apprentissage (Atkinson & Juola, 1974 ; Mandler, 1980), Jacoby (1991) critique cette proposition. Pour lui, la familiarité comme la recollection dépendrait du souvenir épisodique formé lors de l'apparition de l'item, ce qui inclut donc les informations relatives à l'item-cible et les informations contextuelles associées. Ce qui distingue les deux processus réside dans le fait que le souvenir de l'épisode est récupéré de manière automatique versus contrôlée. La proposition selon laquelle la familiarité est dépendante du contexte semble d'ailleurs partiellement soutenue par les résultats de l'étude de Perfect, Mayes, Downes et Van Eijk (1996), qui montrent que les justifications associées aux réponses « je sais » font référence dans un tiers des cas à des éléments contextuels (par exemple, des associations avec d'autres items ou avec des expériences personnelles). Par contre, dans leur analyse des descriptions associées aux réponses « je sais », Gardiner et al. (1998) n'ont trouvé aucune indication que ces réponses incluaient la récupération de détails contextuels spécifiques : les participants rapportaient plutôt des sentiments de familiarité ou produisaient des affirmations de « simplement savoir » que l'item était dans la liste. Toutefois, bien que les résultats de Gardiner et al. indiquent que les réponses « je sais » ne contiennent pas de récupération d'éléments contextuels associés spécifiquement à un item, ils n'excluent toutefois pas toute récupération du contexte d'apprentissage (par exemple, les participants jugent que les items familiers ont été rencontrés dans le contexte expérimental, plutôt que dans d'autres circonstances).

Un dernier point concerne les réponses « je sais » (familiarité dans la procédure « je me souviens / je sais »). Gardiner et Conway (1999) suggèrent qu'elles peuvent renvoyer à deux types de réponses : d'une part, un sentiment de familiarité associé à des connaissances pré-existantes (« just knowing », c'est-à-

dire le sentiment de connaissance qui accompagne les souvenirs sémantiques), et d'autre part, un sentiment de familiarité associé à la rencontre récente avec un item dans le contexte expérimental, en l'absence de recollection. Dans une étude écologique, Conway, Gardiner, Perfect, Anderson, et Cohen (1997) ont étudié l'acquisition de connaissances conceptuelles chez des étudiants en psychologie. Ces étudiants devaient choisir parmi trois alternatives l'information correcte apprise lors de leurs cours. De plus, ils devaient caractériser leur réponse en indiquant s'ils se souvenaient de l'épisode d'apprentissage, s'ils savaient simplement que c'était la réponse correcte (« just know »), s'ils trouvaient cette réponse plus familière que les autres, ou s'ils devinaient. Un des résultats intéressants de cette étude concerne la comparaison d'un test initial réalisé juste après un cours introductif avec un test réalisé 6 mois plus tard. Lors du test initial, la plupart des réponses correctes étaient accompagnées de jugements « je me souviens ». Lors du re-test, ces mêmes réponses correctes étaient principalement caractérisées comme « simplement connue » (« just know »), et non plus comme réponses « je me souviens ». Par contre, il n'y avait pas de changement dans les autres réponses correctes basées sur un sentiment de familiarité ou un choix au hasard. Ces données suggèrent un changement d'état de conscience, passant de la récupération consciente du contexte d'apprentissage à un simple sentiment de savoir (« just knowing »), lors de l'acquisition de connaissances conceptuelles. Cet effet était particulièrement marqué chez les étudiants dont les performances étaient excellentes dès le premier test. Pour Conway et al. (1997), ce passage des réponses « je me souviens » à des réponses « just know » reflète la schématisation des connaissances conceptuelles en mémoire sémantique. Initialement, l'accès à des informations nouvellement apprises dépendrait de la mémoire épisodique, puis avec les répétitions, ces connaissances deviendraient plus abstraites, et pourraient être récupérées directement en mémoire sémantique. Le fait que le changement des réponses « je me souviens » en réponses « just know » soit plus important chez les étudiants ayant les meilleures performances lors du test initial suggère qu'une bonne mémoire épisodique facilite l'apprentissage sémantique. Pour Conway et al. (1997), les réponses « just know » et « je sais » reflètent deux types de conscience noétique. Alors que les réponses « just know » reflètent vraisemblablement une récupération d'informations en mémoire sémantique, il est plus difficile d'attribuer le sentiment provisoire de familiarité lié à la rencontre récente d'un item à l'un ou l'autre système mnésique

(Gardiner & Conway, 1999).

### *Recollection*

Concernant la nature de la recollection, plusieurs auteurs pensent qu'elle implique une recherche contrôlée en mémoire de l'item et de ses circonstances d'apprentissage, processus qui joue également un rôle dans les tâches de rappel (Gardiner, 1988 ; Mandler, 1980). La recollection a fréquemment été associée au fonctionnement de la mémoire épisodique (Gardiner & Java, 1990 ; Tulving, 1985, 1989). Plus spécifiquement, la recollection impliquerait une réactivation de l'épisode au cours duquel l'information a été précédemment rencontrée.

L'idée qu'un mécanisme de rappel est impliqué dans la recollection a donné lieu à des hypothèses plus précises concernant le fonctionnement de ce processus. Une première proposition est que, pour chaque item de test, la recollection cherche en mémoire s'il existe une représentation correspondante (Rotello & Heit, 2000 ; Rotello, Macmillan, & Van Tassel, 2000). Si l'item de test active la trace mnésique correspondante et déclenche ainsi le rappel de l'épisode original, le participant acceptera cet item comme ayant été présenté. Par contre, les nouveaux items ne devraient pas conduire au rappel d'une trace mnésique. Ce processus, appelé « recall-to-accept », se distingue d'un deuxième mécanisme, qui permet plutôt de rejeter les items qui n'ont pas été vus précédemment (« recall-to-reject », Gronlund & Ratcliff, 1989 ; Rotello & Heit, 1999, 2000 ; Yonelinas, 1997). Le principe de ce processus est que des traces mnésiques candidates sont récupérées pour chaque item de test. Si ces traces diffèrent de l'item de test par un ensemble (même réduit) de caractéristiques, l'item sera considéré comme distracteur. Ce processus serait particulièrement utile lorsque les distracteurs évoquent un fort sentiment de familiarité (par exemple, pour des distracteurs relativement similaires aux items-cibles). Par exemple, si l'item « fleur » a été étudié, l'item de test « fleurs » peut sembler familier. Le fait de se rappeler que l'item étudié était « fleur » et d'identifier que l'item de test et ce qui est rappelé ne correspondent pas en termes de marque du pluriel permettra de rejeter correctement ce distracteur (Rotello et al., 2000).

Dans le même ordre d'idées, Dobbins, Kroll, Yonelinas et Liu (1998) ont proposé que la recollection peut parfois agir comme un processus d'exclusion,

dans le sens où elle permettrait de rejeter les items qui n'ont pas été présentés, mais qui évoquent un certain degré de familiarité. Dobbins, Khoe, Yonelinas et Kroll (2000) ont par ailleurs examiné les relations existant entre les taux de reconnaissances correctes (hits), de fausses reconnaissances et de réponses « je me souviens ». Les résultats montrent une corrélation significative entre les hits et les fausses reconnaissances, ainsi qu'entre les réponses « je me souviens » et les hits. Par contre, aucune corrélation significative entre les réponses « je me souviens » et les fausses reconnaissances n'a été observée. De plus, lorsque l'effet de la recollection (réponses « je me souviens ») était contrôlé, la relation entre les hits et les fausses reconnaissances était renforcée. Pour Dobbins et al. (2000), cela suggère que les fausses reconnaissances ne sont pas associées au processus de recollection, mais dépendraient surtout d'un sentiment de familiarité. Ainsi, la recollection agirait plutôt pour réduire les fausses reconnaissances. De plus, la reconnaissance correcte des cibles dépendrait à la fois de la recollection et de la familiarité.

Cependant, certaines données suggèrent que la recollection ne peut être totalement assimilée à un processus de rappel. Par exemple, une variable comme la fréquence des mots produit des effets différents sur le rappel et la recollection. Alors que les performances en rappel sont meilleures lorsque les mots sont de haute fréquence par rapport à des mots de basse fréquence (du moins, pour des listes composées de mots de même fréquence, Clark & Burchett, 1994 ; Dewhurst, Hitch, & Barry, 1998 ; Ward, Woodward, Stevens, & Stinson, 2003), l'utilisation de mots de basse fréquence améliore la reconnaissance basée sur la recollection (réponses « je me souviens ») comparativement à des mots de haute fréquence (Gardiner & Java, 1990 ; Gardiner, Richardson-Klavehn, & Ramponi, 1997). Une interprétation possible de cette divergence est que les tâches de rappel et de reconnaissance impliquent des types de recollection différents. Par exemple, Guttentag et Carroll (1997) ont suggéré que la recollection dans les tâches de reconnaissance reposait principalement sur la récupération d'informations spécifiques à l'item de test, tandis que le rappel impliquait la récupération à la fois d'informations spécifiques à l'item et d'informations relatives aux relations entre les items. Pour Guttentag et Carroll, l'utilisation d'informations relationnelles expliquerait l'avantage des mots de haute fréquence dans le rappel car il serait plus facile de former des associations entre des mots de haute fréquence qu'entre des mots de basse fréquence. Par ailleurs, Hasselmo et Wyble (1997, voir aussi

Anderson & Bower, 1972 ; Norman & Schacter, 1996) ont suggéré que la différence entre la recollection et le rappel résidait dans l'utilisation des informations contextuelles. Dans le cas de la reconnaissance basée sur la recollection, le participant part de l'item de test qui lui est présenté et tente de générer le contexte associé à cet item. Le fait de récupérer cette information contextuelle est considéré comme un élément diagnostique du fait que le stimulus a été présenté lors de la phase d'étude. A l'inverse, dans le rappel, il est nécessaire d'élaborer des indices de récupération qui recouvrent suffisamment l'information recherchée pour déclencher sa récupération. Pour cela, le participant se base notamment sur les indices contextuels disponibles (par exemple, la liste de mots à rappeler a été lue par l'expérimentateur, il y a dix minutes, dans ce local) afin de guider sa recherche en mémoire. En bref, tandis que la reconnaissance implique une récupération du contexte sur base de l'information-cible, le rappel implique une récupération de l'information-cible sur base du contexte.

Il faut également signaler que la manière de concevoir la recollection diffère entre d'une part l'interprétation des réponses « je me souviens / je sais » proposée par Gardiner (2001 ; Gardiner et al., 1998), et d'autre part l'interprétation de la procédure de dissociation des processus élaborée par Jacoby (1991). En effet, alors que Jacoby (1991) définit la recollection comme un processus de récupération conscient et contrôlé (alors que la familiarité est un processus non-conscient et automatique), Gardiner et al. (1998) suggèrent que la recollection peut également survenir de manière involontaire et automatique. En effet, Gardiner et al. ont montré qu'une partie des réponses « je me souviens » correspondent au rappel involontaire d'une expérience personnelle, plutôt qu'à la mise en place de stratégies d'encodage. De plus, alors que Jacoby (1991) définit la recollection comme la capacité à récupérer les traits diagnostiques qui permettent de discriminer les items étudiés des autres items, Gardiner et al. (1998) définissent les réponses « je me souviens » comme toute expérience de remémoration consciente associée aux items étudiés, sans les limiter aux expériences qui permettent de discriminer un ensemble d'items d'un autre. Par exemple, le participant peut quelques fois récupérer consciemment des aspects précis associés à l'item (comme par exemple avoir pensé qu'un mot a une signification agréable ou se souvenir que l'on a toussé pendant la présentation du mot) qui ne seraient pas adéquats pour discriminer correctement les items dans une condition d'exclusion de la procédure de dissociation des processus (qui nécessite, par

exemple, de récupérer la liste dans laquelle l'item a été présenté). Yonelinas et Jacoby (1996a) désignent ces types d'expériences recollectives comme la recollection « non critique » par opposition à la recollection « critique » qui permet par exemple de discriminer entre deux listes d'items (ou recollection « non diagnostique » versus « diagnostique », selon Mulligan & Hirshman, 1997). Comme la recollection « non critique » ne permet pas de répondre correctement aux exigences de la condition d'exclusion, elle est incluse dans les estimations de la familiarité de la procédure de dissociation des processus. Par contre, dans la procédure « je me souviens / je sais », les participants classeront cette recollection « non critique » en tant que réponse « je me souviens ».

Afin d'identifier le type d'informations sur lesquelles se basent la remémoration consciente, certaines études ont analysé les justifications que les participants fournissent pour leur réponses « je me souviens » (Gardiner et al., 1998 ; Java, Gregg, & Gardiner, 1997 ; Perfect et al., 1996). Ainsi, Java et al. (1997) ont montré que, après un encodage libre d'une liste de mots, les réponses « je me souviens » reflétaient une grande variété d'expériences, dont les plus fréquentes étaient le rappel d'images ou d'associations générées par rapport au mot cible, la remémoration d'une histoire créée pour intégrer les mots de la liste, l'évocation d'événements personnels associés au mot et le souvenir de la position du mot dans la liste. De plus, lorsque les mots étaient encodés dans le contexte d'une consigne particulière (par exemple, générer un mot sémantiquement associé ou qui rime avec chaque mot cible), les réponses « je me souviens » reflétaient spécifiquement le type de traitement réalisé lors de la phase d'étude. Gardiner et al. (1998) ont en outre distingué deux types de réponses « je me souviens » : premièrement, les réponses qui reflètent l'utilisation volontaire d'associations entre les mots de la liste ou avec d'autres types d'informations, de l'imagerie mentale et de stratégies diverses (par exemple, repérer la position du mot dans la liste) dans le but de mémoriser les items ; et deuxièmement, les réponses qui reflètent l'apparition automatique, involontaire, de souvenirs autobiographiques lors de la présentation du mot. Par ailleurs, pour Dewhurst et Conway (1994), les réponses "je me souviens" sont surtout associées à la présence dans le souvenir récupéré d'informations sensorielles et perceptives, sémantiques, et d'informations indiquant la mise en œuvre d'opérations cognitives au moment de l'étude. Par contre, si ces informations ne sont pas disponibles au moment de la récupération, il n'apparaîtra qu'un sentiment général d'appartenance au passé conduisant surtout à des

réponses « je sais ». Il apparaît également que les participants sont capables de se souvenir du contexte temporel et spatial des items qu'ils ont correctement reconnus et associés à une réponse « je me souviens », tandis qu'ils n'ont pas accès à ces informations contextuelles pour les items reconnus comme familiers (Perfect et al., 1996).

Enfin, il s'agit de soulever la question de l'origine de l'expérience subjective de recollection. De façon parallèle aux auteurs qui ont proposé que le sentiment de familiarité provient de l'attribution au passé d'une augmentation de la fluence de traitement, il a également été suggéré que l'expérience de récupération consciente d'un souvenir épisodique (l'état de conscience auto-noétique) découlait aussi de processus métacognitifs (Norman & Schacter, 1996 ; Mayes, 2001). Ainsi, Mayes (2001 ; voir aussi Mayes & Roberts, 2001) suggère que le même processus d'attribution qui serait à la base du sentiment de familiarité interviendrait lors de la recollection et du rappel. Dans les situations de rappel, la personne élabore des indices de récupération, qui, s'ils recouvrent suffisamment la trace mnésique recherchée, vont automatiquement et rapidement activer le souvenir cible. La recollection impliquerait également un processus de réactivation automatique de l'épisode cible lorsque l'item de test a été étudié (parfois après une recherche active de la trace, comme dans les tâches de rappel). La personne percevrait consciemment l'augmentation de la fluence associée à cette réactivation automatique de la trace mnésique cible et l'attribuerait alors au fait que l'information récupérée provient de la mémoire. Ce modèle suppose donc qu'une augmentation de fluence est toujours présente et constitue la base des phénomènes mnésiques conscients (familiarité et recollection) au travers d'un processus d'attribution. Ainsi, la réactivation des traces mnésiques ne suffit pas en elle-même pour que l'individu éprouve le sentiment de remémoration consciente. L'expérience subjective de rappel ou de recollection découlerait plutôt d'une interprétation de l'activation de la représentation en mémoire. La conception de Moscovitch (1994) contraste toutefois avec cette proposition. Selon cet auteur, la conscience auto-noétique fait partie de la trace mnésique dans le sens où l'hippocampe lie en une trace mnésique plusieurs aspects de l'épisode qui sont perçus consciemment. Par conséquent, la conscience associée à chaque aspect est intégrée dans la nouvelle trace mnésique. Lorsque la trace mnésique est réactivée, l'expérience consciente qui y est associée est également récupérée et produit une sensation de « déjà rencontré » qui permet d'identifier le souvenir

comme correspondant à un événement ayant été vécu auparavant.

## 5.7 Conclusions

Plusieurs modèles postulent que la reconnaissance se base sur deux processus de récupération distincts : la recollection et la familiarité. Cependant, ces modèles ne conçoivent pas la nature de ces deux processus de la même manière. D'une manière générale, tandis que Tulving (1985) conçoit les deux processus impliqués dans la reconnaissance comme reflétant la récupération d'informations dans des systèmes mnésiques différents (la mémoire épisodique versus la mémoire sémantique) et donnant lieu à des expériences subjectives distinctes (conscience auto-noétique versus conscience noétique), Jacoby (1991) considère que les deux processus se distinguent en termes de contrôle (l'un étant contrôlé, et l'autre automatique). Par ailleurs, Yonelinas (1994, 1997) relie la recollection et la familiarité à des niveaux de confiance différents (la recollection étant accompagnée d'un degré de confiance très élevé et la familiarité produisant des degrés de confiance variables). Pour Yonelinas (2001, 2002), ces différentes conceptions ne s'opposent pas réellement. Au contraire, elles pourraient mettre en avant des aspects différents de chaque processus, de sorte que l'on pourrait en définitive considérer que la recollection est un processus intentionnel associé à un état de conscience auto-noétique et permettant un degré de confiance élevé, et que la familiarité est un processus qui peut être décrit par la théorie de détection du signal, automatique et associé à un état de conscience noétique.



## Chapitre 2

# Rôle de l'hippocampe dans le fonctionnement de la mémoire épisodique

L'intérêt pour le rôle de l'hippocampe et des structures qui lui sont reliées dans le fonctionnement de la mémoire épisodique est principalement né avec la découverte des difficultés sélectives que présentaient des patients à mémoriser de nouveaux épisodes personnellement vécus ainsi que de nouvelles informations factuelles à la suite d'une lésion touchant le lobe temporal interne, incluant l'hippocampe (Scoville & Milner, 1957). Par la suite, de très nombreux travaux se sont consacrés à la compréhension des soubassements cérébraux de la mémoire et de la contribution respective des différentes structures impliquées. Dans ce contexte, plusieurs modèles mettant l'accent sur le rôle de l'hippocampe dans la mémoire ont été formulés (par exemple, Eichenbaum, Otto, & Cohen, 1994 ; Mishkin, Vargha-Khadem, & Gadian, 1998 ; O'Keefe & Nadel, 1978 ; Squire, 1992 ). L'exploration approfondie des performances mnésiques des patients amnésiques ainsi que les études d'imagerie cérébrale ont accru de façon substantielle notre connaissance des fonctions remplies par l'hippocampe. Néanmoins, il subsiste de nombreux points d'interrogation et de désaccord.

Dans ce chapitre, après une description anatomique de l'hippocampe et un bref exposé de quelques théories influentes concernant le rôle de l'hippocampe dans la mémoire, nous nous focaliserons sur une controverse actuelle, qui s'articule autour de la question suivante : les différentes structures du lobe temporal interne (plus précisément, l'hippocampe et les cortex temporaux adjacents) apportent-elles des contributions distinctes à la mémoire ? Nous

aborderons cette controverse en présentant principalement les données relatives aux performances dans les tâches de reconnaissance.

## 1. DESCRIPTION ANATOMIQUE DE L'HIPPOCAMPE

La région hippocampique est une structure archicorticale, bilatérale, située sur la face interne du lobe temporal. La corne d'Ammon (incluant les champs cellulaires CA1, CA2, CA3 et CA4), le gyrus dentelé et le subiculum s'enroulent l'un autour de l'autre formant une spirale dans le plan coronal, et s'étendent dans une direction rostro-caudale le long du lobe temporal interne. Les différentes régions corticales du lobe temporal interne (le cortex parahippocampique, le cortex entorhinal et le cortex périrhinal) entourent l'hippocampe dans ses parties inférieures et latérales.

D'un point de vue terminologique, le terme « hippocampe » a été utilisé de manière variable pour désigner différents ensembles de structures : les champs cellulaires (ou corne d'Ammon) de l'hippocampe lui-même, une région plus large englobant l'hippocampe, le gyrus dentelé et le subiculum, ou parfois même incluant les régions corticales adjacentes. Zola et Squire (2000) ont proposé d'adopter la terminologie suivante : le terme **hippocampe** désigne les champs cellulaires de l'hippocampe lui-même et le gyrus dentelé ; le terme **région hippocampique** inclut l'hippocampe, le gyrus dentelé et le subiculum ; le terme **formation hippocampique** renvoie à la région hippocampique et au cortex entorhinal.

A un niveau plus global, l'hippocampe fait partie du système limbique (MacLean, 1949, 1952), qui inclut différentes structures cérébrales interconnectées. Outre l'hippocampe, le système limbique comprend le paléocortex (ou cortex olfactif), le thalamus antérieur, les corps mamillaires, le gyrus cingulaire, l'amygdale, les noyaux septaux (de la région basale sous-frontale) et le cortex frontal.

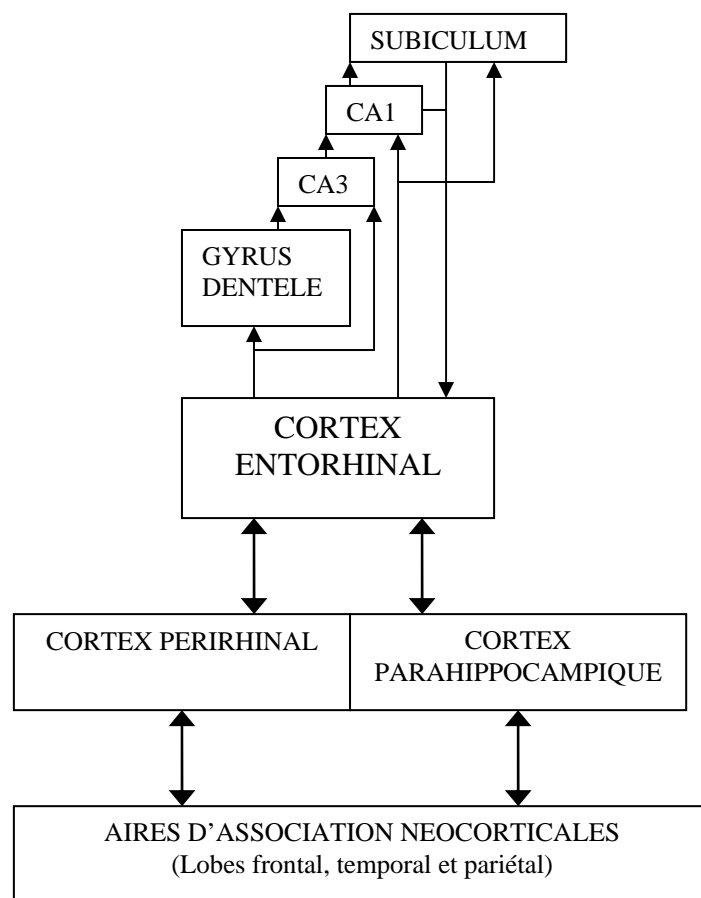


Figure 1. Représentation schématique de l'organisation des structures du lobe temporal interne, d'après Zola et Squire (2000).

La Figure 1 montre comment les différentes structures du lobe temporal interne sont connectées les unes aux autres selon une organisation hiérarchique (Lavenex & Amaral, 2000 ; Mishkin et al., 1998 ; Squire, 1992 ; Zola & Squire, 2000). L'information qui a été traitée par les aires d'association néocorticales arrive au cortex périrhinal et au cortex parahippocampique (Suzuki & Amaral,

1994). Ces deux structures apportent deux tiers des inputs néocorticaux au cortex entorhinal, qui lui-même constitue la voie d'entrée principale vers le gyrus dentelé et la corne d'Ammon, via la voie perforante (Lavenex & Amaral, 2000 ; Suzuki & Amaral, 1994). Outre les afférences parahippocampiques et périrhinales, le cortex entorhinal reçoit aussi des projections du gyrus temporal supérieur, du cortex insulaire, du cortex orbitofrontal, du cortex cingulaire et du cortex rétrosplénial (Insausti, Amaral, & Cowan, 1987). Les cortex parahippocampique, périrhinal et entorhinal ne se contentent pas de transmettre les informations vers l'hippocampe telles qu'elles arrivent, mais possèdent des connections associatives qui intègrent les afférences unimodales et multimodales en provenance des lobes temporaux, pariétaux et frontaux<sup>1</sup>. L'information qui arrive à l'hippocampe est donc déjà hautement intégrée (Lavenex & Amaral, 2000). Cependant, le degré ultime de convergence est atteint dans la région hippocampique. En particulier, le gyrus dentelé condense l'information reçue du cortex entorhinal et l'envoie dans la région CA3. Ce champ cellulaire de la corne d'Ammon possède un grand nombre de connections récurrentes, formant ainsi un important réseau d'auto-association (Rolls, 2000). C'est dans cette région que les différentes composantes d'un pattern sont associées les unes aux autres. L'information en provenance de la région CA3 est alors transmise à la région CA1, à partir de laquelle sont organisées les voies de retour de cette information vers le néocortex

Il existe deux voies de sortie pour les patterns hautement associatifs formés dans l'hippocampe. La première voie passe par la fimbria et le fornix et arrive aux corps mamillaires, puis, via le faisceau mamillo-thalamique, au thalamus antérieur. De là, le thalamus antérieur envoie des projections vers le cortex rétrosplénial, le cortex cingulaire, le cortex frontal et les noyaux du septum. Ce circuit est connu sous le nom de circuit de Papez (Papez, 1937 ; Delay & Brion, 1969). Selon la deuxième voie, l'information en provenance de la région CA1 passe par le subiculum, puis par le cortex entorhinal. Le cortex entorhinal envoie cette

---

<sup>1</sup> Une grande partie des inputs du cortex périrhinal et du cortex parahippocampique proviennent des aires visuelles. Alors que le cortex périrhinal reçoit surtout des informations visuelles relatives aux objets (voie visuelle ventrale), le cortex parahippocampique reçoit plus spécifiquement des informations visuo-spatiales (voie visuelle dorsale) (Mishkin, Suzuki, Gadian, & Vargha-Khadem, 1997 ; Lavenex & Amaral, 2000). Entre outre, dans l'organisation hiérarchique du lobe temporal interne, le cortex entorhinal représente un niveau d'associativité supérieur à celui des cortex parahippocampique et périrhinal (Lavenex & Amaral, 2000 ; Mishkin et al., 1998).

information vers le cortex parahippocampique et le cortex périrhinal, qui à leur tour disséminent les efférences vers les régions associatives temporales, frontales et pariétales.

En avant de l'hippocampe, se trouve l'amygdale qui possède des connexions avec le cortex entorhinal et l'hippocampe. Cette structure serait impliquée dans certains traitements émotionnels et ses connexions avec l'hippocampe permettrait une modulation émotionnelle de la mémoire épisodique (LeDoux & Phelps, 2000 ; McDonald, Ergis, & Winocur, 1999).

En résumé, des informations en provenance de plusieurs régions néocorticales convergent vers l'hippocampe, où elles sont associées en une seule représentation cohérente. Des projections réciproques permettent de renvoyer ce pattern d'activation vers les régions néocorticales. Ces propriétés donnent un rôle crucial à l'hippocampe dans la formation des souvenirs complexes caractéristiques de la mémoire épisodique, et aux interactions entre l'hippocampe et le néocortex dans la consolidation et le stockage d'informations en mémoire à long terme.

## **2. MODELES CLASSIQUES DU ROLE DE L'HIPPOCAMPE DANS LA MEMOIRE**

Dans cette section, nous décrivons brièvement les modèles les plus influents de la fonction de l'hippocampe dans la mémoire. Ces modèles mettent l'accent sur le rôle de l'hippocampe dans la mémoire spatiale (O'Keefe & Nadel, 1978), dans l'association des différents éléments constituant un souvenir (Eichenbaum et al., 1994 ; Mishkin et al., 1998 ; Moscovitch, 1992, 1994 ; Rolls, 1996 ; Rudy & Sutherland, 1994 ; Squire, 1992), ou dans le stockage temporaire des souvenirs lors du processus de consolidation (Alvarez & Squire, 1994 ; McClelland et al., 1995 ; Murre, 1997).

### ***Hippocampe et cartes cognitives***

Une théorie qui a fortement contribué à améliorer la compréhension du rôle de l'hippocampe dans la mémoire est la théorie de la « carte cognitive » (« cognitive map theory », O'Keefe & Nadel, 1978 ; Nadel, 1994). Cette théorie établit une

distinction entre différents systèmes mnésiques, sous-tendus par des régions cérébrales distinctes : d'une part un système « local » et d'autre part des systèmes « taxon ». Le système « local », qui dépend de manière cruciale de l'hippocampe, enregistre rapidement les informations spatiales sur l'environnement, qui sont indépendantes du point de vue de la personne (informations spatiales allocentriques). Selon O'Keefe et Nadel (1978), l'hippocampe peut encoder en un seul essai un épisode et son contexte spatial dans une « carte cognitive ». Quant aux systèmes « taxon », indépendants de l'hippocampe, ils interviennent dans d'autres types d'apprentissages, progressifs et indépendants du contexte d'apparition des événements, comme le conditionnement ou l'apprentissage procédural. Ayant initialement appliqué la théorie de la « carte cognitive » au fonctionnement de la mémoire chez l'animal, O'Keefe et Nadel (1978) ont proposé que cette théorie pouvait également expliquer l'amnésie humaine. En particulier, les patients amnésiques porteurs de lésions temporales internes présenteraient un déficit du système « local », perturbant l'encodage des événements dans un contexte spatial particulier, tandis que les systèmes « taxon » seraient préservés. Cette théorie a fortement contribué au développement de la notion actuelle de liaison entre des événements vécus et leur contexte spatial et temporel.

### ***Hippocampe et apprentissage associatif***

L'idée d'un rôle critique de l'hippocampe dans la création d'associations entre stimuli, mais qui ne serait pas limité aux associations spatiales, est à la base de la plupart des modèles actuels qui attribuent à l'hippocampe un rôle important dans l'apprentissage associatif, relationnel, configural ou conjonctif (par exemple, Eichenbaum et al., 1994 ; Mishkin et al., 1998 ; Moscovitch, 1992, 1994 ; Rolls, 1996 ; Rudy & Sutherland, 1994 ; Squire, 1992). Ce rôle d'« associateur » est compatible avec l'organisation anatomique de l'hippocampe et la convergence au sein de cette structure des afférences en provenance de nombreuses régions corticales. D'une manière générale, ces modèles proposent que l'hippocampe est requis pour les types d'apprentissage dans lesquels une combinaison unique de stimuli doit être mémorisée. En guise d'illustration, nous décrivons brièvement le modèle de Moscovitch (1992, 1994).

Le modèle de la mémoire de Moscovitch (1992, 1994) comprend quatre composantes ou modules : une composante néo-corticale non frontale qui est impliquée dans les effets d'amorçage spécifiques aux items, une composante procédurale sous la dépendance des noyaux gris centraux, une composante hippocampique responsable de l'encodage, du stockage et de la récupération explicite des souvenirs épisodiques, et une composante frontale, de « travail avec la mémoire » (« working-with-memory ») qui intervient lorsque les tâches nécessitent la mise en place de processus stratégiques. Ainsi, le rôle spécifique du système (ou module) hippocampique (qui inclut l'hippocampe lui-même, le cortex entorhinal, le cortex périrhinal, le cortex parahippocampique, les structures diencephaliques connectées à l'hippocampe, le fornix et le cortex cingulaire) est de lier les différentes composantes d'un épisode afin de créer une trace mnésique cohérente. Ce processus de liaison agirait de manière automatique dès qu'un événement est perçu consciemment. Dans ce module, les événements ne sont pas encodés sur base d'une organisation stratégique, mais par simple contiguïté spatiale et temporelle. Pour qu'un épisode soit récupéré de manière consciente, la trace mnésique doit être réactivée via le système hippocampique. Pour cela, il suffit qu'un indice externe ou généré de l'intérieur active automatiquement la trace hippocampique auquel il est associé et la ramène ainsi à la conscience (processus de récupération associatif ou ecphorique).

Il faut par ailleurs signaler que la plupart de ces modèles ne limite pas le rôle de l'hippocampe à l'encodage. En effet, l'hippocampe contribuerait également à la récupération des souvenirs, via le processus de complètement de pattern. Plus spécifiquement, lorsqu'une personne est confrontée à un des traits d'un épisode encodé, la représentation de ce trait sera activée dans le néocortex et cette activation sera traduite par une activation de la partie correspondante dans la trace hippocampique. L'activation s'étendra rapidement aux autres composantes de la trace hippocampique, de sorte que le souvenir complet sera récupéré. O'Reilly et Rudy (2001) soulignent que l'organisation anatomique de l'hippocampe se prête particulièrement bien à un rôle dans le complètement de pattern. En effet, l'ensemble de connections collatérales de la région CA3 facilite l'extension d'une activation partielle aux autres unités d'un pattern et permet ainsi de combler les parties manquantes.

### ***Hippocampe et consolidation des souvenirs***

Plusieurs modèles ont attribué un rôle crucial à l'hippocampe dans la consolidation des souvenirs, c'est-à-dire dans les processus impliqués dans le stockage à long terme des nouvelles informations. Les principes de base de ces modèles ont été énoncés dans le premier chapitre (point 3.2).

Selon ces principes, la consolidation d'un souvenir implique deux processus distincts, reposant sur des structures cérébrales différentes mais en étroite interaction. Initialement, les nouvelles informations seraient mémorisées rapidement, mais temporairement dans les structures du lobe temporal interne –le lobe temporal interne dans son entièreté (Alvarez & Squire, 1994 ; Squire & Alvarez, 1995) ou plus spécifiquement l'hippocampe (McClelland et al., 1995 ; O'Reilly & Rudy, 2001). Plus spécifiquement, les différents éléments d'un épisode, distribués sur plusieurs régions néocorticales, convergent vers l'hippocampe (ou le lobe temporal interne) où elles sont associées en une représentation cohérente. A ce stade, les différentes composantes néocorticales de la trace mnésique ne sont pas associées les unes aux autres. Cependant, chaque fois que la nouvelle trace est réactivée via l'hippocampe (ou le lobe temporal interne) suite à des répétitions internes (récapitulations mentales) ou externes (ré-expositions), les projections réciproques entre les structures hippocampiques et le néocortex vont permettre de réactiver de manière conjointe les différentes composantes néocorticales de l'événement et de renforcer graduellement les connections entre ces composantes. Enfin, lorsque la représentation corticale est consolidée en tant que trace cohérente, l'indice hippocampique cesse de jouer un rôle critique dans le maintien de la trace et est libéré pour créer de nouvelles traces mnésiques. Ainsi, selon ce modèle, les structures temporales internes joueraient un rôle temporaire dans le stockage des souvenirs épisodiques. Pour certains auteurs (McClelland et al., 1995 ; Squire & Alvarez, 1995), les souvenirs resteraient dépendants de l'hippocampe pendant une période de 2 ou 3 ans avant que la réorganisation se produise et que le souvenir devienne dépendant des structures néocorticales et indépendant de l'hippocampe.

Le modèle « Trace-Link » de Murre (1997, 2002) propose également que les différentes composantes d'un épisode, représentées dans plusieurs nœuds du système Trace (le néocortex), sont initialement consolidées en une trace cohérente dans quelques nœuds du système Link (équivalent à l'hippocampe ou



au lobe temporal interne). La réactivation répétée de l'épisode conduit progressivement au renforcement des connections entre les différents nœuds du système Trace, de sorte que la récupération de cet épisode devient indépendante du système Link. La particularité du modèle de Murre (1997, 2002) est l'introduction d'un système modulateur qui influence le système Link et qui inclut certains noyaux des régions basales sous-frontales (en particulier, le noyau basal qui fournit des inputs cholinergiques à l'hippocampe). Le rôle du système modulateur est de rendre le système Link disponible pour enregistrer rapidement un nouvel épisode. Il est activé par certains états, comme par exemple une augmentation de l'attention, ou par certains aspects du stimulus, tels que sa nouveauté ou sa pertinence biologique (par exemple, dans le cas de stimuli émotionnels impliquant le danger).

Dans les conceptions de McClelland et al. (1995), Murre (1997) et Alvarez et Squire (1994), une fois que la représentation mnésique a été consolidée dans le néocortex, la représentation « condensée » stockée dans l'hippocampe ou le lobe temporal interne peut être supprimée pour permettre la création de nouvelles représentations condensées. Nadel et Moscovitch (1997, 1998 ; Nadel, Samsonovitch, Ryan, & Moscovitch, 2000 ; Fujii et al., 2000) ont cependant proposé une théorie alternative à ces modèles classiques de la consolidation en mémoire : la **théorie des traces multiples**. Selon cette théorie, le complexe hippocampique (incluant le cortex entorhinal, périrhinal, et le gyrus parahippocampique) et les structures diencephaliques reliées encodent rapidement et automatiquement toutes les informations auxquelles la personne prête attention ou qui sont appréhendées consciemment. Ce processus conduit à la création, au sein du complexe hippocampique, d'un code qui relie les différents aspects de l'épisode représentés dans les régions unimodales et hétéromodales d'association en une trace cohérente et unique. Ces codes constituent des pointeurs vers le cortex associatif (ou d'autres régions) qui sous-tend les représentations de l'épisode : c'est via ces codes que les épisodes seront récupérés. De plus, chaque fois que la trace mnésique d'un épisode est réactivée, le contexte particulier dans lequel cela se produit est différent. Selon le modèle des traces multiples, cette réactivation est automatiquement encodée dans l'hippocampe sous un nouveau code, qui comportera toutes les informations contenues dans l'épisode initial ou une partie d'entre elles, auxquelles s'ajouteront les détails contextuels spécifiques à la réactivation. Dans cette perspective, plus

un souvenir est ancien et plus il est susceptible de conduire à la création de plusieurs codes au sein du complexe hippocampique, lesquels seront dispersés sur des régions plus étendues du système. La création de ces traces multiples et reliées facilitera l'abstraction de l'information factuelle contenue dans un épisode et son intégration dans le réseau de connaissances sémantiques existantes. Ces faits sémantiques seront en définitive séparés de l'épisode d'apprentissage initial et stockés indépendamment de celui-ci (et donc indépendamment de l'hippocampe). Par contre, les informations contextuelles (en particulier, le contexte spatial) qui donnent sa qualité épisodique à un souvenir nécessiteront toujours l'implication de l'hippocampe. En résumé, contrairement à McClelland et al. (1995), Murre (1997) et Alvarez et Squire (1994) pour qui l'hippocampe perd sa fonction de maintien de la trace mnésique lorsque le souvenir épisodique a été consolidé au niveau des connections néocorticales, Nadel et Moscovitch (1997, 1998 ; Fujii et al., 2000) considèrent que l'hippocampe est indispensable pour le stockage à long terme et la récupération des souvenirs épisodiques aussi longtemps qu'ils subsistent.

Malgré des divergences concernant la durée de l'intervention de l'hippocampe dans la formation de souvenirs épisodiques durables, les différents modèles de la consolidation s'accordent tous sur le fait que l'hippocampe joue un rôle de liaison (« binding ») des différents éléments d'un épisode, qui sont représentés dans diverses régions corticales.

### **3. LA CONTRIBUTION DES DIFFERENTES STRUCTURES DU LOBE TEMPORAL INTERNE DANS LA MEMOIRE : DONNEES NEUROPSYCHOLOGIQUES ET MODELES THEORIQUES**

Il existe actuellement deux conceptions divergentes concernant le rôle des différentes structures temporales internes dans la mémoire. D'une part, certains auteurs ont proposé que l'hippocampe jouait un rôle sélectif dans la mémoire épisodique et contribuait peu ou pas à la mémoire sémantique (par exemple, Aggleton & Brown, 1999 ; Vargha-Khadem et al., 1997). D'autre part, Squire et ses collaborateurs défendent l'idée selon laquelle l'hippocampe et les cortex adjacents contribuent à la fois à la mémoire épisodique et à la mémoire sémantique, celles-ci formant la mémoire déclarative (par exemple, Squire & Zola, 1998 ; Zola & Squire, 2000). Ce débat s'est notamment développé autour de deux problématiques

particulières : les performances en reconnaissance et l'apprentissage de nouvelles connaissances sémantiques dans l'amnésie consécutive à des lésions temporales internes.

### **3.1 Dissociation entre le rappel et la reconnaissance dans l'amnésie**

Le syndrome amnésique est classiquement défini par la présence de performances déficitaires dans les tests standard de mémoire explicite (rappel et reconnaissance). S'il est incontestable qu'un déficit dans les tâches de rappel libre est très fréquent chez les patients amnésiques, il existe par contre un débat concernant l'intégrité de la reconnaissance dans l'amnésie. Cette controverse est importante dans la mesure où elle oppose les partisans d'un système unitaire de mémoire déclarative (Cohen & Squire, 1980 ; Squire & Knowlton, 1995 ; Squire & Zola, 1996, 1998) à ceux qui opèrent une distinction entre la mémoire épisodique et la mémoire sémantique (Tulving, 1983, 1995 ; Tulving & Markowitsch, 1998).

#### ***Déficit de reconnaissance dans l'amnésie***

Plusieurs auteurs ont été amenés à considérer, sur base de différentes données empiriques, qu'un déficit de reconnaissance constitue une caractéristique robuste de l'amnésie humaine (Haist, Shimamura, & Squire, 1992 ; Manns & Squire, 1999 ; Reed & Squire, 1997 ; Squire & Knowlton, 1995 ; Squire & Shimamura, 1986 ; Stefanacci, Buffalo, Schmolck, & Squire, 2000). Il a en effet été fréquemment montré que les performances en reconnaissance des patients amnésiques étaient déficitaires, au même titre que leurs performances en rappel (Cermak et al., 1985 ; Hamann & Squire, 1997 ; Reber & Squire, 1999 ; Rempel-Clower, Zola, Squire, & Amaral, 1996 ; Squire, Shimamura, & Graf, 1985 ; Stark & Squire, 2000b ; Zola-Morgan, Squire, & Amaral, 1986). Par ailleurs, certaines études se sont spécifiquement intéressées au statut de la reconnaissance dans l'amnésie. Par exemple, Squire et Shimamura (1986) ont administré à six patients Korsakoff, quatre amnésiques d'étiologie variée (anoxie, traumatisme crânien) et vingt patients traités par électrochocs une tâche de reconnaissance de mots en format oui/non et le Recognition Memory Test (RMT) de Warrington (1984). Tous les patients avaient des performances déficitaires dans le test de reconnaissance

oui/non. De plus, un seul des patients (présentant une atteinte thalamique dorsale gauche) obtenait des résultats normaux au RMT. Ultérieurement, Reed et Squire (1997) ont rassemblé les données de plusieurs études menées par leur équipe et portant sur les performances de six patients avec lésions hippocampiques confirmées ou suspectées, dans plusieurs tests de reconnaissance incluant des tests verbaux et non verbaux, des procédures de reconnaissance à choix forcé et de type oui/non (chaque participant ayant reçu entre onze et vingt-cinq tests). Globalement, ils ont observé des performances déficitaires en reconnaissance chez tous les patients, et dans tous les tests. De même, les patients montraient un déficit dans une tâche adaptée du paradigme habituellement utilisé pour explorer la reconnaissance chez l'animal (généralement, le singe), la *tâche de « delayed nonmatching-to-sample »*<sup>2</sup>.

Plusieurs études ont également directement comparé les performances de patients amnésiques dans des tâches de rappel et de reconnaissance. Afin d'éviter un problème d'interprétation lié aux différences de difficulté entre ces deux types de tâche, Haist et al. (1992) ont égalisé les performances en reconnaissance à choix forcé de douze patients amnésiques d'étiologies variées (syndrome de Korsakoff, épisode d'anoxie, infarctus thalamique, traumatisme crânien) avec celles de participants de contrôle en augmentant l'intervalle de rétention pour ces derniers, et ont ensuite comparé les performances des deux groupes en rappel. Ils ont observé que, lorsque les performances en reconnaissance étaient appariées entre les patients amnésiques et les participants de contrôle, les performances en rappel étaient également équivalentes entre les deux groupes, ce qui suggère que les patients présentaient un déficit en reconnaissance équivalent à leur déficit en rappel. Ces résultats ont amené les auteurs à considérer que l'amnésie altère la reconnaissance autant que le rappel et que ces deux fonctions étroitement reliées dépendent d'un même système mnésique, perturbé dans l'amnésie (Haist et al., 1992). Des performances équivalentes en rappel et en reconnaissance de mots ont également été rapportées par MacAndrew, Jones et Mayes (1994) dans une série d'expériences où les scores de reconnaissance à choix forcé étaient appariés

---

<sup>2</sup> Dans une version standard de cette tâche (Mishkin, 1978), on présente tout d'abord une liste d'objets sans signification pouvant aller jusqu'à 20 items, puis l'animal est testé avec 20 paires d'objets. Chaque paire se compose d'un objet présenté et d'un nouvel objet. L'animal est récompensé s'il choisit le nouvel objet.

entre des patients amnésiques (principalement, des patients Korsakoff) et des participants de contrôle en manipulant la durée du délai de rétention et/ou le temps de présentation des mots.

Plus récemment, Kopelman et Stanhope (1998) ont comparé les performances en rappel de listes de mots de 15 patients amnésiques ayant des lésions diencephaliques (13 souffrant d'un syndrome de Korsakoff d'origine éthylique et 2 ayant souffert d'une encéphalopathie de Wernicke), de 14 patients amnésiques ayant des lésions temporales (9 patients présentant des lésions étendues du lobe temporal interne suite à une encéphalopathie herpétique, 4 patients hypoxiques et un patient souffrant d'épilepsie temporale) et de participants de contrôle lorsque les performances en reconnaissance étaient appariées entre les groupes. Afin d'apparier les scores de reconnaissance (tâche à choix forcé), le temps de présentation des items était manipulé. Les mots étaient présentés pendant environ 9 secondes chez les patients amnésiques et 3 secondes chez les participants de contrôle. Par ailleurs, afin que la durée séparant la présentation d'un mot et son apparition dans la phase de test soit équivalente pour tous les groupes de participants, la longueur totale de la phase d'étude était maintenue constante en ajustant l'intervalle inter-stimuli selon les groupes. Ainsi, l'intervalle inter-stimuli était plus long chez les participants de contrôle que chez les patients amnésiques. Les résultats n'ont pas mis en évidence de déficit disproportionné en rappel chez les patients amnésiques. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée entre les patients selon leur étiologie, bien qu'une tendance à manifester un déficit de rappel plus important chez les patients hypoxiques et le patient épileptique était présente.

Par ailleurs, Manns et Squire (1999) ont examiné les performances de six patients, dont les lésions étaient limitées à l'hippocampe (bilatéralement chez trois d'entre eux), dans le Test des Portes et des Personnes (Baddeley, Emslie, & Nimmo-Smith, 1994). Ce test évalue le rappel et la reconnaissance d'informations verbales et visuelles avec des tâches dont la difficulté est égalisée. Les résultats ont indiqué que tous les patients présentaient un déficit sévère en rappel et en reconnaissance. Des résultats similaires ont été observés par Cipolotti et al. (2001) chez un patient hippocampique.

Enfin, des études plus récentes ont montré que des patients ayant des lésions bilatérales limitées à l'hippocampe présentaient des déficits équivalents dans des

tâches de reconnaissance d'items et des tâches de reconnaissance d'associations – qu'il s'agisse d'associations entre les différents composants d'un item (distinguer des mots étudiés de nouveaux mots composés de syllabes provenant de deux autres mots étudiés), d'associations entre items du même type (par exemple, des paires de mots) ou d'associations entre items de types différents (par exemple, des paires associant une photographie de maison et une photographie de personne) (Stark, Bayley, & Squire, 2002 ; Stark & Squire, 2003).

*Lobe temporal interne et mémoire déclarative.* Les données suggérant que le rappel comme la reconnaissance sont altérés chez des patients amnésiques suite à une lésion touchant le lobe temporal interne ou les régions diencephaliques ont contribué à appuyer le modèle de l'organisation de la mémoire (avec ses bases neuroanatomiques) formulé par Squire et ses collaborateurs (Squire, 1992 ; Squire, Knowlton, & Musen, 1993 ; Squire & Zola, 1996, 1998 ; Squire & Zola-Morgan, 1991 ; Zola & Squire, 2000). D'une manière générale, ce modèle propose que la mémoire déclarative (qui sous-tend le rappel et la reconnaissance) dépend du lobe temporal interne et des régions diencephaliques reliées, tandis que la mémoire non déclarative (responsable des effets d'amorçage perceptif, de l'apprentissage d'habiletés...) dépend d'autres structures corticales et sous-corticales.

Squire et ses collaborateurs définissent un « **système de mémoire du lobe temporal interne** », responsable de l'acquisition de nouvelles informations concernant des faits et des événements. Ce système comprend l'hippocampe et les cortex adjacents, anatomiquement reliés : les cortex parahippocampique, périrhinal et entorhinal. Ce système serait nécessaire pour relier rapidement les éléments qui constituent un souvenir complet et qui sont stockés dans différents sites du néocortex. Progressivement, le souvenir sera consolidé dans le néocortex et finira par devenir indépendant du système temporal interne. Dans sa formulation initiale, ce modèle se focalisait sur le lobe temporal interne, sans inclure le diencephale (Squire & Zola-Morgan, 1991). Mais, par la suite, les structures diencephaliques (en particulier, le noyau antérieur et le noyau dorso-médian du thalamus, la lame médullaire interne et le faisceau mamillo-thalamique) ont été intégrées (Alvarez & Squire, 1994 ; Squire & Knowlton, 1995 ; Squire & Zola, 1998). Une lésion touchant le lobe temporal interne ou le diencephale

altérerait de la même manière les performances dans les tâches de rappel et de reconnaissance. De plus, pour Squire et ses collaborateurs (Zola-Morgan et al., 1986 ; Rempel-Clower et al., 1996), une lésion bilatérale limitée à l'hippocampe suffit pour produire un trouble de mémoire déclarative. Toutefois, des lésions étendues du lobe temporal interne produiraient des déficits plus sévères que des lésions limitées à l'hippocampe (Squire, Schmolck, & Stark, 2001 ; Squire & Zola, 1998). En particulier, le déficit en reconnaissance serait d'autant plus important que la lésion est étendue.

Dans la conception de Squire, la mémoire épisodique et la mémoire sémantique, qui constituent la mémoire déclarative, sont donc toutes deux altérées suite à des lésions du lobe temporal interne ou du diencephale. Toutefois, les patients présentant ce type de lésion pourraient acquérir lentement et sous une forme appauvrie une nouvelle connaissance sémantique, dans la mesure où l'information factuelle est graduellement intégrée au sein des représentations néocorticales à la suite de nombreuses récapitulations et ré-expositions. En outre, Squire et Knowlton (1995) ont suggéré que la mémoire épisodique dépendait aussi des régions préfrontales. Ainsi, chez des patients présentant une lésion frontale, l'acquisition rapide de nouvelles connaissances sémantiques devrait être possible malgré un déficit de mémoire épisodique.

Il faut enfin noter que Squire et ses collaborateurs (Zola & Squire, 2000 ; Zola-Morgan & Squire, 1992) n'excluent pas la possibilité que les différentes structures du lobe temporal interne soient impliquées dans des aspects différents de la mémoire. En effet, les différences dans l'organisation anatomique et les connexions de ces différentes structures pourraient suggérer une différenciation fonctionnelle. En particulier, le cortex périrhinal pourrait être particulièrement important pour la mémoire visuelle des items, tandis que le cortex parahippocampique sous-tendrait plutôt la mémoire spatiale. Néanmoins, aucune structure ne serait spécialisée de manière absolue dans une seule fonction globale, telle que la mémoire épisodique versus la mémoire sémantique (Stark, Bayley, & Squire, 2002 ; Stark & Squire, 2003 ; Zola & Squire, 2000 ; Zola-Morgan & Squire, 1992).

***Dissociation dans l'amnésie entre des performances déficitaires en rappel et des performances préservées en reconnaissance***

La conception de la mémoire déclarative comme système unitaire a été mise en question par les résultats de certaines études qui ont rapporté l'existence d'une reconnaissance relativement préservée chez certains patients amnésiques (Aggleton & Shaw, 1996 ; Baxendale, 1997 ; Hanley, Davies, Downes, & Mayes, 1994 ; Hirst, Johnson, Kim, Phelps, Risse, & Volpe, 1986 ; Hirst, Johnson, Phelps, & Volpe, 1988 ; Holdstock, Mayes, Roberts, et al., 2002 ; Mayes, Holdstock, Issac, Hunkin, & Roberts, 2002 ; Mayes et al., 2001 ; Vargha-Khadem et al., 1997 ; Volpe, Holtzman, & Hirst, 1986).

Les études de Hirst et ses collaborateurs (Hirst et al., 1986 ; Hirst et al., 1988 ; Volpe et al., 1986 ; voir aussi Huppert & Piercy, 1976) ont été parmi les premières à suggérer une dissociation entre un rappel déficitaire et une reconnaissance relativement préservée chez l'amnésique. Ainsi, Volpe et al. (1986) ont montré que 6 patients ayant souffert d'un épisode hypoxique suite à un arrêt cardiaque présentaient des performances normales en reconnaissance, alors que leurs performances en rappel étaient gravement altérées. Hirst et al. (1986, 1988) ont quant à eux égalisé les performances en reconnaissance de patients amnésiques (incluant des patients ayant subi une hypoxie, une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure, un traumatisme crânien ou une tumeur cérébrale) et de participants de contrôle en augmentant le temps de présentation des stimuli pour le groupe des amnésiques (Hirst et al., 1986, 1988, expérience 2) ou en testant les participants normaux après un plus long délai de rétention (Hirst et al., 1988, expérience 1). Les résultats ont montré que, lorsque la performance de reconnaissance était ainsi égalisée entre les deux groupes, les patients amnésiques avaient une performance en rappel qui restait significativement inférieure à celle des participants de contrôle<sup>3</sup>. Pour Squire (1994), ces résultats qui contredisent les données de Haist et al. (1992), montrant un déficit équivalent de rappel et de reconnaissance chez des patients amnésiques, pourraient s'expliquer en partie par des différences dans les atteintes cérébrales des

---

<sup>3</sup> Il faut noter que le fait que les performances des patients amnésiques et des participants de contrôle doivent être égalisées en modifiant le temps de présentation ou le délai de rétention suggère que la reconnaissance est déficitaire chez les patients amnésiques dans les études de Hirst et al. (1986, 1988). Toutefois, le point important ici est que leurs performances en rappel sont plus altérées que leurs performances en reconnaissance.



patients. Alors que les patients recrutés dans l'étude de Haist et al. (1992) avaient des lésions touchant le lobe temporal interne ou le diencephale, certains patients dans l'étude de Hirst et al. (1988) avaient souffert d'une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure et pourraient présenter une pathologie frontale. Or, certaines études ont suggéré que des lésions frontales altéraient les performances en rappel davantage que celles de reconnaissance (Jetter, Poser, Freeman, & Markowitsch, 1986 ; voir Wheeler, Stuss, & Tulving, 1995 pour une revue).

Toutefois, Giovanello et Verfaellie (2001) ont proposé une autre explication aux résultats contradictoires des études qui ont égalisé les performances en reconnaissance entre les patients amnésiques et les participants normaux afin de voir s'il subsistait un déficit de rappel. Pour Giovanello et Verfaellie, ces divergences pourraient résulter de la manière dont les études ont égalisé les performances en reconnaissance des patients amnésiques et des participants de contrôle (temps d'étude supplémentaire pour les patients versus délai de rétention allongé pour les participants de contrôle). En effet, les manipulations utilisées ont des effets différents sur la recollection et la familiarité. Plus précisément, la manière dont la reconnaissance est égalisée détermine les processus sur lesquels les participants de contrôle basent principalement leur reconnaissance. Cette hypothèse a été examinée par Giovanello et Verfaellie (2001). Ces auteurs ont comparé les performances en rappel et en reconnaissance de patients amnésiques et de participants de contrôle, en égalisant les performances en reconnaissance entre les deux groupes, soit en augmentant le nombre de présentations du matériel pour les patients (expérience 1), soit en testant les participants normaux après un plus long délai que les patients (expérience 2). Un déficit disproportionné en rappel est apparu dans l'expérience 1, mais pas dans l'expérience 2. Dans l'expérience 1, Giovanello et Verfaellie font l'hypothèse que les participants de contrôle utilisent vraisemblablement à la fois la recollection et la familiarité dans la reconnaissance, tandis que les patients amnésiques basent probablement leur reconnaissance sur la familiarité, leur recollection étant déficitaire (Verfaellie & Treadwell, 1993). De plus, le fait d'accroître le nombre de présentations du matériel à étudier améliorerait les performances des amnésiques, de sorte qu'elles étaient équivalentes à celles des participants normaux, mais cela ne modifiait pas les processus utilisés (c'est-à-dire le déficit de recollection restait présent et les patients continuaient à utiliser la familiarité). Dans cette condition,

les deux groupes n'étaient donc pas équivalents quant aux processus mis en jeu et le déficit disproportionné des amnésiques en rappel reflétait leur déficit spécifique de recollection. Dans l'expérience 2, les participants de contrôle ont en quelque sorte été rendus amnésiques. Testés après 24 h, ils utilisaient principalement la familiarité dans la tâche de reconnaissance, car leur recollection était devenue difficile (Gardiner & Java, 1991 ; Hockley & Consoli, 1999 ; Tulving 1985). Dans cette condition, les participants normaux se comportaient comme les patients et montraient des performances en rappel équivalentes à celles des patients.

Ainsi, l'expérience 1 de Giovanello et Verfaellie conduit à des résultats similaires à ceux obtenus dans les études de Hirst et al. (1986, 1988) qui ont égalisé les performances en reconnaissance des patients amnésiques et des participants normaux en augmentant le temps d'exposition aux stimuli chez les patients. Cependant, l'étude de Kopelman et Stanhope (1998), qui ont utilisé la même manipulation, aurait dû conduire à des résultats similaires à ceux de l'expérience 1 de Giovanello et Verfaellie. Or, ils observent une performance en rappel équivalente entre les deux groupes. Giovanello et Verfaellie soulignent que, pour garder une équivalence dans la durée totale de la tâche, Kopelman et Stanhope ont ajouté, chez les participants de contrôle, une tâche interférente de 3 s entre chaque stimulus de la liste d'étude, ce qui a vraisemblablement affecté l'utilisation de la recollection (notamment, en empêchant la création d'associations entre les items). Par conséquent, les participants de contrôle dans l'étude de Kopelman et Stanhope étaient placés dans une situation comparable à ceux de l'expérience 2 de Giovanello et Verfaellie. La plupart des études qui ont apparié les performances de reconnaissance des deux groupes en testant les participants normaux après un plus long délai de rétention que les patients amnésiques (Haist et al., 1992 ; MacAndrew et al., 1994) ont d'ailleurs obtenu des résultats similaires à ceux de l'expérience 2 de Giovanello et Verfaellie (2001).

Dans une revue portant sur trente-trois études et incluant 112 patients amnésiques, Aggleton et Shaw (1996) ont suggéré qu'il pourrait exister un sous-groupe distinct de patients amnésiques chez qui on observerait une préservation relative de la reconnaissance dans certaines conditions de test. Les études examinées avaient toutes utilisé le Recognition Memory Test (RMT, qui évalue la reconnaissance à choix forcé de mots et de visages non familiers) de Warrington

(1984). Les performances normales ou quasi normales en reconnaissance dans ce sous-groupe de patients apparaissaient en dépit d'une amnésie de gravité comparable à celle des autres patients. En particulier, ces patients présentaient un déficit mnésique aussi important que les autres patients à l'échelle de mémoire de Wechsler (WMS-R, Wechsler, 1987), qui inclut surtout des tâches de rappel. Fait important, ce sous-groupe comprenait des patients dont les lésions étaient limitées à l'hippocampe, au fornix ou aux corps mamillaires. Par contre, les patients dont les lésions étaient plus étendues avaient des performances déficitaires dans les deux parties du RMT.

Pour les auteurs, la préservation de la performance dans le RMT serait due à l'utilisation de la procédure à choix forcé. Analysés dans le cadre du modèle des deux processus de la reconnaissance (Mandler, 1980 ; Yonelinas, 1994), les tests de reconnaissance à choix forcé pourraient être réussis si un participant compare les sentiments de familiarité que chacun des items évoque en lui et choisit celui qui lui semble le plus familier. Ainsi, les amnésiques qui montrent une performance normale ou quasi normale de reconnaissance suite à des lésions limitées à l'hippocampe ou aux régions diencephaliques reliées disposeraient toujours du sentiment de familiarité pour effectuer des décisions de reconnaissance. Par contre, la recollection serait altérée chez ces patients et un déficit de reconnaissance apparaîtrait dès lors dans les tâches qui reposent de manière importante sur la recollection. Selon Parkin, Yeomans et Bindschaedler (1994), un tel déficit serait observé dans les tâches de reconnaissance en format oui/non. De ce type de tâches, la familiarité ne suffirait (le plus souvent) pas et il serait nécessaire de récupérer le contexte spécifique dans lequel l'information cible a été présentée afin d'identifier la source du sentiment de familiarité évoqué par certains items. Quant aux patients dont les lésions ne seraient pas limitées à l'hippocampe ou aux structures diencephaliques reliées, ils présenteraient un déficit affectant à la fois la recollection et la familiarité.

Les résultats de la revue des études entreprise par Aggleton et Shaw s'opposent aux théories qui proposent qu'une lésion du lobe temporal interne ou du diencephale entraîne un déficit de mémoire déclarative, évaluée par les tâches de rappel et de reconnaissance (Squire & Zola, 1996, 1998). En effet, Aggleton et Shaw (1996) suggèrent au contraire que l'hippocampe d'une part et les cortex temporaux environnants d'autre part contribueraient de manière différente à la

performance mnésique. En particulier, l'hippocampe serait important pour le processus de recollection, mais ne serait pas impliqué dans le processus de familiarité.

Reed et Squire (1997) ont reproché à Aggleton et Shaw (1996) de baser leurs conclusions sur les performances d'un petit nombre de participants (7 patients) et sur les résultats à un seul test de reconnaissance (le RMT). De plus, les trois patients présentant des lésions hippocampiques sélectives chez qui Aggleton et Shaw montraient une performance relativement normale au RMT avaient par ailleurs des performances déficitaires en reconnaissance dans les différents tests proposés par Reed et Squire (1997). Cependant, l'hypothèse de Aggleton et Shaw (1996) a été confirmée par d'autres travaux qui ont montré que la reconnaissance basée sur la familiarité est relativement préservée chez les patients amnésiques présentant des lésions limitées à l'hippocampe (Baxendale, 1997 ; Henke et al., 1999 ; Mayes et al., 2002 ; Vargha-Khadem et al., 1997 ).

Ainsi, Baxendale (1997) a administré les deux sous-tests du Recognition Memory Test de Warrington (1984) à nonante-neuf patients épileptiques présentant des lésions temporales unilatérales. Un scanner par résonance magnétique a permis de mettre en évidence une atteinte unilatérale sélective de l'hippocampe chez nonante de ces patients et une atteinte plus étendue, combinant une dégénérescence hippocampique et corticale, chez les neuf autres patients. Globalement, les patients qui avaient une lésion plus étendue avaient des performances significativement inférieures à celles des patients dont la lésion était limitée à l'hippocampe. Plus spécifiquement, les patients ayant une lésion temporale étendue gauche avaient des performances déficitaires dans le sous-test verbal du RMT. En ce qui concerne le sous-test de reconnaissance de visages, les patients avec lésions étendues avaient des scores déficitaires, quelle que soit la latéralité de leur lésion. Les patients avec lésions sélectives de l'hippocampe gauche ou droit avaient des performances faibles mais dans les normes (entre le 10<sup>ème</sup> et le 25<sup>ème</sup> percentile) dans les deux parties (mots et visages) du test de Warrington. Henke et al. (1999) ont décrit un patient (DF) qui présentait une atrophie hippocampique, plus importante à gauche qu'à droite, après un empoisonnement au monoxyde de carbone. Dix-huit mois après l'accident, DF montrait un déficit en rappel verbal et en mémoire spatiale, mais de

bonnes performances dans des tâches de reconnaissance d'items verbaux et non verbaux.

Plus récemment, les performances en reconnaissance d'une patiente (YR) présentant une lésion bilatérale sélective de l'hippocampe ont été explorée de manière détaillée (Holdstock, Mayes, Roberts, et al., 2002 ; Mayes et al., 2002 ; Mayes et al., 2001). Mayes et al. (2002) ont comparé les performances de YR dans 34 tests de rappel et 43 tests de reconnaissance, incluant du matériel verbal et visuel, des tâches oui/non et à choix forcé, des listes d'items de longueurs différentes, et des intervalles de rétention de durées variées. Les résultats ont montré un déficit clair en rappel, alors que les performances de YR en reconnaissance d'items étaient relativement normales (en réalité, ses performances étaient dans les normes pour la majorité des tâches, à l'exception de tâches de reconnaissance oui/non dans lesquelles les items distracteurs étaient très similaires aux items cibles. Nous reviendrons sur ce cas particulier dans le point 3.3). D'une manière générale, ce profil n'était pas influencé par la nature du matériel, le format du test, la longueur de la liste d'étude ou de l'intervalle de rétention. En particulier, les performances de YR dans le Test des Portes et des Personnes (Baddeley et al., 1994) se distinguaient des résultats obtenus par les patients décrits par Manns et Squire (1999). En effet, une dissociation nette entre un rappel déficitaire et une reconnaissance préservée était observée. De plus, la reconnaissance d'associations entre des informations du même type (par exemple, des paires de mots) était également préservée chez YR, mais pas la reconnaissance d'associations entre des informations de type différent (par exemple, des associations entre des items et leur contexte temporel, des associations entre un item et une localisation spatiale) (Holdstock, Mayes, Cezayirli, Isaac, Aggleton, & Roberts, 2000 ; Holdstock, Mayes, Roberts, et al., 2002 ; Mayes et al., 2001). Ce résultat suggère que l'hippocampe serait crucial pour la formation d'associations entre des informations qui sont représentées dans des régions corticales différentes, mais pas pour la formation d'association entre des informations représentées dans une même région corticale.

Dans une autre étude récente, Yonelinas et al. (2002) ont examiné les performances en rappel libre et en reconnaissance de type oui/non (sur des listes de 15 mots) chez 56 patients ayant développé des troubles de mémoire suite à un arrêt cardiaque. Les résultats indiquent que les performances en rappel et en

reconnaissance sont altérées chez ces patients, mais que le déficit en rappel est significativement plus important que le déficit en reconnaissance. Postulant que le rappel requiert la recollection de l'épisode d'apprentissage, tandis que la reconnaissance dépend à la fois de la recollection et de la familiarité (Mandler, 1980 ; Yonelinas, 1994), Yonelinas et al. ont suggéré que l'hypoxie avait endommagé chez ces patients les régions cérébrales impliquées dans la recollection, tout en laissant la familiarité intacte.

Enfin, Vargha-Khadem et al. (1997) ont décrit une reconnaissance à choix forcé préservée chez trois jeunes patients amnésiques. En outre, ces patients semblaient présenter une dissociation entre les capacités d'apprentissage épisodique et sémantique. Les trois patients adolescents étaient devenus amnésiques suite à des lésions survenues très tôt dans leur vie (à la naissance dans un cas –Beth–, à l'âge de 4 ans dans un autre –Jon– et à 9 ans dans le troisième –Kate–). Vargha-Khadem, Gadian et Mishkin (2001) a baptisé ce type d'amnésie d'*amnésie développementale*. Un examen neuropathologique par résonance magnétique a montré que les lésions de ces patients affectaient sélectivement l'hippocampe, tandis que le cortex temporal environnant était apparemment intact. Malgré leur amnésie profonde pour des épisodes de la vie quotidienne, les trois patients avaient fréquenté un enseignement général et avaient atteint des niveaux de compétence langagière et de connaissance factuelle normaux ou quasi-normaux. Par ailleurs, testés avec différentes tâches de reconnaissance, les trois patients ne montraient des performances déficitaires que dans les tâches qui évaluaient des associations entre un objet et une localisation et entre un visage et une voix. Leurs performances étaient par contre normales dans des tests de reconnaissance à choix forcé d'items et dans des tâches de reconnaissance associative intra-modalité (par exemple, des tests de reconnaissance de paires mot-mot, visage-visage, etc.). Plus récemment, les performances d'un des patients (Jon) ont été évaluées au moyen du Test des Portes et des Personnes (Baddeley, Vargha-Khadem, & Mishkin, 2001). Les résultats ont confirmé la présence d'une dissociation entre un rappel déficitaire et une reconnaissance préservée observée précédemment chez ce patient. En outre, les performances de Jon en reconnaissance étaient normales dans un test de reconnaissance de mots de type oui/non et dans un test à choix forcé. De plus, une analyse en potentiels évoqués menée lors d'une tâche de reconnaissance (Düzel, Vargha-Khadem, Heinze, & Mishkin, 2001) a montré que la réponse

électrophysiologique associée à la recollection était absente chez Jon, tandis que la réponse associée à la familiarité était augmentée. Ces résultats appuient l'hypothèse selon laquelle la reconnaissance chez les patients présentant une lésion sélective de l'hippocampe est préservée parce qu'ils peuvent se baser sur le processus de familiarité demeuré intact.

Signalons enfin que quelques études ont montré que des lésions bilatérales et relativement sélectives du fornix (Aggleton et al., 2000 ; Hodges & Carpenter, 1991 ; McMackin, Cockburn, Anslow & Gaffan, 1995), des corps mamillaires (Dusoir, Kapur, Byrnes, McKibstry, & Hoare, 1990 ; Holdstock, Shaw, & Aggleton, 1995 ; Kapur et al., 1998) et du thalamus antérieur (Schnider, Gutbrod, Hess, & Schroth, 1996) entraînaient également un trouble de mémoire limité aux tâches de rappel, de sévérité comparable à celui observé dans l'amnésie globale, avec des performances préservées en reconnaissance.

*Modèles du rôle de l'hippocampe et des cortex temporaux internes dans la mémoire.* L'idée selon laquelle la recollection dépend de l'hippocampe et que la familiarité est reliée aux autres structures du lobe temporal interne (en particulier, le cortex périrhinal) est au cœur de certains modèles neuroanatomiques récents de la mémoire (Aggleton & Brown, 1999 ; Brown & Aggleton, 2001 ; Lavanex & Amaral, 2000 ; Mishkin et al., 1998). Ces modèles se sont initialement développés sur base de données obtenues chez l'animal. En effet, de nombreuses études lésionnelles chez le singe et le rat ont suggéré l'existence de systèmes mnésiques distincts. En particulier, des lésions bilatérales touchant sélectivement l'hippocampe, les corps mamillaires ou le fornix affectent peu, voire pas du tout, la performance des animaux dans des tâches de *delayed nonmatching-to-sample*, qui impliquent la reconnaissance d'items. Par contre, des lésions plus étendues du lobe temporal interne ou des lésions sélectives du cortex périrhinal entraînent des déficits importants en reconnaissance (pour une revue, voir Aggleton & Brown, 1999 ; Mishkin et al., 1998). Les études ayant utilisé des enregistrements électrophysiologiques neuronaux ont aussi montré une implication différentielle de l'hippocampe et du cortex périrhinal dans la reconnaissance. En particulier, des neurones qui répondent de manière différente aux stimuli nouveaux versus familiers ont été identifiés dans le cortex périrhinal, mais pas dans l'hippocampe (Brown, 2000 ; Brown & Aggleton, 2001). Par ailleurs, de nombreuses études sur

l'animal ont montré le rôle de l'hippocampe dans la mémoire spatiale et dans la mémorisation de scènes complexes (Aggleton & Brown, 1999 ; Gaffan, 1992)<sup>4</sup>.

Sur base de données recueillies chez l'animal et l'humain, Aggleton et Brown (1999) ont proposé un modèle de l'amnésie antérograde qui repose sur un **système hippocampique étendu** comprenant les interactions entre l'hippocampe, le fornix, les corps mamillaires et les noyaux thalamiques antérieurs (correspondant au circuit de Papez). Ce circuit est d'une importance cruciale pour l'encodage d'un souvenir épisodique (riche en contexte) et donc pour son rappel ultérieur. Selon Aggleton et Brown, le circuit hippocampique sous-tendrait la formation d'associations nouvelles entre des items. Une lésion bilatérale affectant une de ces composantes altérerait l'apprentissage de nouvelles informations épisodiques. En ce qui concerne la reconnaissance, ce système hippocampique-thalamique antérieur sous-tendrait le processus de recollection (ou récupération des informations contextuelles associées à l'item cible), mais ne serait pas indispensable pour une reconnaissance efficace dans la mesure où celle-ci peut

---

<sup>4</sup> La généralisation de ces données à l'homme présente cependant certaines limites (Aggleton & Pearce, 2001 ; Morris, 2001). Tout d'abord, le cerveau humain a évolué différemment par rapport au cerveau des singes ou des rats et il n'est peut-être pas pertinent d'étendre aux humains les conclusions tirées des études animales. De plus, concernant spécifiquement la mémoire épisodique, deux questions importantes se posent : d'une part, la mémoire épisodique existe-t-elle chez les animaux et d'autre part, si elle existe, comment peut-on l'évaluer ? Pour Tulving (Tulving 1999, 2001, 2002 ; Tulving & Markowitsch, 1998), il n'existerait pas de mémoire épisodique chez les animaux. Selon une définition récente, la mémoire épisodique implique une récupération active d'épisodes vécus, associée à un voyage mental dans le passé, et les animaux ne disposeraient pas de cette forme de conscience. Cependant, si l'on considère que la mémoire épisodique implique la récupération des événements passés dans leur contexte spatial et temporel particulier, l'étude des composantes de la mémoire épisodique, en particulier les éléments *quoi ? quand ? où ?*, est possible chez l'animal. Ainsi, de nombreuses études animales ont montré que, comme chez les humains, le circuit impliquant l'hippocampe, le fornix, les corps mamillaires, les noyaux antérieurs du thalamus et le cortex rétrosplénial jouait un rôle important dans la mémoire pour la localisation des objets dans l'environnement (Aggleton & Pearce, 2001 ; Burgess, Becker, King, & O'Keefe, 2001). Par ailleurs, il existerait des tâches qui permettraient d'évaluer chez les animaux une mémoire qui peut être considérée comme épisodique (Morris, 2001). Par exemple, Clayton, Griffiths, Emery et Dickinson (2001) ont proposé une méthode qui permet d'explorer chez l'animal, en une seule tâche, les différents aspects qui constituent la mémoire épisodique (les éléments *quoi, où et quand*). Cette tâche implique le souvenir de l'endroit où des oiseaux ont caché la nourriture. Clayton et al. (2001) ont montré que les oiseaux étaient capables de se souvenir de l'endroit où ils avaient caché de la nourriture (*où*), du type de nourriture en question (*quoi*) et de tenir compte de la vitesse de dégradation de chacun de ces aliments et de savoir depuis quand ils avaient entreposé tel type de nourriture (*quand*).



reposer sur la familiarité (Mandler, 1980). Le processus de familiarité, quant à lui, dépendrait surtout du cortex périrhinal, lequel est connecté au noyau thalamique dorso-médian et forme ainsi un deuxième système temporal-thalamique, spécialisé dans la reconnaissance des caractéristiques de l'item lui-même. En outre, ces deux circuits seraient également en lien avec les régions frontales via les connections entre le thalamus et les lobes frontaux. Pour Aggleton et Brown, les régions frontales joueraient un rôle important dans la recollection, comme dans la familiarité, notamment en initiant des stratégies d'encodage qui facilitent la mémorisation et en sélectionnant les stratégies de récupération les plus efficaces. En bref, le système hippocampique-thalamique antérieur sous-tendrait la création de liens associatifs entre les items, tandis que le système périrhinal-thalamique dorso-médian ne pourrait sous-tendre que la reconnaissance de l'item lui-même sur base d'un sentiment de familiarité.

Ainsi, tous les amnésiques auraient une altération du rappel et de la reconnaissance basée sur la recollection, tandis que le trouble de la reconnaissance basée sur la familiarité varierait en fonction de l'étendue du dysfonctionnement cortical (extra-hippocampique). La majorité des cas d'amnésie surviennent suite à des lésions corticales étendues (touchant le système hippocampique-thalamique antérieur et le système périrhinal-thalamique dorso-médian), lesquelles altèrent les deux processus de recollection et de familiarité. Seule une lésion très sélective du système hippocampique peut épargner les tests de reconnaissance qui reposent sur la familiarité.

Dans la conception de Aggleton et Brown (1999), le système hippocampique serait impliqué dans tout apprentissage associatif. Certaines données rapportées par Mayes et al. (2001) et Vargha-Khadem et al. (1997) suggèrent toutefois que le type d'association qui est sous la dépendance de l'hippocampe doit mettre en relation des informations de types différents, représentées dans des régions corticales différentes (par exemple, des associations entre un objet et une localisation spatiale, ou entre un visage et une voix). Les régions adjacentes à l'hippocampe pourraient néanmoins sous-tendre l'apprentissage d'associations entre des informations de même type, représentées au sein d'une même région corticale (par exemple, des associations entre deux mots). Cette distinction entre deux types d'apprentissage associatif sous la dépendance de régions cérébrales distinctes a été intégrée dans des modèles hiérarchiques du lobe temporal

interne, comme celui décrit par Mishkin et ses collaborateurs (Mishkin et al., 1997, 1998).

Mishkin et al. (1997, 1998 ; voir aussi, Lavenex & Amaral, 2000) ont proposé un **modèle hiérarchique** anatomique et fonctionnel qui décrit l'organisation du « système hippocampique » (lequel comprend les interconnexions entre l'hippocampe, les cortex parahippocampique, périrhinal et entorhinal). Le système hippocampique est organisé en niveaux successifs, de plus en plus élevés, qui gèrent des fonctions mnésiques de plus en plus complexes. L'hippocampe, au sommet de la hiérarchie, formerait les associations les plus riches ou les plus complexes, telles que les associations caractéristiques de la mémoire épisodique qui nécessitent de relier une information cible et son contexte. Les niveaux inférieurs (constitués par le cortex parahippocampique, le cortex périrhinal et le cortex entorhinal –par ordre de complexité croissante–) pourraient toutefois suffire (même en l'absence de l'hippocampe) à la mise en place d'associations moins complexes, requises par exemple pour la formation de souvenirs factuels caractéristiques de la mémoire sémantique, ainsi que pour la reconnaissance basée sur la familiarité<sup>5</sup>.

Un troisième modèle permettant notamment d'expliquer pourquoi une lésion hippocampique peut laisser la reconnaissance d'items intacte tout en altérant les performances en rappel est le **modèle développé par Hasselmo et collaborateurs** (Hasselmo & McClelland, 1999 ; Hasselmo & Wyble, 1997). Ce modèle postule que l'information relative à l'item et l'information contextuelle commune à tous les items (par exemple, le contexte expérimental spécifique –le local de testing, le mode de présentation, l'expérimentateur–) sont associées l'une à l'autre grâce aux connexions récurrentes de la région CA3. Etant donné que le contexte expérimental est encodé chaque fois qu'un item est présenté, la représentation neuronale du contexte impliquera des connexions récurrentes plus fortes que la représentation neuronale des items. Si l'encodage épisodique est perturbé, ces connexions seront plus faibles, mais la représentation du contexte restera néanmoins plus forte que la représentation de l'item. De plus, la

---

<sup>5</sup> Pour Mishkin et al. (1997), le fait que la mémoire sémantique et la familiarité dépendent de l'intégrité des mêmes régions corticales médo-temporales n'impliquent pas que l'une est assimilable à l'autre. Il serait plus correct de dire que la mémoire sémantique et la familiarité se construisent toutes deux sur le type d'information qui est intégré dans les cortex de la région parahippocampique.

reconnaissance dépend de la mesure avec laquelle la présentation des items lors du test déclenche la récupération des informations contextuelles qui y ont été associées lors de la phase d'étude. A l'inverse, le rappel libre repose sur l'utilisation du contexte comme indice pour récupérer les items associés. Selon Hasselmo et Wyble (1997), la reconnaissance devrait être résistante à des lésions hippocampiques car la représentation au sein de la région CA3 des informations contextuelles partagées par tous les items de la liste sera suffisamment forte pour être facilement activée à partir de l'item. Par contre, les connections allant du contexte vers chaque item individuel seront davantage perturbées par la lésion hippocampique, entraînant ainsi un déficit de rappel. Ainsi, à la différence des autres modèles, le modèle de Hasselmo suggère que, suite à une lésion sélective de l'hippocampe, la préservation des performances en reconnaissance ne dépendrait pas d'autres régions intactes du lobe temporal interne, mais bien de l'hippocampe en tant que tel et de la résistance des représentations du contexte dans la région CA3.

### ***Divergence entre les études***

Trois interprétations ont été proposées afin de rendre compte des profils de performances mnésiques si différents observés chez plusieurs patients dont les lésions sont décrites comme strictement limitées à l'hippocampe (Aggleton & Shaw, 1996 ; Baxendale, 1997 ; Manns & Squire, 1999 ; Mayes et al., 2002 ; Reed & Squire, 1997 ; Vargha-Khadem et al., 1997).

Tout d'abord, Manns et Squire (1999) ont suggéré que les bonnes performances en reconnaissance des trois jeunes patients décrits par Vargha-Khadem et al. (1997) résultaient soit d'une réorganisation fonctionnelle des régions corticales adjacentes à l'hippocampe suite à une atteinte précoce de l'hippocampe (c'est-à-dire que les cortex périrhinal et entorhinal rempliraient des fonctions normalement assumées par l'hippocampe), soit du développement de stratégies qu'ils auraient appris à utiliser pour compenser leur déficit mnésique. Dans une étude en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, Maguire, Vargha-Khadem et Mishkin (2001) ont constaté que, lorsque le patient Jon était capable de récupérer clairement certains événements autobiographiques, le même réseau de régions cérébrales que chez des participants normaux était activé, mais Jon montrait des patterns de connectivité entre ces régions quelque

peu différents. Ces résultats pourraient appuyer l'idée selon laquelle l'une ou l'autre des compensations évoquées par Manns et Squire ait effectivement eu lieu chez Jon. Cette interprétation ne permet cependant pas de rendre compte des performances normales en reconnaissance chez des patients dont l'amnésie est apparue à l'âge adulte (Mayes et al., 2002).

Mayes et al. (2002, voir aussi Mayes & Roberts, 2001) suggèrent quant à eux qu'il pourrait y avoir, chez les patients dont les performances en reconnaissance sont déficitaires une atteinte supplémentaire du cortex adjacent à l'hippocampe, non détectable par les techniques d'imagerie cérébrale actuelles. Seules des techniques d'imagerie ayant une meilleure résolution spatiale ou pouvant identifier des différences subtiles de métabolisme cérébral entre des régions proches permettraient de vérifier cette hypothèse.

Enfin, de bonnes performances de reconnaissance pourraient dépendre des parties encore fonctionnelles de l'hippocampe (Mayes et al., 2002). En suivant cet argument, les patients qui ont une préservation de la reconnaissance (Baddeley et al., 2001 ; Mayes et al., 2001, 2002 ; Vargha-Khadem et al., 1997) auraient une atteinte moins sévère de l'hippocampe que les patients présentant un déficit de reconnaissance (Manns & Squire, 1999 ; Reed & Squire, 1997). Cependant, cette hypothèse n'est pas confirmée par les données. En effet, les patients testés par l'équipe de Squire et pour lesquels ces informations sont disponibles montrent une réduction du volume de l'hippocampe de 28 % en moyenne par rapport aux participants normaux (Manns & Squire, 1999), tandis que le volume hippocampique serait réduit d'environ 46 % chez YR et Jon (Mayes et al., 2002). Ainsi, l'atteinte hippocampique est plus importante chez les patients amnésiques ayant de bonnes performances de reconnaissance. En revanche, il se pourrait que le degré d'atteinte de l'hippocampe détermine la gravité du déficit en reconnaissance selon une fonction inversée : plus la lésion détruit une grande portion de l'hippocampe, moins la reconnaissance serait affectée (Mayes et al., 2002). Cette idée qu'une lésion hippocampique partielle provoquerait des déficits en reconnaissance plus importants qu'une lésion hippocampique complète a été suggérée par Baxter et Murray (2001a). Ces auteurs ont réalisé une méta-analyse portant sur les études qui ont examiné l'effet de lésions hippocampiques et périrhinales sur la performance en reconnaissance de singes dans une tâche de « delayed-matching-to-sample ». Les auteurs ont trouvé une faible corrélation

négative entre le degré d'atteinte hippocampique et la gravité du trouble de reconnaissance : des lésions hippocampiques partielles provoquaient des déficits plus sévères que des lésions complètes. Quant aux lésions périrhinales, leur étendue était positivement corrélée avec la gravité du déficit en reconnaissance. Zola-Morgan et Squire (2001) ont cependant critiqué ces résultats en montrant qu'avec une procédure statistique différente (une régression multiple) qui tenait compte des différences entre les études (par exemple, dans la technique lésionnelle), la relation négative entre la taille de la lésion hippocampique et le déficit de reconnaissance n'était plus significative. En réponse à cette critique, Baxter et Murray (2001b) ont confirmé qu'une corrélation qui contrôlait les différences entre les études restait négative et significative. Selon Mayes et al. (2002), cette relation négative entre la taille de l'atteinte hippocampique et la gravité des difficultés de reconnaissance suggère qu'une bonne reconnaissance ne dépend pas de l'hippocampe. Il se pourrait par contre que, lorsque la lésion hippocampique est partielle, les parties non atteintes fonctionnent mal et envoient des signaux anormaux aux cortex adjacents, notamment le cortex périrhinal. Le fonctionnement de ceux-ci serait dès lors perturbé et, dans la mesure où ils jouent un rôle important dans la reconnaissance, les performances de reconnaissance seraient altérées. En revanche, quand l'atteinte hippocampique est plus importante, l'influence négative de l'hippocampe résiduel sur les cortex du lobe temporal interne diminue, ce qui perturbe moins les performances de reconnaissance. Une autre interprétation de la fonction inversée entre la taille de la lésion hippocampique et la gravité du déficit de reconnaissance serait que la recollection des items étudiés est d'autant plus perturbée que la lésion hippocampique est importante. Toutefois, lorsque l'atteinte est petite, l'hippocampe résiduel produirait beaucoup de fausses recollections d'items non étudiés, ce qui perturberait la reconnaissance (même si la familiarité est intacte). Plus la taille de la lésion hippocampique augmente, moins il y aura de fausses recollections (Norman & O'Reilly, 2003).

### **3.2 Performances de patients amnésiques dans des tâches utilisant la procédure « je me souviens / je sais » et la procédure de dissociation des processus**

Différents auteurs qui postulent que l'hippocampe n'est pas indispensable pour la reconnaissance des items interprètent le fait que des patients amnésiques sont capables de reconnaître des items vus précédemment en suggérant que cette capacité pourrait reposer sur l'utilisation de la familiarité demeurée intacte. Par contre, les amnésiques seraient incapables de récupérer le souvenir des circonstances dans lesquelles les items ont été préalablement exposés (Aggleton & Brown, 1999 ; Aggleton & Shaw, 1996 ; Mishkin et al., 1998). Quelques études ont utilisé des procédures permettant de distinguer les contributions respectives des deux processus de la reconnaissance (procédure « je me souviens / je sais » et procédure de dissociation des processus) chez des patients amnésiques. Certaines données issues de ces recherches ont montré que la recollection était altérée dans l'amnésie, mais que la familiarité restait intacte (Schacter, Verfaellie, & Anes, 1997 ; Schacter, Verfaellie, & Pradere, 1996 ; Verfaellie & Treadwell, 1993), alors que d'autres ont mis en évidence que la familiarité était également altérée dans l'amnésie (Knowlton & Squire, 1995).

Ainsi, Verfaellie et Treadwell (1993) ont exploré les contributions de la recollection et de la familiarité aux performances en reconnaissance de patients amnésiques (sept patients Korsakoff, deux patients ayant subi une anoxie suite à un arrêt cardiaque, un patient victime d'un traumatisme crânien et d'épilepsie, un patient ayant souffert d'une encéphalite et un patient devenu amnésique à la suite d'un infarctus thalamique) au moyen de la procédure de dissociation des processus. Dans cette étude, les participants devaient, dans une première phase, lire des mots ou résoudre des anagrammes, et dans une deuxième phase, essayer de mémoriser une liste de mots présentés auditivement. Lors du test, tous les mots étaient mélangés à de nouveaux mots et présentés visuellement dans un test de reconnaissance de type oui/non. Dans la condition d'inclusion, les participants devaient choisir comme « anciens » tous les mots qui avaient été présentés auparavant, que ce soit dans la première ou la deuxième phase. Dans la condition d'exclusion, ils ne devaient répondre « ancien » que pour les mots qui leur avaient été soumis auditivement et qu'ils avaient dû mémoriser. Les résultats indiquent que les patients amnésiques utilisent moins la recollection comme base

pour leurs décisions de reconnaissance, mais que les estimations de familiarité ne diffèrent pas entre les patients amnésiques et les participants normaux. En particulier, les participants normaux utilisent davantage la recollection que les amnésiques pour reconnaître les mots qu'ils avaient générés sous forme d'anagrammes, mais les deux groupes ne différaient pas quant à l'utilisation de la familiarité. Par contre, pour les mots lus, les performances de reconnaissance et les estimations de recollection et de familiarité étaient similaires chez les amnésiques et les participants normaux. De plus, dans cette condition, les deux groupes utilisaient principalement la familiarité comme base pour leurs décisions de reconnaissance. Lorsque les différences dans le taux de fausses alarmes étaient prises en compte (les patients amnésiques reconnaissaient comme « anciens » plus de nouveaux items que les participants normaux) et ce en réponse à une critique de Roediger et McDermott (1994), les résultats restaient similaires (Verfaellie, 1994). Ces données suggèrent que les patients amnésiques pourraient avoir des performances en reconnaissance équivalentes à celles des participants normaux quand ces derniers basent principalement leurs décisions de reconnaissance sur la familiarité.

Par ailleurs, Schacter et al. (1996) ont étudié la production de fausses alarmes par des patients amnésiques d'étiologies variées dans un paradigme induisant des faux souvenirs<sup>6</sup> (Roediger & McDermott, 1995). Le point qui nous intéresse plus particulièrement dans cette étude est le fait qu'ils ont utilisé la procédure « je me souviens / je sais » pour évaluer la reconnaissance des patients amnésiques et des participants normaux. Les participants étudiaient plusieurs listes de mots. Après chaque liste, ils devaient soit rappeler les mots de la liste étudiée, soit résoudre des problèmes d'arithmétique (tâche distractive). Ensuite, un test de reconnaissance de type oui/non était présenté regroupant les items étudiés de ces différentes listes, de nouveaux items non reliés aux cibles et de nouveaux items sémantiquement reliés aux cibles. Un jugement « je me souviens / je sais » était demandé pour chaque item reconnu. Les résultats ont montré que les amnésiques avaient un déficit de recollection (réponses « je me souviens ») par rapport aux participants de contrôle, mais que leur proportion de réponses « je sais » pour les

---

<sup>6</sup> Cette procédure consiste à présenter une liste de mots qui convergent vers un mot « thème » qui n'est jamais présenté (par exemple, les participants étudient *lit*, *repos*, *éveil*, *fatigue*, *nuit*... qui renvoient au mot « thème » *sommeil*). Lorsque ce mot « thème » est inclus dans une tâche de reconnaissance, on constate que les participants le reconnaissent très souvent comme ayant été présenté.

items cibles, ainsi que pour les items non étudiés, était plus élevée que celle des participants normaux.

Dans deux autres expériences explorant les fausses reconnaissances chez les patients amnésiques, Schacter et al. (1997) ont demandé à un groupe de patients amnésiques et à un groupe de participants normaux d'étudier une liste de mots soit conceptuellement associés, soit similaires au plan perceptif. Ils ont ensuite administré un test de reconnaissance et ont demandé aux participants d'effectuer des jugements « je me souviens / je sais ». Il est apparu que les patients amnésiques produisaient significativement moins de réponses « je me souviens » que les participants normaux, mais qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes pour la proportion de réponses « je sais ». De plus, les patients reconnaissaient erronément plus de nouveaux items non reliés aux cibles que les participants de contrôle et classaient ces réponses comme basées sur la familiarité (réponses « je sais »).

Ces données suggèrent que le processus de familiarité serait préservé chez les patients amnésiques. Il existe cependant des données contradictoires. En effet, Knowlton et Squire (1995) ont administré une tâche de reconnaissance de mots à un groupe de treize patients amnésiques, comprenant des patients avec des lésions hippocampiques bilatérales, des patients avec des lésions diencephaliques et des patients souffrant d'un syndrome de Korsakoff. Les performances des patients en reconnaissance ont été comparées à celles de participants de contrôle appariés, testés soit après le même intervalle de rétention (dix minutes), soit après un délai d'une semaine. Pour chaque item reconnu, les participants devaient évaluer leurs réponses sur base de la procédure « je me souviens / je sais ». Les résultats ont montré que les patients présentaient un déficit significatif dans les deux types de réponses (calculées au moyen des scores  $d'$ ). Toutefois, en comparant les amnésiques avec les participants de contrôle testés après le même intervalle de rétention, on observait un déficit disproportionné pour les réponses « je me souviens » chez les patients, suggérant que ce type de réponse était plus affecté par l'amnésie que les réponses basées sur la familiarité.

Cependant, Yonelinas, Kroll, Dobbins, Lazzara, et Knight (1998) ont signalé que, dans toutes ces études, les résultats ne tenaient pas compte du fait que les amnésiques produisaient plus de fausses alarmes que les participants normaux. Par ailleurs, le fait que les réponses « je sais » et « je me souviens » soient



mutuellement exclusives implique qu'un nombre très élevé de réponses « je me souviens » chez les participants de contrôle réduit automatiquement le nombre de réponses « je sais », qui paraît dès lors faible en comparaison du nombre de réponses « je sais » fournies par les patients. Cette contrainte mathématique expliquerait notamment le taux plus élevé de réponses « je sais » chez les patients amnésiques par rapport aux participants normaux dans l'étude de Schacter et al. (1996). Yonelinas et al. (1998) ont réanalysé les données des études décrites précédemment en tenant compte du taux de fausses reconnaissances et en appliquant un modèle postulant l'indépendance des deux processus (Yonelinas, 1994). Après avoir recalculé les indices de recollection et de familiarité, les auteurs ont trouvé que les données des quatre études convergeaient et indiquaient que l'amnésie produisait un déficit sévère de recollection et un déficit moins important, mais significatif de familiarité. Par ailleurs, Yonelinas et al. (1998) ont montré que l'analyse des courbes ROC obtenues chez trois patients amnésiques révélait également une réduction importante de la recollection et un déficit plus modéré de la familiarité par rapport à des participants normaux.

Dans la mesure où les patients amnésiques testés dans ces études avaient des lésions dont la localisation différait d'un patient à l'autre et qui était généralement peu spécifiée, il est difficile de déterminer si ces résultats soutiennent l'un ou l'autre modèle neuroanatomique des processus de recollection et de familiarité. Ainsi, la présence d'un déficit touchant à la fois la recollection et la familiarité peut indiquer que la reconnaissance serait toujours altérée dans l'amnésie. Cependant, l'hypothèse d'une préservation de la reconnaissance basée sur la familiarité chez les patients dont le cortex temporal interne est intact ne peut être rejetée car il est possible que la plupart des patients testés présentent une atteinte étendue touchant à la fois le système hippocampique étendu et le système périrhinal – thalamique dorsomédian (Aggleton & Brown, 1999).

Récemment, Hanley, Davies, Downes, Roberts, Gong, & Mayes (2001) ont exploré l'hypothèse selon laquelle les patients ayant une lésion sélective du circuit hippocampique baseraient leurs décisions de reconnaissance sur la familiarité. Cette étude a porté sur une patiente (ROB), qui avait souffert d'une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure, ayant entraîné une atteinte cérébrale localisée dans l'hémisphère gauche (Hanley & Davies, 1997 ; Hanley, Davies, Downes, & Mayes, 1994). Cette patiente présentait un déficit sévère en

rappel libre sur matériel verbal; par contre, ses performances en reconnaissance évaluées avec le Recognition Memory Test (Warrington, 1984) et le test de Calev (1984)<sup>7</sup> étaient normales. En outre, ROB réussissait aussi bien une tâche de reconnaissance de type oui/non qu'une tâche de reconnaissance à choix forcé (Hanley & Davies, 1997). Initialement, cette dissociation entre les performances en rappel et en reconnaissance avait été attribuée à un dysfonctionnement frontal. En effet, une lésion touchant le noyau caudé gauche avait été identifiée et cette structure est étroitement connectée aux lobes frontaux. Cependant, un nouvel examen par résonance magnétique nucléaire a révélé une atteinte du fornix et du thalamus antérieur dans l'hémisphère gauche, deux structures impliquées dans le circuit hippocampique (Hanley et al., 2001). Dans un test de reconnaissance de mots utilisant la procédure « je me souviens / je sais », Hanley et al. (2001) ont montré que la performance de ROB en reconnaissance était très bonne et qu'elle utilisait principalement des réponses « je me souviens »<sup>8</sup>. Les auteurs ont également proposé à la patiente une version modifiée du paradigme de fausse célébrité (« false fame ») que Mayes, Van Eijk, et Isaac (1995) ont adapté de la procédure élaborée par Jacoby, Woloshyn et Kelley (1989). Dans un premier temps, on présentait aux participants des noms de personnes inconnues. Lors de la phase de test, ces noms étaient à nouveau présentés, mélangés à de nouveaux noms inconnus et à des noms de personnes modérément célèbres. Les participants devaient dire pour chaque nom, si c'était un nom vu dans la phase d'étude, un nom qu'ils n'avaient pas vu mais qui leur semblait familier ou célèbre, ou un nom qu'ils n'avaient jamais vu. Les participants étaient avertis qu'aucun des noms de la phase d'étude n'était célèbre. Dans ce test de reconnaissance, la familiarité peut induire en erreur puisqu'elle ne permet pas de faire la distinction

---

<sup>7</sup> Le test de Calev (1984) comprend un test de rappel libre et un test de reconnaissance, appariés au niveau de la difficulté. Dans le test de rappel, les participants doivent étudier, puis rappeler une liste de 24 mots de haute fréquence, appartenant à 6 catégories sémantiques, les quatre mots de chaque catégorie étant présentés de manière groupée. Dans le test de reconnaissance, 40 mots non reliés sont présentés et doivent ensuite être reconnus parmi 40 distracteurs, tous les items de test étant présentés sur une même feuille de papier.

<sup>8</sup> Dans cette tâche, les mots avaient été encodés de manière élaborée (les participants devaient indiquer dans quelle mesure il leur était difficile de former une image du mot). Lorsqu'aucune consigne d'encodage particulière n'était fournie, la patiente ROB basait sa reconnaissance exclusivement sur la familiarité. La patiente rapportait qu'elle avait simplement répété mentalement les mots lors de l'encodage et n'avait donné aucune réponse « je me souviens » parce qu'elle n'avait eu aucune pensée spécifique en étudiant les mots (Hanley & Davies, 1997).

entre les noms vus et les noms célèbres. Il est donc nécessaire d'établir la source de la familiarité (vu pendant la phase d'étude ou connu avant le test). Dans ce test, ROB avait des performances comparables à celles des participants normaux, montrant une contribution de la recollection plus importante que la contribution de la familiarité. Ces données suggèrent que ROB ne basait pas ses décisions de reconnaissance de manière disproportionnée sur la familiarité, mais qu'elle utilisait le processus de recollection. Bien que le cas de cette patiente appuie l'hypothèse de Aggleton et Brown (1999) selon laquelle une lésion sélective du circuit hippocampique peut produire une dissociation entre un rappel déficitaire et une reconnaissance préservée, le fait que la patiente utilisait largement la recollection dans ces décisions de reconnaissance n'est pas en accord avec cette hypothèse. En effet, on se serait attendu à ce que seule la familiarité soit disponible. Cependant, comme la lésion de la patiente est unilatérale, il n'est pas exclu que son système hippocampique droit ait pris en charge le processus de recollection. Les auteurs signalent que ROB utilisait spontanément une stratégie d'imagerie mentale pour mémoriser de nouvelles informations verbales. Il se pourrait que les associations formées au moyen de cette stratégie fournissent la base de la recollection et que cette stratégie de nature visuelle recrute principalement l'hippocampe droit. Par ailleurs, Hanley et al. (2001) suggèrent que ces données sont compatibles avec le modèle de Hasselmo et Wyble (1997), proposant que le rappel et la recollection impliquent des mécanismes de récupération différents. Rappelons que selon ce modèle, une atteinte du système hippocampique perturberait davantage le rappel que la reconnaissance, car cette lésion altère davantage les connexions du contexte vers l'item (impliquées dans le rappel) que les connexions de l'item vers le contexte (importante pour la reconnaissance).

Enfin, Yonelinas et al. (2002) ont examiné le statut des processus de recollection et de familiarité chez des patients hypoxiques dont les lésions toucheraient principalement l'hippocampe (Gadian, Aicardi, Watkins, Porter, Mishkin, & Vargha-Khadem, 2000) et chez des patients d'étiologie variée ayant des lésions temporales internes étendues. La contribution des deux processus à la performance de reconnaissance a été évaluée d'une part au moyen de la procédure « je me souviens / je sais », et d'autre part par l'analyse des courbes ROC. Les estimations des processus de recollection et de familiarité obtenues avec ces deux méthodes indiquent que les deux processus sont déficitaires chez les patients ayant des lésions touchant à la fois l'hippocampe et le gyrus

parahippocampique, tandis que seule la recollection est altérée chez les patients hypoxiques. Avec la réserve qu'aucune analyse en imagerie par résonance magnétique n'a confirmé l'atteinte hippocampique chez les patients hypoxiques, cette étude appuierait donc l'hypothèse de Aggleton et Brown (1999) selon laquelle l'hippocampe ne serait indispensable que pour la recollection, tandis que les régions corticales adjacentes sous-tendraient la familiarité. De plus, également en accord avec cette hypothèse, Holdstock et al. (2002) ont montré que la contribution de la familiarité à la performance en reconnaissance de la patiente hippocampique YR était normale dans une tâche utilisant la procédure « je me souviens / je sais ».

Toutefois, des données suggérant que des lésions limitées à l'hippocampe altèrent à la fois la recollection et la familiarité ont récemment été présentées par Manns, Hopkins, Reed, Kitchener et Squire (2003). Dans cette étude, sept patients amnésiques, ayant une atteinte cérébrale limitée à l'hippocampe présentaient un déficit en reconnaissance dans divers tests standardisés, incluant le Recognition Memory Test de Warrington et le test des Portes et des Personnes. Lorsque les processus de recollection et de familiarité étaient évalués au moyen de la procédure « je me souviens / je sais » dans des tests de reconnaissance oui/non impliquant du matériel verbal (des mots) ou visuel (des visages ou des dessins linéaires abstraits), les résultats montraient une diminution de la recollection et de la familiarité chez les patients amnésiques. Pour Manns et al. (2003), ces données suggèrent que l'intégrité de l'hippocampe est cruciale pour une bonne performance en reconnaissance, qu'elle soit basée sur la familiarité ou sur la recollection.

### **3.3 Effet du format du test de reconnaissance**

Récemment, quelques études (Holdstock, Mayes, Roberts, et al., 2002 ; Khoe et al., 2000) ont examiné si, chez les patients montrant une préservation de la reconnaissance, les performances étaient meilleures dans les tâches de reconnaissance à choix forcé que dans les tâches de type oui/non lesquelles recruteraient plus de processus de recollection que la procédure à choix forcé (Parkin et al., 1994).

Ainsi, Khoe et al. (2000) ont montré que les performances de 4 patients amnésiques n'étaient pas meilleures dans une tâche de reconnaissance à choix forcé entre deux alternatives que dans une tâche de reconnaissance de type

oui/non. Comme les jugements de reconnaissance d'au moins 3 des patients amnésiques reposaient davantage sur la familiarité que sur la recollection (Yonelinas et al., 1998), les auteurs en ont conclu que la familiarité ne contribue pas de manière différente aux deux types de tâches. Par ailleurs, ils ont administré à des participants jeunes et normaux des tâches de reconnaissance de mots de type oui/non et à choix forcé et les ont invités à faire des jugements « je me souviens / je sais » » quand ils reconnaissaient un item. Aucune différence de performance n'apparaissait entre les deux types de tâches et la contribution de la recollection était équivalente que la reconnaissance soit évaluée avec une procédure oui/non ou avec une procédure à choix forcé.

Des données obtenues chez la patiente YR (Holdstock, Mayes, Roberts, et al., 2002) viennent appuyer l'idée que d'autres facteurs que la procédure utilisée pour tester la reconnaissance modulent la contribution de la recollection et de la familiarité. Un de ces facteurs serait le degré de similarité existant entre les items cibles et les items distracteurs. Dans une série de tests de reconnaissance utilisant des procédures oui/non et à choix forcé dans lesquelles les distracteurs étaient relativement différents des cibles, les performances de YR étaient normales (Mayes et al., 2002). Par ailleurs, la patiente a été testée avec des tâches de reconnaissance d'objets de type oui/non et à choix forcé dans lesquelles les distracteurs étaient très similaires aux cibles. Le matériel était constitué de dessins d'objets naturels ou fabriqués par l'homme, où trois distracteurs très similaires à une cible étaient créés en modifiant légèrement le dessin de la cible. Les résultats ont montré une dissociation des performances de YR selon la procédure de test : YR avait de bonnes performances dans la tâche de reconnaissance à choix forcé, mais présentait un déficit dans la version oui/non du test. Ces données suggèrent donc qu'une lésion sélective du circuit hippocampique pourrait laisser relativement intacte la reconnaissance de type oui/non sauf si les distracteurs sont très similaires aux cibles.

Bien que le modèle de Aggleton et Brown permette d'expliquer, d'une manière générale, comment une lésion hippocampique affecte la performance mnésique, il est cependant trop peu précis que pour rendre compte de la variabilité des performances selon les patients et selon le type de test de reconnaissance qui est utilisé. En particulier, ce modèle explique mal pourquoi certaines tâches de

reconnaissance sont plus altérées que d'autres suite à une lésion hippocampique, comme l'ont montré Holdstock, Mayes, Roberts, et al. (2002).

Il existe cependant un modèle de la reconnaissance qui prédit cet effet du degré de similarité du distracteur sur la performance de la patiente YR en fonction du format du test. Ce modèle développé par Norman et O'Reilly (2003) propose une description précise de la manière dont l'hippocampe contribue à la reconnaissance en récupérant les détails spécifiques étudiés (recollection) et dont le cortex temporal interne produit un signal de familiarité d'intensité variable qui indique dans quelle mesure l'item de test correspond aux items étudiés.

### ***Le modèle de la reconnaissance de Norman et O'Reilly (2003).***

Le modèle neurobiologique en deux processus de la reconnaissance développé par Norman et O'Reilly (2003, voir aussi O'Reilly & Norman, 2002) est basé sur le modèle des Systèmes d'Apprentissage Complémentaires de McClelland et al. (1995) et O'Reilly et Rudy (2001). L'idée centrale du modèle des Systèmes d'Apprentissage Complémentaires est que nos besoins d'apprentissage nécessitent la contribution de deux mécanismes : nous devons mémoriser des événements spécifiques (par exemple, être allé voir le film « Dracula » au cinéma) et nous devons extraire des généralités sur base des événements (par exemple, l'heure d'arrivée idéale pour avoir un siège bien situé dans la salle de cinéma). Pour mémoriser un événement spécifique, il faut assigner à cet événement une représentation distincte des autres représentations d'événements similaires et il s'agit de le mémoriser rapidement dès qu'il se produit. Par contre, pour identifier la meilleure stratégie pour un type de situation donné au travers de plusieurs expériences, il faut assigner des représentations qui se chevauchent à des événements similaires de manière à pouvoir représenter ce qui est commun à tous ces épisodes. Dans ce cas, le rythme d'apprentissage est lent, chaque expérience modifiant légèrement la représentation commune à cet événement et aux autres. Ces deux modes d'apprentissage incompatibles sont possibles grâce à des systèmes séparés, mais hautement interactifs, qui possèdent chacun des propriétés spécifiques : l'hippocampe est spécialisé dans l'apprentissage rapide et automatique des conjonctions arbitraires de représentations corticales existantes (c'est-à-dire des épisodes spécifiques) et le néocortex est spécialisé dans l'apprentissage lent des régularités statistiques de l'environnement.

Appliqué au domaine de la reconnaissance, le modèle de Norman et O'Reilly (2003) appartient à la tradition des modèles en deux processus de la reconnaissance et se base sur les études récentes de patients amnésiques ayant permis une meilleure compréhension des bases neuroanatomiques de la reconnaissance. En particulier, Norman et O'Reilly se basent sur la proposition de Aggleton et Brown (1999), selon laquelle l'hippocampe est impliqué dans le rappel et la recollection, tandis que le cortex temporal interne sous-tendrait la reconnaissance basée sur la familiarité.

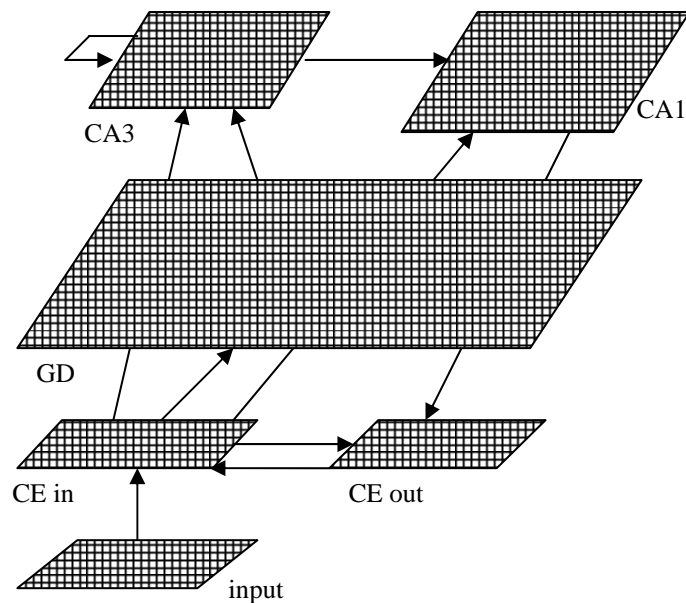


Figure 2. Architecture du modèle neurobiologique de la reconnaissance, d'après Norman et O'Reilly (2003). CE = cortex entorhinal ; GD = gyrus dentelé.

*Le système néocortical (cortex temporal interne).* Afin d'apprendre lentement la structure commune à un ensemble d'événements, le cortex temporal interne attribue des représentations similaires à des stimuli similaires. Ces représentations qui se recoupent permettent de représenter ce qui est commun

aux événements, et donc de généraliser aux stimuli nouveaux en fonction de leur degré de similarité avec les stimuli déjà rencontrés.

Concrètement, le système cortical du modèle reçoit un input qui représente les patterns d'activations corticales convergeant vers le cortex temporal interne (voir Figure 2). Le système cortical encode les régularités qui sont présentes dans plusieurs patterns d'activations, c'est-à-dire les caractéristiques qui se retrouvent dans tous les inputs. Dans une expérience de laboratoire, cela peut être des caractéristiques très fréquentes d'un item (par exemple, tous les mots sont écrits en lettres noires, sont de telle taille, etc.), ainsi que des aspects contextuels partagés par tous les items (par exemple, tous les mots sont vus sur tel ordinateur dans telle pièce et tel jour).

Dans ce système, quand les items sont présentés de façon répétée, leur représentation dans le cortex temporal interne devient de plus en plus fine (« sharper »). Cela correspond au fait qu'un nouveau stimulus active un grand nombre d'unités dans le cortex, tandis que des stimuli familiers (déjà présentés) activent plus fortement un petit nombre d'unités. Plus spécifiquement, lorsqu'un stimulus est présenté pour la première fois, certaines unités corticales répondront par hasard plus fortement que d'autres. Ces unités seront encore plus actives lorsque le stimulus réapparaîtra et ces activations plus fortes vont inhiber les unités qui sont moins activées. Dans le modèle de Norman et O'Reilly, le degré de « raffinement » de la représentation, qui représente le degré de familiarité du stimulus, est mesuré par le niveau moyen d'activation de ces unités qui répondent plus fortement au stimulus. Ce niveau d'activation augmente de manière linéaire en fonction du nombre de présentations du stimulus.

Selon ce modèle, la familiarité fonctionne de la même manière qu'un processus de détection du signal. Les distributions de familiarité des items étudiés et des nouveaux items sont de forme gaussienne et se recouvrent de façon relativement importante. Ce recouvrement des distributions correspond au recouvrement des représentations des items étudiés et des distracteurs dans le néocortex. Parfois, certains distracteurs ont des représentations qui recouvrent fortement les représentations des items étudiés, de sorte qu'ils produiront un fort signal de familiarité.



*Le modèle hippocampique.* D'une manière générale, l'hippocampe attribue des représentations distinctes aux stimuli (séparation de pattern), ce qui lui permet d'apprendre rapidement des événements spécifiques. Concrètement, les patterns d'activités neuronales représentant un épisode spécifique entrent dans le système via le cortex entorhinal, qui constitue l'interface entre le cortex temporal interne et l'hippocampe. Les couches superficielles du cortex entorhinal envoient les inputs à l'hippocampe, tandis que les couches profondes reçoivent les outputs en provenance de l'hippocampe (voir Figure 2). La fonction de l'hippocampe est de stocker les patterns activés dans les couches superficielles du cortex entorhinal de manière à pouvoir les récupérer ultérieurement via les couches profondes du cortex entorhinal. Pour ce faire, les patterns d'activités se propagent directement et indirectement (via le gyrus dentelé) du cortex entorhinal vers la région CA3 de l'hippocampe. Le gyrus dentelé et la région CA3 possèdent la propriété importante de stocker des représentations très condensées des patterns, dans la mesure où peu d'unités neuronales sont actives pour un stimulus donné. Cette propriété permet de créer des représentations séparées les unes des autres (séparation de pattern), dans la mesure où les quelques unités neuronales activées pour un pattern spécifique ne se retrouvent pas dans les représentations d'événements similaires. De plus, les connexions récurrentes au sein de la région CA3 permettent de renforcer la représentation en liant les unités impliquées dans une représentation donnée. Ces représentations sont donc hautement conjonctives, dans le sens où elles lient des éléments disparates du stimulus en une représentation unitaire. Grâce aux connexions récurrentes, un input partiel pourra réactiver la représentation originale dans la région CA3 (complètement de pattern). Lors de la récupération, cette représentation complétée dans la région CA3 active la représentation correspondante dans la région CA1. La région CA1 possède une espèce de copie de la représentation dans CA3 et a en outre la propriété de pouvoir traduire le pattern condensé dans CA3 en une représentation contenant plus d'unités, lisible dans le cortex entorhinal.

Dans une situation de reconnaissance, les items de test correspondant à des items présentés vont entraîner la réactivation de la représentation des items étudiés plus souvent que les distracteurs. D'une part, la forte correspondance entre un item de test et l'information récupérée indiquera que l'item a été étudié. D'autre part, lorsque l'information récupérée ne correspond pas à ce qui est présent dans l'item de test, cela indique que l'item de test n'a pas été étudié

(*recall-to-reject*). Le modèle mesure le score de recollection du système hippocampique par la différence entre le nombre de caractéristiques récupérées qui correspondent à l'indice et le nombre de caractéristiques récupérées qui ne correspondent pas (*match-mismatch rule*).

*Prédictions.* Il découle de ce modèle certaines prédictions concernant des manipulations ou des facteurs qui influencent la performance de reconnaissance (Norman & O'Reilly, 2003). Nous ne décrivons ici que la prédiction concernant l'interaction entre les deux systèmes d'apprentissage, la ressemblance du distracteur avec les cibles et le format du test, qui permet d'interpréter les performances observées chez la patiente YR.

Grâce à ses propriétés de séparation de pattern et de complètement de pattern, l'hippocampe discrimine des items étudiés de distracteurs qui leur sont similaires<sup>9</sup> beaucoup mieux que le système cortical. En effet, dans le système cortical, les représentations des distracteurs similaires (comparativement à des distracteurs dissimilaires) recouvrent davantage les représentations des items étudiés. Ainsi, plus la similarité entre les cibles et les distracteurs augmente, plus les distracteurs apparaîtront familiers. La diminution de la différence de familiarité entre les cibles et les distracteurs rend plus difficile la discrimination dans le cortex temporal interne. Par contre, l'hippocampe résiste bien à la similarité des distracteurs. Lorsqu'un distracteur similaire à une cible entraîne la récupération de l'item étudié, la présence d'un élément dans l'item de test qui ne correspond pas à la représentation de l'item étudié sera considéré comme une preuve fiable du fait que cet item de test est nouveau (processus de « recall-to-reject »). Par exemple, si le sujet a étudié le mot « pomme » et que l'item de test est « pommes », la récupération de l'item étudié permettra de rejeter le distracteur sur base de la différence concernant la marque du pluriel entre les items. Les simulations réalisées par Norman et O'Reilly (2003) indiquent que les distracteurs doivent être très similaires aux cibles (plus de 80 % de traits communs) avant que l'hippocampe ne les reconnaisse erronément.

---

<sup>9</sup> Les items étudiés étaient différents les uns des autres.

Cependant, l'avantage du système hippocampique sur le système cortical n'est présent que lorsque le test de reconnaissance est de format oui/non plutôt qu'à choix forcé (Norman & O'Reilly, 2003). Plus précisément, le modèle prédit que, dans une tâche de type oui/non, seul l'hippocampe permet de rejeter correctement les items qui n'ont pas été étudiés et qui sont similaires à des cibles. Par contre, lorsque la personne doit choisir entre un item cible et son distracteur correspondant (tâche à choix forcé), le système cortical sera malgré tout capable de choisir correctement l'item étudié parce que celui-ci restera toujours plus familier que le distracteur. Même si la différence de familiarité entre l'item étudié et son distracteur est faible, elle est néanmoins fiable et le système néocortical pourra l'évaluer correctement. Enfin, dans les situations où les distracteurs ne sont pas reliés aux cibles, le système hippocampique et le système cortical seront tous deux capables d'atteindre de bonnes performances en reconnaissance quel que soit le format du test.

Cette prédiction peut être testée chez des patients amnésiques qui, suite à une lésion sélective de l'hippocampe ne peuvent plus rappeler aucun détail spécifique, mais bénéficient toujours du processus de familiarité. Ces patients devraient avoir une performance altérée dans une tâche oui/non avec des distracteurs similaires aux cibles, mais ils devraient avoir de relativement bonnes performances dans une tâche à choix forcé avec des distracteurs similaires ainsi que dans des tâches utilisant des distracteurs dissimilaires quel que soit le format du test. Ce profil de performance a effectivement été observé chez la patiente YR, souffrant d'une atteinte hippocampique sélective (Holdstock et al., 2002).

Il faut noter qu'en décrivant la recollection comme une récupération de détails spécifiques et la familiarité comme l'évaluation holistique du degré de « raffinement » de la représentation, Norman et O'Reilly (2003) proposent une conception des deux processus de la reconnaissance qui diffère de la conception psychologique habituelle. Traditionnellement, la recollection est définie comme la récupération consciente d'informations contextuelles associées à l'item lors de la phase d'étude. Cette définition peut se retrouver dans la conception de la recollection selon Norman et O'Reilly, mais elle n'en représente qu'une partie. En effet, pour Norman et O'Reilly, récupérer les détails spécifiques qui sont présents au sein même de l'item de test peut aussi donner lieu à une recollection. Dans la mesure où un distracteur ne conduira jamais à la réinstallation de la

représentation d'un item qui est strictement identique à l'item de test et sera rejeté sur base des caractéristiques non correspondantes, la récupération des caractéristiques spécifiques de l'item étudié est considéré comme une preuve suffisante du fait que l'item a bien été présenté.

### **3.4 L'acquisition de nouvelles connaissances sémantiques chez les patients amnésiques**

Il existe une autre controverse qui oppose les partisans d'un rôle spécifique de l'hippocampe dans la mémoire épisodique d'une part (par exemple, Aggleton et Brown, 1999 ; Vargha-Khadem et al., 1997) et les partisans d'un système de mémoire déclarative localisé dans le lobe temporal interne de l'autre (par exemple, Squire & Zola, 1998 ; Zola & Squire, 2000). Cette controverse porte sur les capacités d'apprentissage de nouvelles informations sémantiques des patients amnésiques suite à des lésions temporales internes. D'une manière plus générale, ce débat s'articule autour des prédictions opposées du modèle SPI de Tulving (1995) et du modèle de mémoire déclarative de Squire (Alvarez & Squire, 1994 ; Squire & Knowlton, 1995 ; Squire & Zola, 1996, 1998). Alors que le modèle SPI prédit qu'un déficit de mémoire épisodique permet l'encodage de nouvelles connaissances en mémoire sémantique, le modèle de Squire suggère au contraire que l'apprentissage de nouveaux épisodes et faits sémantiques est perturbé de la même manière dans l'amnésie, mais qu'un apprentissage lent de connaissances sémantiques peu flexibles reste possible via de nombreuses expositions aux faits.

Certains auteurs ont tenté d'apprendre de nouvelles informations factuelles à des patients amnésiques dans des conditions de laboratoire. Par exemple, Glisky, Schacter, et Tulving (1986) ont montré que des patients amnésiques étaient capables d'acquérir de nouveaux mots de vocabulaire relatifs à l'informatique. L'apprentissage était réalisé au moyen de la procédure d'estompage qui est censée se fonder sur les capacités préservées de mémoire implicite des patients amnésiques (en particulier, leur capacité à produire des mots étudiés en réponse à des fragments de mots). Hirst, Phelps, Johnson, et Volpe (1988) ont également appris à une patiente amnésique anglophone de nouveaux mots de vocabulaire français. L'apprentissage dans le cas de cette patiente a été rapide et flexible, tandis que les patients de Glisky et al. ont acquis le vocabulaire informatique plus lentement que des participants normaux. Hirst et al. attribuent la facilité

d'apprentissage de nouveaux mots de vocabulaire français chez leur patiente au fait qu'elle possédait déjà des connaissances sur le vocabulaire français, ce qui lui a permis d'intégrer les nouvelles informations dans un réseau conceptuel existant. Par contre, les patients de Glisky et al. ne disposaient probablement d'aucun concept préexistant relatif au vocabulaire informatique.

En 1991, Tulving, Hayman, et MacDonald ont exploré la capacité à apprendre de nouvelles informations sémantiques ainsi que les capacités d'amorçage perceptif chez un patient sévèrement amnésique (KC). Ils ont utilisé une procédure qui empêchait que des réponses incorrectes (interférentes) apparaissent durant l'apprentissage. Concrètement, ils ont présenté à KC soixante-quatre paires composées d'une image et d'une phrase de trois mots (par exemple, une image montrant un homme sur un lit d'hôpital avec des électrodes sur le front était accompagnée par la phrase « MEDICINE cured HICCUP »). La tâche de KC consistait à dire dans quelle mesure la phrase correspondait à l'image. Le « mot cible », c'est-à-dire le mot dont l'apprentissage allait être testé, était le dernier mot de la phrase (dans l'exemple, *hiccup*). Les auteurs avaient choisi les mots cibles de telle manière que ceux-ci ne puissent être prédits ni sur base de l'image, ni sur base du début de la phrase. L'apprentissage des mots cibles était évalué par la capacité du patient à produire ces mots en réponse à divers indices. Premièrement, le patient devait réaliser un test d'amorçage perceptif. Il s'agissait d'un test de complétement de fragments de mots (par exemple, le fragment proposé correspondant à *hiccup* était -I-C-P). Deuxièmement, un test d'apprentissage sémantique était présenté et consistait à fournir le mot cible sur base d'indices conceptuels composés de l'image et/ou d'une partie de la phrase qui accompagnait le mot cible lors de la phase d'étude. Après une exposition fréquente à ces soixante-quatre paires image-phrase, le patient KC montrait un effet d'amorçage perceptif et un apprentissage sémantique significatifs, qui se maintenaient à long terme (après douze mois), et cela malgré une incapacité totale à se souvenir explicitement du matériel présenté. Par ailleurs, l'apprentissage sémantique apparaissait indépendamment de l'amorçage perceptif. Pour Tulving et al. (1991), l'acquisition de nouvelles connaissances sémantiques chez les patients amnésiques serait possible si deux conditions sont rencontrées. Premièrement, les nouvelles informations sémantiques doivent concerner un domaine familier ou être compatibles avec les concepts existants. Dans l'étude décrite ci-dessus, le mot cible était incorporé dans une phrase qui avait une signification plausible. Par

contre, lorsqu'il devait apprendre des associations arbitraires et sans signification (par exemple, des paires de mots non reliés), le patient KC ne montrait aucun apprentissage. Deuxièmement, l'apprentissage de nouvelles informations sémantiques est facilité par une procédure qui évite les interférences causées par l'apparition de réponses incorrectes. En effet, le patient KC était capable d'apprendre à compléter les nouvelles phrases parce que les phrases correctes étaient directement présentées lors de l'apprentissage. En revanche, dans une autre étude où il devait apprendre des associations entre une définition ambiguë et un mot (par exemple, « a servant in name only –BRIDESMAID »), il avait des difficultés à mémoriser les associations lorsqu'à l'encodage, il tentait de générer des réponses à la définition ambiguë et produisait des réponses erronées. En effet, lorsque les participants normaux produisent une réponse erronée lors d'un essai d'apprentissage, ils peuvent s'aider de leur mémoire épisodique pour éviter de renouveler cette erreur lors des essais suivants. Par contre, les patients amnésiques ont plus de difficulté à ignorer les réponses incorrectes fournies précédemment. Ces erreurs apparaissent comme compétitives car ils ne se souviennent pas que ces réponses étaient erronées.

Plus récemment, McKenna et Gerhand (2002) ont décrit le cas d'un patient (KN) qui était devenu amnésique suite à une encéphalite méningée. Ce patient présentait une dissociation entre un rappel très déficitaire et une reconnaissance préservée. Une analyse cérébrale par résonance magnétique montrait une dégénérescence thalamique et un hippocampe dont la taille était dans les limites inférieures de la normale. Les auteurs ont tenté d'apprendre à KN des informations sémantiques concernant des exemplaires de certaines catégories (des champignons, des végétaux et des animaux) et qui étaient inconnus du patient. Pour chaque item, une image accompagnée du nom de l'exemplaire et de trois informations associées (par exemple, « pochard » (canard) : plonge pour attraper la nourriture ; vit en Grande-Bretagne pendant l'hiver ; les mâles et les femelles sont de couleurs différentes) était présentée. KN et son épouse, qui servait de participante de contrôle, disposaient d'une heure pour apprendre ces informations en utilisant la stratégie de leur choix. Les performances de rappel et de reconnaissance des noms et des informations associées de KN étaient moins bonnes que celles de son épouse. Par contre, lorsqu'il apprenait les associations entre l'image et le nom de l'exemplaire dans une procédure d'apprentissage sans erreur, KN était capable de mémoriser la plupart des noms de ces exemplaires

aussi bien que son épouse. Dans une autre expérience, KN et son épouse ont essayé d'apprendre la définition de mots de vocabulaire rares et qu'ils ne connaissaient pas auparavant. Après 8 semaines d'apprentissage sans erreur, à raison d'une demi-heure par jour, le rappel de la définition sur présentation du mot et le rappel du mot en réponse à la définition étaient moins bons chez le patient que chez son épouse. Par contre, après 6 mois (sans séance d'apprentissage supplémentaire), KN se souvenait mieux que son épouse des mots et des définitions, démontrant ainsi un réel apprentissage d'un nouveau vocabulaire. Néanmoins, McKenna et Gerhand ne contrôlaient pas la possibilité que, pendant ce délai, KN ait de lui-même récapitulé les définitions qu'il avait tenté d'apprendre.

D'autres études se sont intéressées aux informations sémantiques que des patients amnésiques avaient acquises dans leur vie quotidienne après l'installation de la lésion cérébrale. Van der Linden, Brédart, Depoorter, et Coyette (1996) ont rapporté les performances d'un patient de trente-huit ans sévèrement amnésique, le patient AC, dans deux tâches évaluant les connaissances sémantiques personnelles et publiques qu'il avait acquises avant et après l'installation de la lésion cérébrale. Dans une interview de mémoire autobiographique (Kopelman, Wilson, & Baddeley, 1990), le patient avait des difficultés importantes dans le rappel d'épisodes personnels spécifiques survenus durant son enfance, le début de sa vie adulte et sa vie actuelle. Par contre, sa connaissance sémantique personnelle générale était relativement préservée, même pour des informations acquises après l'installation de sa lésion. Dans une tâche d'identification de personnes célèbres, le patient était relativement capable de récupérer des informations sémantiques concernant des personnes devenues célèbres avant son accident, de même qu'il manifestait une acquisition de connaissances factuelles substantielles concernant des personnes devenues célèbres après le début de son amnésie. De plus, le patient avait acquis autant d'informations concernant les politiciens (un domaine pour lequel il avait un intérêt particulier avant son accident et qui a continué à l'intéresser après l'installation de la lésion cérébrale) que des participants normaux. Par ailleurs, évalué sur sa capacité à acquérir de nouveaux mots entrés dans le vocabulaire français après le début de son amnésie (notamment au moyen d'une tâche de rappel de définitions), le patient AC montrait des performances comparables à celles de participants normaux de même âge et de même niveau d'études (Van der Linden, Cornil, Meulemans, Ivanoiu, Salmon, & Coyette, 2001). Il apparaît donc que, malgré son amnésie sévère, le patient AC

était capable d'acquérir de nouvelles informations sémantiques après l'installation de la lésion.

Un autre patient sévèrement amnésique, RS, a également démontré une acquisition d'informations relatives à des personnes célèbres, des événements publics et du nouveau vocabulaire au cours des treize années écoulées depuis le début de son amnésie (Kitchener, Hodges, & McCarthy, 1998). Même si le patient RS n'avait pas des performances aussi bonnes que les participants normaux, elles indiquaient un apprentissage significatif de nouvelles informations sémantiques.

Enfin, l'étude déjà mentionnée de Vargha-Khadem et al. (1997) a décrit trois patients devenus amnésiques très tôt et présentant un trouble important de la mémoire épisodique qui les empêchaient de se souvenir de ce qu'ils avaient fait et de ce qui était arrivé dans le passé récent. Malgré cela, ils avaient pu suivre un enseignement scolaire général et acquérir des connaissances langagières et factuelles (sémantiques) de manière relativement normale.

La préservation (relative) de la mémoire sémantique chez ces patients amnésiques présentant des lésions sélectives de l'hippocampe suggère que la composante sémantique de la mémoire est sous-tendue par des régions au moins partiellement différentes de celles qui sous-tendent la mémoire épisodique. L'hippocampe serait important pour la formation de souvenirs épisodiques riches en informations contextuelles, comme l'indiquent les performances déficitaires dans les tests qui nécessitent une association de l'information cible avec le contexte. Quant au cortex temporal environnant, il serait suffisant pour contribuer à la formation de souvenirs qui ne contiennent pas d'informations contextuelles, comme c'est le cas pour les connaissances sémantiques.

Baddeley et al. (2001) ont exploré davantage la capacité à apprendre de nouvelles informations sémantiques d'un de ces jeunes patients, Jon, évalué initialement par Vargha-Khadem et al. (1997). On lui a présenté des films relatant des événements d'actualité survenus entre les années 1937 et 1957 et ce soit une fois, soit quatre fois. Dans ce test, Jon avait de bonnes performances en reconnaissance immédiate et différée (après 18 heures). Son rappel du contenu des films était faible lors du test immédiat, mais uniquement lorsque le fait d'actualité était présenté une seule fois. Après quatre présentations, sa performance en rappel atteignait le même niveau que celle des participants de contrôle. Pour Baddeley et al. (2001), les difficultés de Jon à rappeler les



événements d'actualité qui n'ont été présentés qu'une seule fois renvoient à son déficit de recollection et de rappel. Par contre, les nouvelles informations sémantiques commenceraient à se décontextualiser à mesure qu'elles sont répétées, ce qui les rendrait moins dépendantes de la mémoire épisodique et de l'hippocampe. Gadian et al. (2000) a également décrit cinq patients présentant une amnésie développementale suite à un épisode hypoxique survenu peu de temps après la naissance, parmi lesquels se trouvaient deux des patients de l'étude de Vargha-Khadem et al. (1997), Beth et Jon, et dont la lésion cérébrale était limitée à l'hippocampe. Ces cinq patients montraient tous un déficit sévère de mémoire épisodique, mais une préservation relative de la mémoire sémantique. En effet, ils manifestaient une acquisition normale de connaissances factuelles. Enfin, Vargha-Khadem, Gadian et Mishkin (2001) ont comparé des patients devenus amnésiques suite une pathologie hippocampique soit survenue très tôt dans leur vie (entre la naissance et l'âge d'un an), soit survenue plus tard (entre 6 et 14 ans) afin de voir si le moment où la lésion a eu lieu influençait la quantité d'informations sémantiques que ces patients pouvaient acquérir. Les deux groupes montraient le même profil, s'exprimant par un déficit de mémoire épisodique et une préservation de la mémoire sémantique. Par ailleurs, les lésions cérébrales des deux groupes étaient équivalentes. Ces données suggèrent que ce profil d'amnésie développementale se retrouve chez des patients dont l'âge auquel ils sont devenus amnésiques va de la naissance à la puberté.

Ces résultats semblent compatibles avec la proposition selon laquelle la mémoire sémantique et la mémoire épisodique sont deux systèmes mnésiques distincts, organisés de manière hiérarchique de telle sorte que de nouvelles informations peuvent être encodées en mémoire sémantique indépendamment de la mémoire épisodique (Schacter & Tulving, 1994 ; Tulving, 1995 ; Tulving & Markowitsch, 1998). Selon cette conception, un trouble d'acquisition de souvenirs épisodiques peut exister en l'absence de déficit d'apprentissage sémantique. Cependant, il se pourrait que l'apprentissage sémantique dont les patients amnésiques décrits sont capables soit basé sur les capacités résiduelles de mémoire épisodique (Squire & Zola, 1998). Il s'agirait, selon Squire et Zola (1998), d'exemples d'amnésie quantitativement limitée : la mémoire épisodique et la mémoire sémantique seraient altérées de manière incomplète, toutes les deux au même degré. En outre, le fait que, dans la plupart des études citées, les patients amnésiques aient été capables de retenir des informations sémantiques après un

très grand nombre d'expositions au matériel pourrait également soutenir un modèle de l'organisation de la mémoire en termes de systèmes d'apprentissage rapide versus lent, comme celui d'Alvarez et Squire (1994). En effet, selon ce modèle, une lésion du lobe temporal interne entraîne un déficit d'acquisition de souvenirs épisodiques et ralentit fortement l'apprentissage de nouvelles informations sémantiques. Cet apprentissage n'est néanmoins pas impossible car la présentation répétée de l'information renforcerait progressivement les connexions néocorticales entre les régions représentant cette information, permettant ainsi un certain degré d'apprentissage sémantique. Il faut cependant signaler que l'information apprise de cette manière manquerait de flexibilité car l'information stockée dans les connexions néocorticales ne pourrait être réactivée que si tous les traits constituant le fait se trouvent dans l'indice. Or certains éléments suggèrent que les connaissances acquises par le patient AC sont flexibles (Van der Linden et al., 2001). Par exemple, AC était capable de récupérer l'information sémantique apprise dans différentes conditions de test (sur base d'une définition, dans une tâche de génération de phrases).

Il existe cependant des études qui ont décrit des cas de patients amnésiques qui étaient incapables d'acquérir de nouvelles connaissances sémantiques après l'installation de leur lésion cérébrale. Ainsi, Gabrieli, Cohen, et Corkin (1988) ont étudié la mémoire pour des informations sémantiques chez le patient HM, devenu amnésique en 1953 suite à une résection bilatérale du lobe temporal. HM était incapable d'apprendre de nouvelles associations entre un mot et une définition, ainsi qu'entre un mot et un synonyme, même après des expositions répétées. De plus, il n'avait pas appris des mots entrés dans le vocabulaire après son opération et il ne pouvait pas identifier les noms de personnes devenues célèbres après 1953. Néanmoins, la mémoire de HM était normale pour des informations sémantiques apprises avant l'installation de la lésion. De plus, dans une tâche de complètement de souches de mots, HM montrait un effet d'amorçage normal pour des mots entrés dans le vocabulaire avant 1953, mais pas pour des mots apparus après 1965 (Postle & Corkin, 1998).

Par ailleurs, Verfaellie, Croce, et Milberg (1995) ont étudié les connaissances qu'un patient amnésique, SS, avait acquises concernant des mots entrés dans la langue après l'installation de sa lésion cérébrale. Le patient SS montrait un déficit dans le rappel et la reconnaissance de la signification des nouveaux mots. Il

échouait également dans des tâches évaluant la connaissance lexicale acquise à propos des nouveaux mots et n'était pas capable de discerner si le mot était utilisé de manière appropriée ou non dans une phrase.

Ces données qui indiquent un échec d'apprentissage de nouvelles informations sémantiques suite à une amnésie rencontrent les prédictions formulées par Squire et Zola (1998). Selon eux, l'acquisition de nouvelles connaissances sémantiques nécessite l'apprentissage de l'épisode dans lequel l'information sémantique est apparue. Donc, un déficit de mémoire épisodique entraînerait un déficit d'apprentissage de nouvelles informations sémantiques. Pour Kitchener et al. (1998) et Verfaellie, Koseff, et Alexander (2000), ce qui pourrait expliquer pourquoi certains patients amnésiques manifestent un apprentissage sémantique (Kitchener et al., 1998 ; McKenna & Gerhand, 2002 ; Van der Linden et al., 1996, 2001), et d'autres pas (Gabrieli et al., 1988 ; Verfaellie et al., 1995) serait le fait que les patterns d'atteintes cérébrales diffèrent entre ces patients. Alors que la lésion du patient RS touche une grande partie des structures temporales internes, mais laisse intact le cortex temporal latéral (Kitchener et al., 1998), l'étiologie de l'amnésie du patient SS (Verfaellie et al., 1995), une encéphalite herpétique, suggère que la lésion pourrait affecter le cortex temporal inféro-latéral, souvent associé à la mémoire sémantique (Graham, Lambon Ralph, & Hodges, 1997 ; Hodges, Patterson, & Tyler, 1994). Concernant HM, les auteurs (Gabrieli et al., 1988) n'excluent pas qu'un trouble langagier léger, qui s'est développé au cours des dernières années, affecte l'acquisition de nouveaux mots de vocabulaire chez ce patient.

De plus, rappelons que Vargha-Khadem et al. (1997) ont proposé que la dissociation entre une mémoire épisodique altérée et une mémoire sémantique relativement préservée observée chez leurs patients était liée au fait que la lésion des patients était limitée à l'hippocampe. Les régions corticales adjacentes qui étaient préservées seraient importantes pour l'apprentissage sémantique.

Verfaellie et al. (2000) ont testé l'hypothèse proposée par Vargha-Khadem et al. (1997) en comparant les capacités d'apprentissage sémantique de deux patients amnésiques dont les lésions différaient en termes de localisation et d'étendue. Le patient SS était devenu amnésique suite à une encéphalite herpétique et présentait une atteinte étendue du lobe temporal interne, qui affectait également les pôles temporaux et le cortex temporal latéral inférieur gauche.

L'amnésie de la patiente PS était, quant à elle, survenue suite à un épisode anoxique et les examens neuroanatomiques ont révélé une réduction bilatérale du volume de l'hippocampe. Les régions corticales entourant l'hippocampe semblaient normales. La connaissance de la signification de mots entrés dans le vocabulaire de la langue après le début de l'amnésie de chaque patient et la connaissance des visages de personnes devenues célèbres dans la période post-morbide de SS et PS ont été examinées. Les résultats indiquent que même si les deux patients avaient des performances inférieures à celles des participants de contrôle, la patiente PS obtenait des scores significativement plus élevés que le patient SS. Par ailleurs, alors que SS était déficitaire dans les tests de rappel et de reconnaissance de mots et de visages célèbres, PS avait des performances supérieures au niveau du hasard dans les tests de reconnaissance et très altérées dans les tests de rappel. Cela suggère que PS aurait acquis suffisamment de connaissances sémantiques pour éprouver un sentiment de familiarité lorsqu'elle rencontrait des mots et des visages connus. Selon les auteurs, cette différence entre les deux patients ne serait pas due à une différence dans la gravité de l'amnésie. Les performances de SS et PS dans les tests standard de mémoire antérograde ne semblaient pas indiquer de supériorité d'un patient sur l'autre. En résumé, PS était capable d'acquérir au moins une certaine quantité d'informations sémantiques et sa lésion était limitée à l'hippocampe, tandis que la lésion de SS s'étendait à l'ensemble du lobe temporal interne et il montrait un déficit dans l'acquisition de nouvelles informations sémantiques. Ces données semblent compatibles avec la proposition selon laquelle l'apprentissage de nouvelles informations sémantiques ne dépendrait pas de l'hippocampe, mais plutôt des régions corticales adjacentes. Elles appuient également le modèle selon lequel la mémoire épisodique et la mémoire sémantique sont dissociables et dépendent, du moins en partie, de régions cérébrales différentes (Tulving & Markowitsch, 1998).

Récemment, cependant, Manns, Hopkins et Squire (2003) ont montré que des lésions sélectives de l'hippocampe altéraient significativement la capacité d'apprendre de nouvelles informations sémantiques. Dans une première expérience, Manns et al. ont examiné les connaissances que possédaient 5 patients hippocampiques à propos d'événements publics survenus avant et après l'installation de leur lésion. Dans cette tâche, les performances en rappel et en reconnaissance à choix forcé des événements post-morbides étaient déficitaires chez tous les patients, de même que leurs performances concernant

des événements s'étant produits entre 1 et 10 ans avant l'installation de la lésion. Par contre, les patients se souvenaient des événements plus anciens aussi bien que les participants de contrôle. Dans une deuxième expérience, 6 patients hippocampiques et un groupe de participants normaux devaient effectuer des jugements célèbre/non célèbre pour des noms propres (les personnes connues ayant été célèbres avant 1970), ainsi que des jugements vivant/décédé pour les personnes identifiées comme célèbres (la plupart étant décédées dans la période ayant suivi le début de l'amnésie des patients). Les résultats montrent que les patients décidaient si un nom désignait une personne célèbre ou non aussi bien que les participants de contrôles, mais étaient incapables de dire si les personnes célèbres vivaient toujours ou non. Comme ce déficit pourrait résulter du fait que les participants normaux se basent sur des souvenirs épisodiques concernant quand, où et comment ils ont acquis ces connaissances sémantiques, Manns et al. ont supprimé les items pour lesquels les participants normaux se souvenaient du contexte d'apprentissage du décès d'une personnalité. Les patients montraient toujours un déficit mnésique pour ces informations sémantiques. Pour Manns et al. (2003), ces données suggèrent que l'hippocampe est crucial pour une acquisition normale de connaissances sémantiques et reste important pour maintenir ces informations plusieurs années après l'apprentissage.

Enfin, l'étude de Holdstock, Mayes, Isaac, Gong et Roberts (2002) appuie l'idée selon laquelle l'hippocampe et le cortex temporal environnant joueraient des rôles différents dans la mémoire épisodique et dans l'apprentissage lent versus rapide de nouvelles informations sémantiques. Holdstock et al. ont exploré les capacités d'apprentissage sémantique de la patiente YR, qui présentait une lésion sélective de l'hippocampe, ainsi que d'une autre patiente (JL) dont la lésion épargnait l'hippocampe mais touchait les cortex périrhinal et temporal antérieur latéral. Dans une tâche d'apprentissage de définitions de mots rares et inconnus de la patiente YR et des participants de contrôle, le rappel et la reconnaissance de la définition des nouveaux mots après une seule présentation ainsi qu'après 10 essais d'apprentissage étaient très déficitaires chez YR. Par contre, YR était capable de discriminer une définition étudiée d'une définition non étudiée, ce qui est compatible avec la préservation de la reconnaissance déjà mentionnée. Cette bonne reconnaissance se maintenait même après de longs délais de rétention (jusqu'à trois semaines). JL présentait un profil différent : bien qu'elle était capable de reconnaître les définitions présentées après des délais courts, le maintien à

long terme de cette information était altérée. De plus, Holdstock et al. ont examiné les connaissances que YR et JL avaient pu acquérir concernant des informations publiques datant de la période post-morbide (personnes célèbres, événements publics et nouveaux mots de vocabulaire). Les résultats ont montré que YR était capable de reconnaître ces informations publiques et qu'elle pouvait fournir un certain nombre d'informations concernant des événements publics et des personnes célèbres. Cependant, elle ne rappelait pas autant d'informations que des participants normaux (par exemple, concernant la date des événements). JL, quant à elle, avait des difficultés à se souvenir des informations publiques survenues après sa lésion et son déficit était plus sévère que celui de YR. Cette étude suggère donc que l'acquisition rapide d'informations épisodiques et d'informations sémantiques dépendraient de manière critique de l'hippocampe. Par contre, l'hippocampe serait moins important pour l'acquisition graduelle d'informations sémantiques au travers de nombreuses répétitions, mais il serait néanmoins nécessaire pour atteindre un niveau d'apprentissage tout à fait normal.

### 3.5 Conclusions

Plusieurs modèles (Aggleton et Brown, 1999 ; Mishkin et al., 1998 ; Norman & O'Reilly, 2003) proposent que le circuit hippocampique serait spécifiquement impliqué dans la mémoire épisodique, tandis que les cortex entourant l'hippocampe (en particulier le cortex périrhinal) contribueraient à la formation de souvenirs moins complexes, sous-tendant la reconnaissance basée sur la familiarité ainsi que la formation de souvenirs sémantiques. Cette proposition repose sur la description de certains patients amnésiques souffrant de lésions cérébrales limitées au circuit de Papez et qui présentent un profil de performances caractérisé par la préservation de la reconnaissance basée sur la familiarité, en dépit d'un rappel et d'une recollection altérés. Cependant, des données contradictoires existent, montrant un déficit de reconnaissance équivalent à celui de rappel dans l'amnésie, même lorsque la lésion cérébrale est limitée à l'hippocampe. Pour Squire et ses collaborateurs (par exemple, Zola & Squire, 2000 ; Squire & Knowlton, 1995), le rappel, la recollection et la familiarité dépendraient du système de mémoire déclarative, qui serait relié aux différentes structures du lobe temporal interne et aux régions diencephaliques.

Par ailleurs, les travaux ayant rapporté un apprentissage significatif de

nouvelles informations sémantiques (dans des conditions de laboratoire et dans l'environnement naturel) chez des patients sévèrement amnésiques contrastent avec les études qui n'ont pas montré d'acquisition significative d'informations sémantiques dans l'amnésie. Verfaellie et al., (2000) ont proposé que des différences dans la localisation et l'étendue de la lésion des patients expliqueraient les données contradictoires de la littérature. Les patients dont les lésions sont limitées à l'hippocampe seraient capables d'acquérir une certaine quantité d'informations sémantiques, tandis que les patients présentant une lésion temporale interne étendue auraient un déficit net d'apprentissage sémantique. L'hippocampe pourrait être crucial pour l'apprentissage rapide de nouvelles informations sémantiques, mais pas pour un apprentissage progressif de connaissances sémantiques suite à des présentations répétées de ces informations. Néanmoins, l'apprentissage sémantique sans l'hippocampe ne permettrait pas d'atteindre un niveau de connaissances normal (Holdstock et al., 2002).

Ces données neuropsychologiques divergentes contribuent à maintenir très vif le débat concernant les relations entre la mémoire épisodique et la mémoire sémantique, ainsi que la controverse concernant les contributions de l'hippocampe d'une part et des cortex temporaux internes adjacents de l'autre dans le fonctionnement mnésique.

#### **4. IMAGERIE CÉRÉBRALE DE LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE : LES RÉGIONS HIPPOCAMPIQUES**

La compréhension du rôle de l'hippocampe et des régions adjacentes dans le fonctionnement de la mémoire a beaucoup bénéficié de l'analyse de l'effet de lésions cérébrales touchant la face interne des lobes temporaux sur les performances mnésiques. Récemment, l'avènement des techniques d'imagerie cérébrale, comme la tomographie par émission de positons (TEP) et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ont considérablement enrichi les connaissances concernant les soubassements cérébraux de la mémoire épisodique. Ces techniques permettent d'identifier les régions impliquées dans les processus cognitifs intervenant dans des tâches spécifiques en analysant les modifications du débit sanguin cérébral et de la consommation d'oxygène liées à la réalisation de ces tâches. En particulier, grâce à la grande résolution spatiale

qu'elle permet, l'IRMf est un outil de grande valeur dans l'étude du rôle plus spécifique que jouent l'hippocampe et les régions adjacentes dans le fonctionnement de la mémoire épisodique.

D'une manière générale, les études en imagerie cérébrale ont montré que la mémoire épisodique dépend d'un vaste réseau cérébral, dont les régions les plus importantes seraient les régions préfrontales, le lobe temporel interne (en particulier, l'hippocampe), les cortex d'association postérieurs (temporaux et pariétaux), le cortex cingulaire et le cervelet. Dans cette section, nous aborderons spécifiquement l'exploration du rôle de l'hippocampe dans la mémoire épisodique au moyen des techniques d'imagerie cérébrale. Les données concernant les lobes frontaux seront exposées dans le chapitre 3.

### ***Le modèle HIPER***

Suite à une méta-analyse de 52 études en TEP ayant rapporté des activations hippocampiques liées à l'encodage et/ou la récupération en mémoire épisodique, Lepage, Habib et Tulving (1998) ont formulé le modèle HIPER (HIPpocampus Encoding/Retrieval). Selon ce modèle, la partie antérieure de l'hippocampe serait préférentiellement impliquée dans l'encodage des informations épisodiques, tandis que sa partie postérieure serait impliquée dans la récupération des informations épisodiques. Les auteurs reconnaissent que ce modèle est purement descriptif et qu'il n'émet aucune hypothèse quant au rôle plus précis de ces différentes régions.

Toutefois, dans une méta-analyse ultérieure, portant cette fois sur des études en IRMf, Schacter et Wagner (1999) ont observé que l'encodage en mémoire épisodique activait principalement la partie postérieure de l'hippocampe, plutôt que sa partie antérieure comme le suggère le modèle HIPER. Pour Schacter et Wagner (1999), ces divergences pourraient être liées aux techniques d'imagerie utilisées, la TEP et l'IRMf différant notamment en termes de résolution spatiale. Plus récemment, Greicius et al. (2003) ont suggéré que les résultats des études en IRMf passées en revue par Schacter et Wagner (1999) pourraient être dus à un artefact de susceptibilité (c'est-à-dire une perturbation du signal liée à un changement abrupt des réponses magnétiques entre deux types de tissu, par exemple dans les régions cérébrales proches de structures osseuses) qui masquerait l'activation dans les régions antérieures de l'hippocampe. Toutefois, lorsqu'ils contrôlent cet artefact, Greicius et al. (2003) constatent que l'encodage



et la récupération d'informations verbales sont tous deux associés à une activation des régions hippocampiques médianes et postérieures, supérieure à l'activation des parties antérieures.

### ***Détection de la nouveauté***

En 1994, Tulving, Kapur, Habib et Houle ont proposé que l'hippocampe joue un rôle crucial dans le traitement des nouveaux items par rapport aux items familiers, et serait donc impliqué dans un processus de détection de la nouveauté. Ce mécanisme serait une des premières étapes de l'encodage en mémoire épisodique : les stimuli devraient être identifiés comme anciens ou nouveaux de manière à n'engager les processus d'encodage élaborés que pour des stimuli qui ne sont pas déjà stockés en mémoire (Tulving, Markowitsch, Craik, Habib, & Houle, 1996). Dans leur étude en TEP, Tulving et al. (1994) ont comparé l'activation cérébrale associée à la présentation de scènes géographiques rendues familières par deux expositions préalables par comparaison avec la présentation de nouvelles scènes. Les résultats montraient une activation plus importante des structures du lobe temporal interne (et de l'hippocampe en particulier) lorsque les participants regardaient des scènes nouvelles par rapport aux scènes familières. Par la suite, d'autres études en TEP et en IRMf ont également mis en évidence une augmentation de l'activation hippocampique droite associée à une détection de la nouveauté d'un matériel visuel (Kanwisher, Chun, McDermott, & Ledden, 1996 ; Tulving et al., 1996 ; Yonelinas, Hopfinger, Buonocore, Kroll, & Baynes, 2001). D'autres travaux ont aussi suggéré que les régions hippocampiques antérieures gauches seraient sensibles à la nouveauté d'un matériel verbal (Dolan & Fletcher, 1997 ; Fujii et al., 1997 ; Saykin et al., 1999 ; Strange, Fletcher, Friston, & Dolan, 1999).

Cependant, des données contradictoires ont été rapportées. Par exemple, certaines études n'ont pas observé d'influence de la nouveauté du matériel sur l'activation hippocampique (par exemple, Buckner, Petersen, Ojemann, Miezin, Squire, & Raichle, 1995). À l'inverse, une augmentation de l'activation de l'hippocampe pour des items familiers par rapport à des items nouveaux a parfois été décrite (par exemple, Kapur, Craik, Tulving, Wilson, Houle, & Brown, 1995).

Des hypothèses alternatives ont été proposées pour expliquer la différence d'activation hippocampique observée par certaines études entre des stimuli

nouveaux et des stimuli présentés répétitivement avant l'expérience. Elle pourrait tout d'abord résulter d'une réduction de l'activation liée à la facilitation du traitement des items répétés, plutôt qu'à la détection d'un nouveau matériel (Rugg, 2002). En outre, les activations observées pourraient être dues à la nouveauté de la situation expérimentale (en particulier, l'environnement technique particulier du scanner), plutôt qu'à la nouveauté du matériel lui-même (Martin, Wiggs, & Weisberg, 1997).

### ***Encodage associatif et succès de la récupération***

Les études qui ont comparé une condition d'encodage nécessitant la formation d'associations entre des items avec une condition d'encodage insistant sur l'encodage des items individuels ont montré que les structures hippocampiques étaient spécifiquement activées lors d'un encodage associatif (Henke, Buck, Weber, & Wieser, 1997 ; Henke, Weber, Kneifel, Wieser, & Buck, 1999 ; Montaldi et al., 1998). En particulier, l'étude de Montaldi et al. (1998) a mis en évidence une activation des structures temporales internes associée à un encodage associatif dans des conditions qui ne différaient pas en termes de nouveauté du matériel. Mitchell, Johnson, Raye et D'Esposito (2000) ont également montré que le fait d'étudier des objets et la localisation spatiale dans laquelle ils sont présentés produisait plus d'activation hippocampique (antérieure gauche) que le fait d'encoder soit les objets, soit les localisations seules. Plus récemment, Davachi et Wagner (2002) ont mis en évidence une activation hippocampique plus importante lors d'un encodage associatif que lors d'un encodage centré sur les items eux-mêmes. De manière intéressante, ils observaient également une plus grande intervention des cortex entorhinal et parahippocampique lors de l'encodage des items par rapport à l'encodage des relations entre ceux-ci. Ces travaux appuient les modèles qui proposent un rôle critique de l'hippocampe dans la formation d'associations entre les différents éléments d'un épisode (« binding » ; par exemple, Eichenbaum et al., 1994 ; McClelland et al., 1995 ; Mishkin et al., 1998 ; Moscovitch, 1992, 1994).

En ce qui concerne la récupération en mémoire épisodique, plusieurs études en TEP et en IRMf par bloc<sup>10</sup> ont montré une activation des structures

---

<sup>10</sup> Dans une étude en IRMf par bloc, les participants réalisent une tâche pendant une certaine durée (par exemple, 20 s), puis passent à une autre tâche (souvent une tâche de

hippocampiques associées à la récupération réussie d'informations étudiées (Nyberg, McIntosh, Houle, Nilsson, & Tulving, 1996 ; Schacter, Alpert, Savage, Rauch, & Albert, 1996 ; Squire, Ojemann, Miezin, Petersen, Videen, & Raichle, 1992 ; Stark & Squire, 2000a). Les études en IRMf événementielle<sup>11</sup> ont également permis d'examiner le niveau d'activation hippocampique à l'encodage en fonction du succès ou non de la récupération<sup>12</sup>. Ces travaux ont montré que plus les structures hippocampiques sont activées lors de l'encodage d'un item, plus cet item a de chance d'être correctement récupéré (Brewer, Zhao, Desmond, Glover, & Gabrieli, 1998 ; Fletcher, Stephenson, Carpenter, Donovan, & Bullmore, 2003 ; Otten, Henson, & Rugg, 2001 ; Reber, Siwec, Gitelman, Parrish, Mesulam, & Paller, 2002 ; Wagner et al., 1998). Enfin, l'analyse des activations associées à la reconnaissance correcte des items étudiés par comparaison au rejet correct des items non étudiés a suggéré que la récupération réussie de l'item était associée à une activation des lobes temporaux internes (par exemple, Daselaar, Rombouts, Veltman, Raaijmakers, Lazeron, & Jonker, 2001 ; Konishi, Wheeler, Donaldson, & Buckner, 2000 ; Rombouts, Barkhof, Witter, Machielsen, & Scheltens, 2001 ; Slotnick, Moo, Segal, & Hart, 2003).

### ***Les processus de la reconnaissance : recollection et familiarité***

Peu d'études ont exploré les soubassements cérébraux des processus de reconnaissance en utilisant des procédures qui permettent de séparer la contribution de la recollection et de la familiarité. Utilisant une technique d'IRMf événementielle, Henson, Rugg, Shallice, Josephs et Dolan (1999) et Eldridge, Knowlton, Furmanski, Brookheimer et Engel (2000) ont comparé les activités cérébrales liées à la reconnaissance de mots étudiés associée à des réponses « je me souviens » et à des réponses « je sais ». Les deux études ont observé une augmentation de l'activité pariétale gauche pour les réponses « je me

---

contrôle), également pendant 20 s, alternant ainsi les deux tâches pendant toute la séquence de scanning. Les activations associées aux deux tâches sont ensuite directement comparées.

<sup>11</sup> Dans une étude en IRMf événementielle, les différentes conditions que l'on souhaite comparer sont mélangées au sein d'une seule tâche. L'activation est enregistrée pour chaque item, qui sont, par la suite, classés dans l'une ou l'autre catégorie d'intérêt (par exemple, les items correctement reconnus, les items oubliés...) afin d'analyser les corrélats cérébraux associés à chaque condition.

<sup>12</sup> En d'autres termes, l'activation associée à l'encodage des items qui sont par la suite correctement reconnus est comparée à celle des items qui sont par la suite oubliés.

souviens » par rapport aux réponses « je sais ». En outre, Eldridge et al. (2000) ont trouvé que les réponses « je me souviens » correctes étaient associées à une plus grande activation de la région hippocampique et du gyrus parahippocampique gauches que les réponses « je sais » correctes et les rejets corrects. Par contre, les réponses « je sais » ne produisaient pas plus d'activation hippocampique que les rejets corrects d'items non familiers. Stark et Squire (2003) ont critiqué ce dernier résultat en suggérant que l'absence d'activation hippocampique liée aux réponses « je sais » pourrait résulter d'une augmentation de l'activation associée à l'encodage des nouveaux items. En outre, ni les réponses « je sais », ni les rejets corrects n'étaient associés à des activations supérieures à celles de la condition de contrôle. Stark et Squire (2003) ont suggéré que cela pouvait être dû au fait que la condition de contrôle utilisée, une période de fixation de 20 s, pourrait produire plus d'activation temporelle interne qu'une tâche de contrôle supprimant mieux les activités mentales (par exemple, effectuer de façon répétée une tâche simple, Stark & Squire, 2001).

Quelques travaux ont opérationnalisé la recollection comme étant la récupération correcte d'informations contextuelles. Les expériences qui ont examiné les corrélats cérébraux lors de la récupération ont observé une activité des structures hippocampiques plus élevée lorsque les participants récupéraient correctement le contexte d'apprentissage par rapport aux essais où ils ne le récupéraient pas (Cansino, Maquet, Dolan, & Rugg, 2002 ; Dobbins, Rice, Wagner, & Schacter, 2003). Dans l'étude de Cansino et al. (2002), les participants effectuaient des jugements naturel/artificiel sur des images d'objets présentées aléatoirement dans un des quadrants d'un écran d'ordinateur. Lors du test, ils devaient indiquer si une image avait été étudiée ou pas et, si oui, indiquer dans quelle localisation spatiale elle avait été présentée lors de la phase d'encodage. La récupération correcte du contexte spatial était associée à une plus grande activation de l'hippocampe droit et du cortex préfrontal gauche que les réponses incorrectes. Dobbins et al. (2003) ont demandé aux participants d'apprendre des mots dans une condition d'encodage particulière (soit juger si un mot est agréable ou pas, soit juger si le mot est concret ou abstrait), puis d'indiquer lequel de deux mots étudiés avait été encodé selon une tâche donnée. Dans cette expérience, la récupération correcte du contexte d'encodage était accompagnée d'une activité plus importante de l'hippocampe et des cortex adjacents que les réponses incorrectes.

Dans des études récentes en IRMf événementielle, Ranganath, Yonelinas, Cohen, Dy, Tom et D'Esposito (2003) et Davachi, Mitchell et Wagner (2003) ont examiné les variations d'activation à l'encodage dans les différentes régions du lobe temporal interne en fonction du type de processus impliqué lors de la récupération (recollection versus familiarité). Dans l'expérience de Ranganath et al. (2003), les participants encodaient dans le scanner une liste de mots présentés visuellement. La moitié des mots étaient écrits en rouge et l'autre moitié en vert. Pour les mots écrits en rouge, les participants devaient juger si le mot faisait référence à un objet vivant ou non vivant. Pour les mots écrits en vert, ils devaient effectuer un jugement de taille, en indiquant si le mot faisait référence à un objet qui peut entrer dans une boîte à chaussures. Lors d'un test de reconnaissance réalisé en dehors du scanner, des mots étudiés et de nouveaux mots étaient présentés l'un après l'autre. Pour chaque mot, les participants devaient indiquer dans quelle mesure ils étaient certains que le mot avait été présenté (de 1 *certain qu'il est nouveau* à 6 *certain qu'il a été étudié*). Cette décision était suivie d'un jugement de source, où les participants devaient préciser si le mot avait été initialement présenté en rouge ou en vert (en répondant au hasard pour les items qu'ils pensaient être nouveaux). Pour Ranganath et al. (2003), le jugement de source fournit une mesure de la recollection, tandis que la familiarité interviendrait lors des décisions de reconnaissance de manière graduelle en fonction du degré de confiance (le niveau de familiarité le plus élevé étant atteint pour les items reconnus avec un degré de certitude de 5 sur l'échelle proposée<sup>13</sup>). Les résultats montrent une activation à l'encodage liée à une reconnaissance subséquente basée sur la familiarité dans une région parahippocampique antérieure gauche, correspondant au cortex entorhinal ou périrhinal. Quant aux items dont la source était correctement récupérée, ils étaient associés à l'encodage à une activation de l'hippocampe et du cortex parahippocampique postérieurs droits.

Dans l'étude de Davachi et al. (2003), les participants étaient scannés pendant qu'ils encodaient des adjectifs soit en formant une image mentale, soit en les répétant sub-vocalement. Lors de la phase de test, les participants devaient indiquer si un adjectif avait été présenté ou non, et si oui, quelle avait été la tâche d'encodage. Les analyses se sont focalisées sur les items encodés de manière

---

<sup>13</sup> Dans la conception de Yonelinas (1994, 2001), la recollection entraînerait des réponses accompagnées d'un degré de certitude très élevé. Ainsi, le niveau de confiance « 6 » correspondrait en grande partie à une reconnaissance basée sur la recollection.

élaborée (imagerie mentale), car le taux de reconnaissance correcte était beaucoup plus élevé dans cette condition que dans la condition de simple répétition des items. Davachi et al. ont observé une activation sélective de l'hippocampe et du cortex parahippocampique postérieur à l'encodage pour des adjectifs que les participants se souvenaient par la suite avoir encodés en formant une image mentale. En revanche, une activation périrhinale à l'encodage était mise en évidence pour les items correctement reconnus, que les participants se souviennent ou non de la tâche d'imagerie mentale. Ces données suggèrent que les différentes structures du lobe temporal interne contribueraient de manière différente aux mécanismes d'apprentissage à la base de la reconnaissance basée sur la familiarité et de la reconnaissance basée sur la recollection.

## Conclusions

Les études d'imagerie cérébrale ont montré que les structures du lobe temporal interne sont impliquées dans la réalisation de tâches de mémoire épisodique. A un niveau descriptif, le modèle HIPER propose que l'encodage en mémoire épisodique activerait les parties antérieures de l'hippocampe, tandis que la récupération ferait intervenir les régions postérieures. Ce modèle, basé sur des études en TEP, a cependant été contredit par les études ultérieures en IRMf. D'autres travaux en imagerie cérébrale ont tenté de mieux comprendre le rôle que jouent les structures hippocampiques dans la mémoire épisodique. Tout d'abord, certaines études ont suggéré un rôle des régions hippocampiques dans le processus de détection de la nouveauté. Toutefois, ce rôle n'a pas été confirmé par certaines expériences et il reste à prouver que les effets observés reflètent bien la nouveauté de l'information elle-même. Par ailleurs, des résultats en accord avec l'hypothèse d'un rôle de l'hippocampe dans la création d'associations entre les items lors de l'encodage ont été rapportés. Il apparaît également que le degré d'activation des structures hippocampiques à l'encodage prédit le succès de la récupération ultérieure d'un item. Enfin, des travaux récents ont suggéré que les différentes structures du lobe temporal interne sont activées de manière spécifique lors de l'encodage selon que les items seront par la suite récupérés avec leur contexte d'encodage ou reconnus sans souvenir de l'épisode d'apprentissage.

## Chapitre 3

# Le rôle des lobes frontaux dans le fonctionnement de la mémoire épisodique

L'implication des régions frontales dans le fonctionnement de la mémoire épisodique a, jusqu'il y a peu, été un point de désaccord dans la littérature neuropsychologique. Cependant, depuis le début des années 80, un nombre croissant de travaux ont mis en évidence l'existence de déficits en mémoire épisodique consécutifs à des lésions frontales (pour une revue, voir Van der Linden, André, & Marczewski, 1999). Par ailleurs, les techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle ont confirmé l'importance des régions frontales dans le fonctionnement de la mémoire épisodique. Dans ce chapitre, après une présentation de l'anatomie des lobes frontaux, nous décrivons les troubles mnésiques observés suite à une atteinte des régions frontales, ainsi que les interprétations proposées pour rendre compte des données d'imagerie fonctionnelle montrant une activation des structures frontales dans la réalisation de différentes tâches de mémoire épisodique.

### 1. DESCRIPTION ANATOMIQUE DES LOBES FRONTAUX

#### *Les régions frontales*

Les lobes frontaux désignent la région cérébrale antérieure à la scissure centrale (ou de Rolando) –qui les séparent des lobes pariétaux– et supérieure à la scissure latérale (ou scissure de Sylvius) –qui les séparent des lobes temporaux. Ils

représentent environ un tiers de la surface corticale (Botez, 1987 ; Fuster, 1989).

Les lobes frontaux peuvent être divisés en trois grandes régions : le cortex moteur, le cortex prémoteur et le cortex préfrontal (Damasio, 1991 ; Petrides, 2000 ; Stuss & Benson, 1986, voir Figure 1). C'est le cortex préfrontal qui est généralement désigné par les termes « régions frontales » ou « lobes frontaux » dans la littérature neuropsychologique<sup>1</sup>. Classiquement, le cortex limbique est considéré comme faisant partie du cortex préfrontal (Luria, 1978 ; Stuss & Benton, 1986). Cependant, Damasio (1991) le décrit comme une région indépendante.

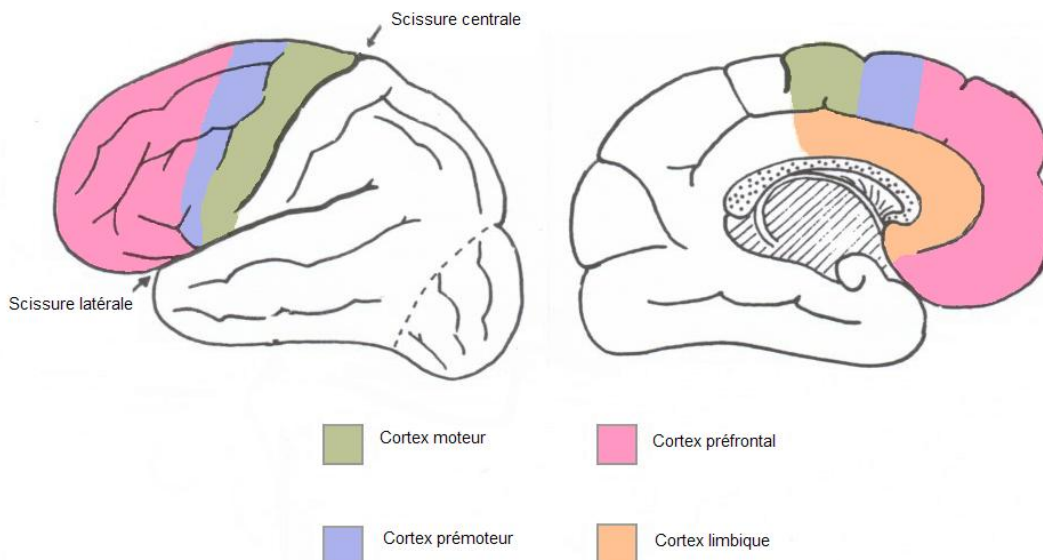


Figure 1. Vue latérale (à gauche) et interne (à droite) des différentes régions frontales.

<sup>1</sup> De même, lorsque nous parlerons de « régions frontales » et des « lobes frontaux », nous ferons référence au cortex préfrontal.



Le **cortex moteur** ou pré-central correspond à la circonvolution frontale ascendante (ou aire 4 de Brodmann) et représente la région motrice primaire.

Le **cortex prémoteur**, région motrice secondaire (ou aire 6 de Brodmann principalement) correspond aux parties postérieures des circonvolutions frontales supérieures, moyennes et inférieures. Le prolongement interne de cette région est appelé aire motrice supplémentaire.

Le **cortex préfrontal**, antérieur aux cortex moteur et prémoteur, peut lui-même être subdivisé en quatre régions principales : (1) le cortex préfrontal dorsolatéral, qui occupe les circonvolutions frontales supérieures et moyennes (aires 8, 9, 10, 46 de Brodmann), (2) le cortex préfrontal orbitaire ou ventral, qui comprend la circonvolution frontale inférieure et les régions orbitaires (aires 10, 11, 12, 13, 44, 45 et 47 de Brodmann), (3) le cortex préfrontal médial ou interne (aires 8, 9 et 10 de Brodmann), et (4) le cortex limbique qui correspond à la partie antérieure de la circonvolution cingulaire (aire 24 de Brodmann), aux régions sous-calleuses (aires 25 et 32) et à la partie postérieure de la surface orbitaire (parties postérieures des aires 11 et 12 de Brodmann).

#### *Les connexions*

Les lobes frontaux sont fortement connectés aux autres régions corticales et sous-corticales, en particulier les aires néocorticales postérieures, les noyaux antérieurs et dorsomédians du thalamus, les noyaux gris centraux, le cervelet, les structures du lobe temporal interne (en particulier, l'hippocampe et l'amygdale) et les noyaux du tronc cérébral. La plupart de ces connexions sont bidirectionnelles et permettent aux lobes frontaux de recevoir et de moduler les informations en provenance de ces différentes régions cérébrales.

Les connexions entre les régions frontales et les structures du lobe temporal interne sont particulièrement importantes pour le fonctionnement de la mémoire (Aggleton & Brown, 1999 ; Petrides, 2000). D'une part, des fibres faisant partie du faisceau unciné relie le cortex frontal orbitaire aux régions entorhinales et périrhinales. En fait, les surfaces internes et orbitaires du cortex frontal dans leur partie postérieure possèdent des caractéristiques architectoniques similaires à celles des aires limbiques du lobe temporal interne et constituent en termes d'architecture et de connectivité, une composante intrinsèque du système

limbique. D'autre part, un autre réseau de fibres importantes relie le cortex préfrontal dorsolatéral au cortex cingulaire/rétrosplénial postérieur et à la région parahippocampique postérieure, permettant ainsi au cortex préfrontal dorsolatéral d'exercer une influence sur le système hippocampique. A son tour, l'hippocampe peut moduler l'activité frontale via les connections partant notamment du subiculum.

Signalons que les lobes frontaux, surtout le cortex frontal orbitaire, sont aussi étroitement connectés au système amygdalien qui joue un rôle critique dans les traitements émotionnels et en particulier la composante émotionnelle de l'expérience mnésique. De plus, la région hippocampique-amygdalienne interagit également avec les régions frontales orbitaires postérieures via ses connections avec le thalamus. Le noyau antérieur du thalamus, qui reçoit directement des inputs du complexe hippocampique (et indirectement via les corps mamillaires) projette des fibres vers le cortex cingulaire antérieur et les circonvolutions sous-calleuses.

Enfin, à l'arrière des régions orbito-frontales, se trouvent les régions basales sous-frontales (« basal forebrain ») qui jouent un rôle direct dans la mémoire. Par exemple, la région septale se trouve juste derrière le cortex frontal sous-calleux et comprend plusieurs noyaux, comme le noyau septal et le noyau de la bande diagonale de Broca, qui sont fortement connectés au complexe hippocampique et font partie intégrante de ce système. Les structures de la région basale sous-frontale constituent la source majeure d'inputs cholinergiques de l'hippocampe, de sorte qu'une lésion touchant ces structures supprime l'apport cholinergique vers l'hippocampe et donne lieu à des déficits mnésiques similaires à ceux observés suite à une lésion hippocampique (c'est-à-dire un syndrome amnésique).

## **2. RÔLE DES LOBES FRONTAUX DANS LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE : DONNÉES NEUROPSYCHOLOGIQUES**

D'une manière générale, les lobes frontaux exercent un rôle de régulation et de supervision sur les régions postérieures corticales et sous-corticales auxquelles ils sont connectés. Ils ont donc un rôle privilégié d'organisation et d'intégration de diverses informations (perceptives, affectives...) dépendant des régions postérieures (Stuss & Benson, 1986 ; Wheeler et al., 1997).

De plus, le cortex préfrontal a été associé à une classe de fonctions de contrôle de haut niveau, appelées communément **fonctions exécutives** (Burgess, 1997 ; Rabbit, 1997 ; Shallice, 1988). Les fonctions exécutives désignent un ensemble de processus cognitifs dont le rôle principal est de faciliter l'adaptation d'un individu aux situations nouvelles et/ou complexes, en particulier lorsque les habiletés cognitives surappries ne sont pas suffisantes. Cela inclut des fonctions comme la planification de l'action, l'inhibition d'informations non pertinentes, la prise de décision, la flexibilité cognitive, la génération d'hypothèses, l'allocation des ressources attentionnelles entre des tâches multiples, etc. Miyake, Friedman, Emerson, Witzki et Howerter (2000) ont montré que trois fonctions exécutives classiquement identifiées se distinguent l'une de l'autre au niveau cognitif : la mise à jour (modifier le contenu de la mémoire de travail en fonction des nouvelles entrées), la flexibilité (c'est-à-dire la capacité de déplacer le foyer attentionnel d'une catégorie de stimuli à une autre ou d'un processus cognitif à un autre) et l'inhibition (empêcher des informations non pertinentes de perturber la tâche en cours). Toutefois, ces trois fonctions ne semblent pas complètement indépendantes et possèderaient des processus communs (par exemple, le maintien en mémoire de travail du but de la tâche).

Enfin, les lobes frontaux sont également impliqués dans la conscience de soi, qui désigne la capacité d'introspection, et de prise de conscience des relations entre soi et l'environnement social (Stuss & Benson, 1986 ; Stuss & Levine, 2002). Pour Wheeler et al. (1997), cette fonction est intimement liée à la conscience autoérotique caractéristique de la mémoire épisodique, dans la mesure où la conscience de soi est à la base de notre capacité à revivre les expériences passées et à nous imaginer des épisodes que nous pourrions vivre dans le futur.

Le fait qu'une lésion des lobes frontaux peut entraîner des troubles mnésiques est maintenant largement reconnu. Cependant, la plupart des auteurs s'accordent pour dire que les lésions frontales ne provoquent pas de syndrome amnésique, à l'exception des cas d'atteinte des régions basales sous-frontales qui sont fortement connectées aux structures du lobe temporal interne (Abe, Inokawa, Kashiwagi, & Yanagihara, 1998 ; Diamond, DeLuca, & Kelley, 1997 ; Fukatsu, Yamadori, & Fujii, 1998 ; Goldenberg, Schuri, Grömminger, & Arnold, 1999 ; Van der Linden, Rolland, Schils, & Bruyer, 1992 ; pour une revue, voir Borsutzky, Brand, & Fujiwara, 2000). En revanche, une hypothèse fréquemment défendue est que les troubles de

mémoire associés à des lésions frontales sont la conséquence d'un déficit plus général de contrôle exécutif. Dans cette perspective, les atteintes frontales n'entraîneraient de déficit mnésique que lorsque les tâches nécessitent une organisation stratégique, une planification ou une manipulation d'information en mémoire de travail, faisant ainsi appel à la fonction exécutive des régions frontales. Ce rôle exécutif des régions frontales dans la mémoire correspond à la notion de « travail avec la mémoire » (« working-with-memory ») proposée par Moscovitch (1992). Néanmoins, une autre hypothèse existe selon laquelle les lésions frontales produiraient des déficits mnésiques du fait d'une atteinte de certains processus spécifiquement mnésiques, en particulier la mémoire des informations contextuelles.

## **2.1. Dissociation entre rappel déficitaire et reconnaissance préservée à la suite de lésions frontales**

Un premier type de données, qui appuie l'idée que les régions frontales sont particulièrement importantes pour l'utilisation de stratégies dans les tâches de mémoire, montrent que le rappel est davantage affecté par les atteintes frontales que les tâches de reconnaissance.

Plusieurs études ont ainsi montré que, suite à une lésion touchant les lobes frontaux, les patients rappelaient beaucoup moins bien que des participants normaux des listes de mots (Gershberg & Shimamura, 1995 ; Janowsky, Shimamura, Kritchevsky, & Squire, 1989 ; Jetter Poser, Freeman, & Markowitsch, 1986 ; Stuss, Alexander, Palumbo, Buckle, Sayer, & Pogue, 1994) ou d'objets (Incisa della Rocchetta, 1986 ; Smith & Milner, 1984).

Par ailleurs, une méta-analyse portant sur des études publiées entre 1984 et 1994 (Wheeler, Stuss, & Tulving, 1995) a montré que les lésions frontales altèrent davantage les tâches de rappel libre que les tâches de rappel indicé et de reconnaissance. En effet, 80% des études ayant exploré les performances en rappel libre de patients frontaux et de participants de contrôle ont montré un déficit chez les patients frontaux, tandis que 50% des études montraient un déficit en rappel indicé chez les patients. Par contre, seulement 8% des études indiquaient un déficit en reconnaissance suite à une atteinte frontale. Comme le rappel libre fait davantage appel à des stratégies d'encodage et à des processus stratégiques

de récupération que le rappel indicé et la reconnaissance, ces données suggèrent que les lobes frontaux seraient impliqués dans la mise en place de stratégies lors des étapes d'encodage et/ou de récupération des informations en mémoire épisodique. En effet, les tâches de rappel libre fournissent habituellement peu d'aide à l'encodage et aucun indice lors de la récupération, et nécessitent donc que le participant établisse des liens entre les items lors de l'encodage et mette en place des processus de récupération stratégiques. Par contre, les tâches de rappel indicé et de reconnaissance offrent plus de support lors de la récupération, via la présentation d'informations contenues dans la trace mnésique, ce qui limite le recours à des processus de récupération stratégiques. De plus, la reconnaissance peut dépendre en partie d'une évaluation relativement automatique de la familiarité des items (Tulving, 1985).

Néanmoins, il faut relativiser l'affirmation selon laquelle la reconnaissance ne serait pas affectée par des lésions frontales. En effet, parmi les 21 expériences prises en compte dans la méta-analyse de Wheeler et al. (1995), 18 indiquent un avantage numérique pour les participants de contrôle par rapport aux patients frontaux dans les scores de reconnaissance, bien que la différence ne soit pas toujours statistiquement significative. Les auteurs suggèrent que l'absence de déficit significatif en reconnaissance pourrait refléter un manque de puissance statistique dû au petit nombre de participants inclus dans ces études. De plus, les tâches de reconnaissance pourraient aussi être plus faciles que les tâches de rappel, et donc être moins sensibles aux atteintes frontales.

Afin d'examiner s'il existe bien un déficit disproportionné en rappel par rapport à la reconnaissance chez les patients frontaux, Kopelman et Stanhope (1998) ont comparé les performances en rappel de listes de mots de 9 patients frontaux et de participants de contrôle lorsque les performances en reconnaissance (dans une tâche à choix forcé) étaient appariées entre les deux groupes (en présentant les mots plus longtemps chez les patients frontaux que chez les participants normaux lors de la phase d'étude). Les résultats n'ont pas révélé de déficit disproportionné de rappel chez les patients frontaux. Cependant, les performances en rappel des patients étaient meilleures lorsque les mots pouvaient être regroupés selon leurs catégories sémantiques d'appartenance par rapport à des mots non reliés sémantiquement. Ces données sont en accord avec l'idée que le déficit mnésique des patients frontaux serait dû, au moins en partie, à une incapacité à organiser

spontanément l'encodage des mots non reliés. Plus globalement, cette étude suggère que le rappel ne serait pas toujours davantage altéré que la reconnaissance chez les patients frontaux.

Par ailleurs, plusieurs études ont montré que le déficit de rappel libre des patients frontaux était secondaire à un trouble affectant l'utilisation de stratégies d'organisation de l'information à l'encodage et à la récupération (Baldo, Delis, Kramer, & Shimamura, 2002 ; Gershberg & Shimamura, 1995 ; Incisa della Rocchetta & Milner, 1993 ; Stuss et al., 1994). Par exemple, Stuss et al. (1994) ont montré un déficit de rappel libre de listes de mots reliés et non reliés chez des patients frontaux, le déficit étant plus important pour les patients ayant une lésion unilatérale gauche ou bilatérale que pour les patients frontaux avec une lésion droite. L'examen des stratégies d'organisation suggérait en outre qu'un manque d'organisation du matériel contribuait au déficit de rappel libre des patients. Ce trouble se marquait surtout au niveau de l'organisation sérielle et de l'organisation subjective (qui désigne la fréquence avec laquelle un participant rappelle les mêmes mots ensemble au cours de plusieurs essais successifs).

Gershberg et Shimamura (1995) ont également montré que le déficit de rappel libre de listes de mots ou de noms d'objets non reliés dans un groupe de patients présentant des lésions unilatérales du cortex préfrontal dorsolatéral était associé à une moindre organisation subjective que celle observée chez les participants normaux. De plus, dans une tâche contenant des items sémantiquement reliés, les patients frontaux organisaient moins le matériel par catégorie que les participants de contrôle et montraient également moins d'organisation subjective. En outre, lorsque les patients étaient encouragés à regrouper les items par catégorie et que des indices représentant les catégories étaient fournis, les patients frontaux bénéficiaient des consignes de regroupement et des indices catégoriels lorsque ceux-ci étaient proposés tant à l'encodage qu'à la récupération, bien que leurs performances restaient déficitaires. Ces résultats suggèrent donc que le déficit de rappel libre des patients frontaux serait lié à une difficulté à mettre en place des stratégies permettant la formation d'associations entre les items d'une liste lors de l'encodage et de la récupération.

Enfin, Hanley et al. (1994 ; Hanley & Davies, 1997) ont décrit le cas d'une patiente (ROB) qui présentait une lésion de la tête du noyau caudé gauche suite à une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure. Cette patiente

montrait une dissociation nette entre un rappel déficitaire sur matériel verbal et une reconnaissance préservée. Dans le mesure où le noyau caudé est étroitement connecté au cortex préfrontal, le profil de performances de ROB a été interprété comme étant similaire au profil des patients frontaux, indiquant un déficit de rappel libre en présence de performances préservées en reconnaissance. Cependant, un nouvel examen par résonance magnétique nucléaire a révélé que la patiente présentait une atteinte du fornix et du thalamus antérieur dans l'hémisphère gauche (Hanley et al., 2001). Étant donné que ces deux structures sont impliquées dans le circuit hippocampique, il se pourrait dès lors que le profil de la patiente ROB corresponde davantage aux profils observés chez certains patients hippocampiques (voir chapitre 2), bien que Hanley et al. (2001) n'excluent pas qu'un dysfonctionnement frontal puisse aussi contribuer aux résultats.

En résumé, les performances en rappel libre sont altérées par des lésions touchant le cortex préfrontal. Ces troubles résulteraient principalement d'une difficulté à mettre en place spontanément des stratégies d'organisation du matériel lors des phases d'encodage et de récupération. Enfin, bien que les troubles de reconnaissance apparaissent beaucoup moins fréquents que les troubles de rappel, il semble que les régions frontales puissent aussi jouer un rôle dans la reconnaissance.

## **2.2 Les troubles de la reconnaissance suite à des lésions frontales**

Alors que les études réalisées dans les années 80 et au début des années 90 suggéraient que la reconnaissance est préservée ou seulement très légèrement altérée suite à des lésions frontales (Janowsky, Shimamura, & Squire, 1989a, 1989b ; Jetter et al., 1986 ; Milner, Corsi, & Leonard, 1991 ; Shimamura, Janowsky, & Squire, 1990), plusieurs études de cas et de groupe plus récentes ont montré que la reconnaissance pouvait elle aussi être déficitaire chez les patients frontaux. En outre, certaines données ont suggéré que la reconnaissance pouvait parfois être plus affectée que le rappel suite à une lésion frontale.

### 2.2.1 Etudes de cas

#### *Influence du format des tests de reconnaissance*

Les différents types de tâches de reconnaissance (de type oui/non et à choix forcé) ne seraient pas influencés de la même manière par les lésions frontales. Parkin et al. (1994) ont exploré les performances de rappel et de reconnaissance d'un patient, CB, ayant souffert d'une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure. Bien qu'aucune analyse lésionnelle n'était rapportée, le patient avait des performances déficitaires dans divers tests "frontaux"<sup>2</sup> (des tests de fluence verbale, le Wisconsin Card Sorting test et le test d'estimation cognitive<sup>3</sup>), suggérant, selon les auteurs, la présence d'une atteinte frontale. Lorsque ses performances en rappel libre et en reconnaissance de mots étaient comparées au moyen d'une procédure rendant les deux types de tests de difficulté comparable (Calev, 1984), CB montrait des performances normales en reconnaissance et un déficit important en rappel. Dans la tâche de reconnaissance, les items cibles et les distracteurs étaient présentés tous ensemble sur une feuille de papier et les participants devaient dire pour chacun des items s'ils l'avaient vu ou non durant la phase d'étude. En fait, cette procédure faciliterait l'utilisation de la familiarité, car elle permet aux participants de comparer les items entre eux et d'identifier des différences de familiarité entre les items étudiés et les distracteurs. De plus, les participants pourraient maintenir un taux de réponses approprié en tenant un compte du nombre de réponses « oui » et « non » données. De plus, CB avait des performances normales dans une tâche

---

<sup>2</sup> Il existe une certaine confusion entre les termes « fonctions frontales » et « fonctions exécutives », liée au fait que les fonctions exécutives semblent avoir un lien privilégié avec les régions frontales. Néanmoins, certaines études récentes, notamment en imagerie cérébrale, suggèrent que ce lien n'est pas exclusif et qu'un réseau antérieur-postérieur sous-tendrait certaines fonctions exécutives (pour une revue, voir Collette et Van der Linden, 2002). Ainsi, bien que les tests exécutifs sont souvent considérés comme mesures du fonctionnement frontal, il faut garder à l'esprit que la performance dans ces tests fait également intervenir d'autres régions cérébrales (par exemple, les régions pariétales).

<sup>3</sup> Dans ce test, le participant doit répondre à des questions qui ne font pas référence à des connaissances spécifiques pré-existantes, telles que « quelle est la longueur moyenne de la colonne vertébrale d'un homme ? » (Shallice & Evans, 1978). Pour répondre correctement, le participant doit manipuler des connaissances simples (par exemple, la taille moyenne d'un homme, la hauteur de la tête et des jambes) afin d'inférer une réponse possible, puis il doit évaluer si cette réponse est plausible.



de reconnaissance à choix forcé. Cependant, lorsque la reconnaissance était testée au moyen d'une tâche de type oui/non dans laquelle un seul item était présenté à la fois, les performances du patient étaient altérées et caractérisées par un taux de reconnaissances correctes (« hits ») plus faible que celui des participants de contrôle (CB ne produisait pas de fausses alarmes pour les distracteurs, que ceux-ci soient des mots non reliés aux cibles, des rimes d'items cibles ou des mots appartenant à la même catégorie sémantique que les items cibles). Dans une tâche de reconnaissance de type oui/non dans laquelle les distracteurs étaient composés de synonymes d'items cibles et de mots non reliés, le patient avait un taux de reconnaissances correctes déficitaire après un délai de 10 minutes, mais ne commettait pas plus de fausses alarmes que les participants de contrôle. Par contre, après un délai de rétention de 24 heures, CB reconnaissait correctement moins de cibles que les participants de contrôle et produisait plus de fausses alarmes pour les deux types de distracteurs. Enfin, Parkin et al. ont proposé à CB successivement deux tâches à choix forcé dans lesquelles les cibles de la première tâche servaient de distracteurs dans la deuxième. Dans ces tâches, les performances du patient étaient normales. En résumé, la présence ou non d'un déficit de reconnaissance chez CB dépend du format du test. Alors qu'il montre un déficit dans les tâches de type oui/non, il réalise parfaitement les tâches dans lesquelles il est possible de comparer directement les items étudiés et les nouveaux items et d'évaluer la familiarité relative de chacun. Ainsi, dans le contexte des modèles en deux processus de la reconnaissance, CB aurait un déficit de recollection, mais une familiarité préservée, ce qui lui permettrait de réussir les tests pour lesquels la familiarité constitue une base de réponse efficace.

#### *Les fausses reconnaissances*

Plusieurs études de cas ont suggéré que les atteintes frontales pouvaient entraîner un profil particulier caractérisé par un rappel relativement normal, bien que marqué par de nombreuses intrusions, et une reconnaissance caractérisée par un taux anormalement élevé de fausses reconnaissances (Delbecq-Derouesné, Beauvois, & Shallice, 1990 ; Parkin, Bindschaedler, Harsent et Metzler, 1996 ; Rapcsak, Kaszniak, Reminger, Glisky, Glisky, & Comer, 1998 ; Schacter, Curran, Gallucio, Milberg, & Bates, 1996 ; Ward & Parkin, 2000). Différentes interprétations ont été proposées pour expliquer la présence de fausses reconnaissances : une

dépendance excessive à la familiarité générale évoquée par les items, une description insuffisamment focalisée de l'événement recherché en mémoire, un déficit de contrôle stratégique des produits de la récupération ou un déficit d'encodage des détails spécifiques des items.

Tout d'abord, Delbecq-Derouesné et al. (1990) ont décrit le cas d'un patient, RW, dont les performances en reconnaissance étaient plus déficitaires que ses performances en rappel libre (le patient rappelait autant d'items étudiés que les participants de contrôle, mais il produisait des intrusions et des persévérations). Suite à une rupture d'un anévrisme de l'artère communicante antérieure, ce patient présentait des lésions touchant principalement la partie interne des lobes frontaux, ainsi que le pôle temporal et les gyri fusiforme et parahippocampique dans l'hémisphère droit. Lorsqu'il devait rappeler des événements autobiographiques et publics, anciens et récents, RW produisait des confabulations. De plus, il montrait un déficit dans les tâches de reconnaissance de mots, d'images et de visages à la fois pour des tâches à choix forcé et des tâches de type oui/non. Dans ces tâches de reconnaissance, il reconnaissait autant de cibles que de distracteurs. En fait, son taux de reconnaissance correcte de cibles était équivalent à celui des participants de contrôle, mais il reconnaissait erronément des items non présentés quatre fois plus souvent que ces derniers. De plus, RW faisait état d'une confiance très élevée dans ses erreurs. Il faut aussi remarquer que les performances de RW en reconnaissance étaient déficitaires même en présence d'un encodage élaboré du matériel.

Delbecq-Derouesné et al. ont interprété ce profil comme résultant d'un déficit touchant spécifiquement l'étape de vérification lors du processus de récupération stratégique en mémoire. En effet, le fait que RW rappelle et reconnaisse correctement les items étudiés suggère que l'encodage et la récupération eux-mêmes ne sont pas altérés. Lors des tâches de reconnaissance, le patient serait incapable de distinguer le sentiment de familiarité évoqué par les cibles de celui évoqué par les distracteurs et accepterait tous les souvenirs candidats comme ayant été réellement présentés durant la phase d'étude. De la même manière, les intrusions dans la tâche de rappel et les confabulations résulteraient de cette incapacité à sélectionner les souvenirs pertinents parmi toutes les informations récupérées.

Un autre patient produisant énormément de fausses reconnaissances a été

examiné par Schacter et al (1996) et Curran, Schacter, Norman et Galluccio (1997). Ce patient, BG, avait souffert d'un accident vasculaire cérébral ayant entraîné des lésions frontales postérieures droites. Schacter et al. (1996) et Curran et al. (1997) ont montré que BG reconnaissait autant d'items cibles que des participants de contrôle, mais produisait énormément de fausses reconnaissances dans des tâches de reconnaissance de type oui/non, et cela pour une variété de matériels incluant des mots, des sons environnementaux, des non-mots et des images d'objets. De plus, lorsque la procédure « je me souviens / je sais » (Gardiner, 1988 ; Rajaram, 1993) était appliquée, il classait ses fausses reconnaissances principalement comme des réponses « je me souviens », tandis que les participants de contrôle décrivaient leurs fausses reconnaissances comme basées sur la familiarité (réponses « je sais »). Le taux de fausses reconnaissances de BG n'était pas influencé par la similarité sémantique ou perceptive entre les distracteurs et les items cibles. Par contre, il ne produisait pas de fausses alarmes pour de nouveaux items qui différaient substantiellement des items étudiés, comme par exemple lorsqu'on lui présentait des listes d'items catégorisées d'un certain type (par exemple, différentes catégories d'objets non vivants) et que les distracteurs appartenaient à une catégorie tout à fait différente (par exemple, des animaux). L'ensemble de ces résultats a été interprété en proposant que la difficulté de BG se trouve à l'étape de construction de la description de l'événement à rechercher en mémoire, laquelle consiste à déterminer les caractéristiques du souvenir que l'on souhaite retrouver (Schacter et al., 1998). En référence à la distinction suggérée par Conway et Rubin (1993 ; voir aussi Conway, 2001) entre différents types de souvenirs autobiographiques selon leur degré de généralité (des événements généraux, comme partir en vacances en caravane, ou des événements spécifiques, tel que l'incident survenu l'été dernier lors du départ avec la caravane), Schacter et al. (1996) ont proposé que BG baserait ses décisions de reconnaissance sur des informations générales (« j'ai vu une liste de mots »), plutôt que sur des informations spécifiques. Autrement dit, BG formulerait une description insuffisamment focalisée des événements, ce qui entraîne l'acceptation de distracteurs qui possèdent certaines caractéristiques globales communes avec la cible (par exemple, le simple fait d'être un mot). De plus, cette tendance à se fonder sur des caractéristiques générales communes à tous les items cibles, et souvent aussi aux distracteurs, pourrait s'accompagner d'une difficulté à encoder les informations spécifiques à

chaque item.

L'idée selon laquelle la reconnaissance du patient reposerait abusivement sur une similarité globale entre les items de test et les items étudiés semble contredite par le fait que BG décrit ses fausses reconnaissances comme étant des réponses basées sur la récupération d'informations spécifiques (« je me souviens »). Cependant, Curran et al. (1997) ont analysé les justifications données par BG pour les réponses « je me souviens » et ont montré que BG fonde en fait ses jugements « je me souviens » sur des associations réalisées à partir des mots, incluant souvent des informations autobiographiques. En général, il faisait peu référence à la phase d'étude, contrairement aux participants de contrôle qui décrivaient leurs jugements comme étant basé sur le souvenir d'associations contextuelles et d'éléments de la phase d'étude. Ainsi, les réponses « je me souviens » de BG manquaient de détails spécifiques aux items étudiés. De plus, lorsque BG encodait les items de manière élaborée, ce qui favorise la recollection d'informations spécifiques (Gardiner, 1988), il continuait à produire beaucoup de fausses alarmes, mais il les décrivait comme basées sur la familiarité. Par ailleurs, Curran et al. ont montré que BG utilisait un critère de réponse plus libéral que les participants de contrôle (y compris dans l'utilisation des réponses « je me souviens ») et que sa capacité à discriminer les items cibles des distracteurs (sensibilité) était altérée. En bref, selon Curran et al. (1997), la présence de fausses reconnaissances chez BG résulterait d'une trop grande dépendance vis-à-vis de la similarité générale entre les items de test et les items étudiés. Cette difficulté pourrait résulter d'un échec à récupérer des informations spécifiques aux items étudiés (notamment, contextuelles) afin de contrecarrer ce sentiment de familiarité et/ou d'un problème dans l'établissement d'un critère de réponse qui permettrait de rejeter certains items apparaissant familiers.

Rapczak et al. (1998) ont examiné les performances d'un patient (JS) présentant une lésion frontale bilatérale, plus marquée à droite, dans une tâche de décision de familiarité portant sur des visages familiers et non familiers. Dans cette tâche, ce patient produisait plus de fausses reconnaissances que des participants de contrôle et récupérait également des souvenirs erronés concernant les visages non familiers. Par ailleurs, la conductance cutanée était enregistrée pendant que le patient discriminait entre les visages familiers et les visages non familiers. L'analyse de ces enregistrements a révélé que les réponses cutanées pour les

visages non familiers reconnus erronément ne différeraient pas de celles observées pour les visages non familiers correctement rejetés. Selon Rapcsak et al. (1998), ces résultats suggèrent que les fausses reconnaissances du patient JS ne reflèteraient pas l'activation erronée de représentations correspondant à des visages familiers spécifiques, mais plutôt à un sentiment de familiarité, lié à une certaine ressemblance générale que les visages non familiers auraient avec les visages rencontrés antérieurement. De plus, un déficit affectant les processus stratégiques de contrôle et de décision empêcherait l'attribution de ce sentiment de familiarité à la source appropriée.

Par ailleurs, Parkin et al. (1996 ; Parkin, 1997b) ont décrit un patient qui, suite à une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure, avait un profil relativement similaire à celui de RW et BG. Ce patient, JB, présentait une atteinte frontale gauche, ainsi qu'une lésion touchant le noyau caudé gauche. Évaluées au moyen de la procédure de Calev (1984) utilisée par Parkin et al. (1994), les performances de JB en rappel de mots étaient normales, bien que marquées par de nombreuses intrusions, et ses performances en reconnaissance étaient caractérisées par un taux normal de reconnaissances correctes mais de nombreuses fausses reconnaissances. Par ailleurs, les erreurs de JB étaient accompagnées d'un niveau de confiance élevé, mais contrairement à BG, il classait toutes ses fausses reconnaissances comme étant basées sur la familiarité lorsque la procédure « je me souviens / je sais » était utilisée (de même pour les reconnaissances correctes). Dans une tâche de reconnaissance à choix forcé où les items distracteurs avaient été utilisés comme cibles dans une tâche préalable (Parkin et al., 1994), le patient était incapable de distinguer les items cibles des distracteurs. Les auteurs ont suggéré que, dans cette tâche où les items cibles comme les distracteurs sont familiers, J.B. n'aurait pas accès à des informations contextuelles qui lui auraient permis de déterminer la source du sentiment de familiarité évoqué par les deux types d'items. D'ailleurs, un déficit de mémoire de source avait été rapporté chez JB par Parkin, Leng, Stanhope et Smith (1988). De plus, dans une tâche de reconnaissance utilisant un matériel non verbal (dessins abstraits), JB produisait moins de fausses reconnaissances, sauf lorsque les items cibles et les distracteurs se ressemblaient très fort.

Considérées ensemble, ces données suggèrent que JB base exclusivement sa reconnaissance sur un sentiment de familiarité et qu'il ne peut utiliser le processus

de recollection. Cependant, d'autres données ont amené les auteurs à favoriser l'hypothèse d'un trouble situé à l'encodage (Parkin, 1997b ; Parkin, Ward, Bindschaedler, Squires, & Powell, 1999 ; Ward, 2003). Tout d'abord, dans une tâche de reconnaissance de mots dans laquelle les distracteurs sont soit synonymes des cibles, soit des mots non reliés, JB produisait autant de fausses reconnaissances pour tous les types de nouveaux mots. Des résultats similaires étaient obtenus pour des distracteurs ayant une ressemblance perceptive avec les cibles (auditive –rimes– ou visuelle –lettres communes–). Ensuite, lorsque le test de reconnaissance portait sur des non-mots, JB reconnaissait erronément beaucoup de nouveaux non-mots, qu'ils soient proches de mots de la langue (et donc potentiellement plus familiers) ou éloignés de mots réels. Un aspect intéressant du profil de JB est que, contrairement à BG, son taux de fausses reconnaissances ne diminuait pas lorsque les distracteurs appartenaient à des catégories différentes des cibles. De plus, le fait d'insister sur l'importance de répondre correctement et de limiter le nombre de réponses « oui » que le participant avait le droit de donner n'influçait pas la production de fausses reconnaissances du patient, ce qui écarte l'hypothèse de l'adoption d'un critère de réponse trop libéral. Par contre, il était possible de diminuer le taux de fausses reconnaissances de JB lorsqu'on induisait un encodage sémantique des mots, mais elles restaient toutefois plus nombreuses que chez les participants de contrôle. Ainsi, enrichir l'encodage de JB permettait une meilleure discrimination entre les cibles et les distracteurs. Appuyant également l'idée d'un trouble d'encodage, il apparaissait que JB ne produisait pas de fausses alarmes pour des informations encodées avant la rupture d'anévrisme, telles que des noms de personnes célèbres. En outre, lorsque les distracteurs différaient des cibles à un niveau très fondamental, par exemple si les mots distracteurs étaient composés à partir d'un ensemble de lettres différentes des mots cibles, le taux de fausses reconnaissances de JB diminuait (mais restait supérieur à celui des participants de contrôle). Ainsi, le fait que des mots cibles et des distracteurs partagent des lettres communes suffisait à amener JB à accepter les distracteurs comme ayant été vus. Enfin, Ward (2003) a montré que les difficultés du patient JB étaient limitées aux tâches de mémoire antérograde et qu'il était capable de récupérer des événements vécus avant l'installation de sa lésion, confirmant ainsi l'hypothèse d'un déficit touchant les mécanismes impliqués dans l'encodage des souvenirs épisodiques. Selon Parkin et al. (1999 ; voir aussi Ward, 2003), JB n'encoderait

pas les événements de manière suffisamment détaillée, de sorte que les représentations superficielles des items ne permettraient pas de distinguer efficacement entre les items cibles et des distracteurs ressemblant globalement aux cibles. Ce déficit d'encodage résulterait d'une altération des processus impliqués dans la sélection des caractéristiques pertinentes pour l'encodage des événements et/ou d'une difficulté à inhiber les caractéristiques non pertinentes.

Enfin, Ward et Parkin (2000) ont décrit un autre patient, MR, qui souffrait d'une maladie de démyélinisation (sclérose multiple) entraînant des lésions dans les régions frontales gauches. Il présentait des difficultés en rappel et en reconnaissance, les performances en reconnaissance étant caractérisées par un taux normal de reconnaissances correctes, mais un nombre élevé de fausses reconnaissances. De plus, ce patient ne confabulait pas (Ward, Parkin, Powell, Squires, Townshend, & Bradley, 1999). Un examen détaillé des conditions dans lesquelles MR produisait des fausses reconnaissances a montré que, comme pour JB, son taux de fausses reconnaissances n'était pas affecté par le degré de similarité sémantique, phonologique ou visuelle entre les cibles et les distracteurs et restait élevé pour des items dont la familiarité pré-expérimentale était faible, comme des non-mots. Par ailleurs, ses performances n'étaient pas influencées par des manipulations portant sur la récupération, telle que restreindre le nombre de réponses « oui » que le patient pouvait donner. Par contre, il était possible de réduire l'apparition de fausses reconnaissances en induisant un encodage élaboré des stimuli. Enfin, Ward et Parkin (2000) ont montré que MR ne se souvenait pas du contexte dans lequel les cibles avaient été présentées, même lorsqu'il les reconnaissait. Ainsi, il apparaît que les représentations mnésiques de MR manquent de détails spécifiques mais contiennent par contre des informations générales, communes à tous les items cibles et aux distracteurs. Comme pour JB, cette difficulté résulterait du fait que MR n'encode pas spontanément les informations spécifiques qui caractérisent chaque item-cible individuellement.

En résumé, plusieurs interprétations ont été proposées pour rendre compte de la production de fausses reconnaissances chez les patients frontaux. Certaines de ces interprétations font référence à un trouble de récupération stratégique (incapacité à former une description centrée de l'épisode recherché, utilisation d'un critère de réponse trop libéral, difficulté d'attribution de source), tandis que d'autres suggèrent un trouble situé à l'encodage (déficit d'encodage des attributs distinctifs

des items). En fait, il est difficile de déterminer clairement l'origine des fausses reconnaissances. Ainsi, par exemple, Schacter et al. (1996) et Curran et al. (1997) ont proposé que les difficultés du patient BG touchaient notamment la formation d'une description centrée lors de la récupération épisodique. Toutefois, ils n'excluent pas la possibilité d'un trouble d'encodage des détails spécifiques des items-cibles.

#### *Conscience auto-noétique*

Wheeler et al. (1997) ont suggéré que les régions frontales participaient à la forme de conscience caractéristique de la récupération d'information en mémoire épisodique, la conscience auto-noétique (Tulving & Markowitch, 1998). Pour rappel, selon Tulving et Markowitch (1998), la conscience auto-noétique désigne la prise de conscience que nous avons réellement vécu l'épisode dont nous nous souvenons. Plus précisément, la conscience auto-noétique permet d'effectuer une sorte de « voyage mental » dans le temps afin de ré-expérimenter des expériences passées.

Levine et al. (1998 ; Levine, Freedman, Dawson, Black & Stuss, 1999) ont décrit un patient (ML) qui présentait, suite à un traumatisme crânien important, une amnésie rétrograde isolée touchant les informations autobiographiques. La lésion de ce patient touchait les régions frontales ventrales droites (incluant le cortex orbito-frontal et le gyrus frontal inférieur), ainsi que la substance blanche qui relie les régions frontales droites au lobe temporal. ML avait des performances normales en rappel et en reconnaissance. Cependant, lorsque la procédure « je me souviens / je sais » était appliquée dans une tâche de reconnaissance, il utilisait principalement des processus de familiarité pour distinguer les informations qui avaient été présentées des nouvelles informations et rapportait beaucoup moins de réponses « je me souviens » que les participants normaux. Pour Levine et al. (1998), cette diminution des réponses « je me souviens » résultait d'un déficit de la capacité à revivre consciemment les événements passés.

Levine et al. (1998, 1999) ont également souligné le fait que la conscience auto-noétique ne désigne pas uniquement la capacité à se souvenir des événements vécus dans le passé. En effet, Tulving et Markowitch (1998 ; Wheeler et al., 1997) la relient plus globalement à la notion de temps subjectif, ou de



positionnement de soi (ou du « self ») dans le temps. La réflexion sur son passé et la projection dans le futur (« episodic futur thinking ») sont toutes deux importantes pour formuler des buts et sélectionner les comportements appropriés pour parvenir à ces buts. Dans cette perspective, M.L. montrait également des difficultés dans des tâches nécessitant une auto-régulation du comportement (Levine et al., 1999), comme la « tâche du casino »<sup>4</sup> (« gambling task », Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994).

Plus récemment, Wheeler et Stuss (2003) ont spécifiquement examiné l'influence de lésions frontales sur l'utilisation des réponses « je me souviens / je sais ». Les résultats ont indiqué que les performances différaient selon la localisation de l'atteinte frontale. Les patients porteurs de lésions préfrontales dorsolatérales avaient des performances normales en reconnaissance et donnaient autant de réponses « je me souviens » et « je sais » que les participants normaux. En revanche, les patients ayant des lésions fronto-polaires manifestaient de bonnes performances en reconnaissance, mais avec une réduction des réponses « je me souviens » et une préservation des réponses « je sais ». Wheeler et Stuss (2003) en ont conclu que les régions polaires du cortex préfrontal joueraient un rôle crucial dans la capacité à se représenter mentalement et à prendre conscience de son existence à travers le temps, c'est-à-dire dans la conscience auto-noétique qui accompagne la récupération d'informations en mémoire épisodique.

### 2.2.2 Etudes de groupe

Plusieurs études de groupe ont également suggéré que les performances en reconnaissance pouvaient être altérées suite à des lésions frontales (Baldo et al., 2002 ; Kartsounis, Poynton, Bridges, & Bartlett, 1991 ; Schnider, von Däniken, & Gutbrod, 1996 ; Stuss et al., 1994 ; Swick & Knight, 1999). Cependant, le type de difficulté varie quelque peu entre les études. Par exemple, Stuss et al. (1994) ont

---

<sup>4</sup> Dans cette tâche, les participants doivent tenter de gagner le plus d'argent possible en choisissant des cartes parmi quatre paquets (A, B, C et D). Chaque carte indique un montant gagné, parfois accompagné d'une pénalité (un paiement). Les cartes dans les paquets A et B permettent des gains importants, mais entraînent aussi de fortes pertes, alors que les paquets C et D attribuent des sommes plus petites, mais sont associés à des pénalités plus légères. La stratégie la plus avantageuse consiste donc à choisir les cartes des paquets C et D.

montré que des patients présentant des lésions frontales gauches ou bilatérales montraient un trouble de reconnaissance sur matériel verbal caractérisé par un taux déficitaire de reconnaissances correctes et un nombre anormalement élevé de fausses reconnaissances. Néanmoins, bien que ces patients étaient incapables de discriminer les items étudiés des nouveaux items, leur biais de réponse était similaire à celui des participants de contrôle. De plus, Stuss et al. ont identifié deux types d'explications à ces troubles de reconnaissance. Un premier sous-groupe de patients se caractérisait par une légère aphasie résiduelle, révélée par des scores déficitaires au Test de Dénomination de Boston (Kaplan, Goodglass, & Weintraub, 1983). Selon les auteurs, ce trouble langagier aurait vraisemblablement compromis l'encodage sémantique des mots cibles. L'autre sous-groupe présentait des lésions touchant la région basale sous-frontale suite à une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure. Ces patients ne peuvent donc pas être considérés comme des patients frontaux purs, étant donné les liens existant entre les régions basales sous-frontales et les structures du lobe temporal interne. Néanmoins, il n'est pas possible de savoir si ces patients présentent un profil de performance équivalent à celui des patients temporaux ou si leur performance reflète des caractéristiques dues à un trouble frontal supplémentaire.

En 1999, Swick et Knight ont examiné les performances d'un groupe de patients frontaux ayant des lésions préfrontales dorsolatérales (en majorité localisées à gauche) dans une tâche de reconnaissance oui/non et continue<sup>5</sup> de mots et de non-mots. Les auteurs ont également enregistré l'activité cérébrale électrophysiologique pendant que les patients réalisaient le test. Les performances au test révélaient un taux trop élevé de fausses reconnaissances chez les patients (plus nombreuses pour les mots que pour les non-mots), mais un taux normal de reconnaissances correctes. De plus, les patients adoptaient un critère de réponse plus libéral que les participants de contrôle. Par ailleurs, les patients comme les participants normaux montraient, pendant la réalisation de la tâche, des modulations des potentiels évoqués identiques à celles qui ont été associées avec les opérations de récupération en mémoire, et plus particulièrement avec la recollection (Düzel et al., 1997 ; Smith, 1993). Étant donné que la réponse électrophysiologique associée à la reconnaissance était normale chez les patients frontaux, Swick et Knight ont suggéré que les processus de récupération mnésique

---

<sup>5</sup> Dans une tâche de reconnaissance continue, les essais de présentation d'items alternent avec des essais de test.

eux-mêmes étaient préservés. Selon eux, le profil observé chez les patients dans la tâche de reconnaissance, caractérisé par une augmentation des fausses reconnaissances et un changement du critère de réponse, serait la conséquence d'une altération des processus de vérification post-récupération. Plus précisément, la difficulté se situerait dans l'établissement d'un critère qui permettrait de discriminer les items présentés des nouveaux items, en particulier lorsque ces nouveaux items possèdent une certaine familiarité pré-expérimentale, comme le suggère le taux de fausses reconnaissances plus élevé pour les mots que pour les non-mots.

Enfin, Schnider et ses collaborateurs (Schnider & Ptak, 1999 ; Schnider, Ptak, von Däniken, & Remonda, 2000 ; Schnider et al., 1996) ont observé un taux anormalement élevé de fausses reconnaissances chez des patients présentant une lésion affectant le cortex orbito-frontal et les régions qui lui sont reliées. En fait, ils ont développé un paradigme de reconnaissance continue dans lequel les participants sont soumis à une série d'images d'objets, certaines de ces images se répétant cinq fois alors que d'autres n'apparaissent qu'une seule fois. Pour chaque image, les participants doivent indiquer s'ils l'ont déjà vue au cours de la tâche. Ainsi, le but de la tâche est de répondre « oui » seulement aux images qui se répètent et « non » aux images qui apparaissent pour la première fois. La caractéristique fondamentale de cette tâche tient dans le fait que, après avoir été soumis à cette série d'images, les participants réalisent une deuxième tâche de reconnaissance continue avec le même ensemble d'images. La seule différence avec la première tâche est que les images qui se répètent proviennent d'un sous-ensemble différent d'images (p.ex. si avion et balle ont été répétés lors de la première tâche, d'autres images seront répétées durant la deuxième tâche). Ainsi, les images qui étaient répétées lors de la première tâche font à présent partie des distracteurs (c'est-à-dire des images présentées une seule fois), tandis que les images répétées dans la deuxième tâche ne sont apparues qu'une seule fois lors de la première tâche. Les participants reçoivent pour consigne d'indiquer, pour chaque image, s'ils l'ont déjà vues dans la tâche en cours, en faisant abstraction du fait que les mêmes images ont été utilisées lors de la première tâche. Dans cette expérience, une fausse reconnaissance d'un distracteur (c'est-à-dire répondre « oui » pour un item présenté la première fois dans la deuxième tâche) proviendrait d'une incapacité à distinguer l'apparition de cet item dans la première tâche de son apparition dans la deuxième tâche.

Ayant examiné les performances de patients avec lésion orbito-frontale et de patients avec lésion temporale interne, Schnider et al. (1996) ont montré que globalement, les patients présentaient un taux de reconnaissances correctes (c'est-à-dire d'identifications correctes des images répétées) plus faible que celui des participants de contrôle et que les deux groupes de patients ne différaient pas significativement entre eux. Par ailleurs, les participants de contrôle et les patients temporaux internes étaient capables de rejeter correctement les images qui apparaissaient pour la première fois dans la deuxième tâche, même s'ils avaient déjà été vus dans la première tâche. Par contre, les patients frontaux manifestaient un taux élevé de fausses reconnaissances dans la deuxième tâche, les amenant à accepter des items présentés pour la première fois. Pour Schnider (2001), ces fausses reconnaissances reflètent une incapacité à faire la distinction entre des souvenirs pertinents pour la tâche en cours par rapport à des souvenirs devenus non pertinents. Cette difficulté résulterait du fait que les patients frontaux ne suppriment pas les traces mnésiques qui sont devenues obsolètes dans la situation présente, de sorte que ces traces resteraient actives. Un déficit d'inhibition pourrait contribuer à la perturbation du mécanisme de suppression des souvenirs non pertinents. Par ailleurs, ces fausses reconnaissances peuvent aussi être considérées comme la conséquence d'un déficit affectant la mémoire de la source ou de l'information spécifique aux items. L'incapacité de distinguer les items présentés lors d'une tâche antérieure des items présentés lors de la tâche suivante amènerait les patients à fonder leurs réponses sur la familiarité globale d'un item, ce qui contribuerait à la production de nombreuses fausses reconnaissances.

Ces différents résultats mettent en évidence des types de difficulté de reconnaissance qui varient d'un groupe de patients à l'autre (par exemple, Stuss et al. évoquent un trouble d'encodage sémantique liée à un problème langagier chez certains patients, tandis que Swick et Knight avancent l'hypothèse d'un trouble des processus de vérification post-récupération), comme cela apparaissait aussi dans les études de cas. Récemment, des travaux ont exploré cette diversité, en essayant de comprendre les relations qui peuvent exister entre les caractéristiques cognitives et cérébrales (c'est-à-dire la localisation de la lésion) des patients et le type de déficit mnésique qu'ils manifestent (Alexander, Stuss, & Fansabedian, 2003 ; Verfaellie, Rapcsak, Keane, & Alexander, sous presse).

Alexander et al. (2003) ont examiné les performances d'un groupe de 33 patients frontaux au California Verbal Learning Test (Delis, Kramer, Kaplan, & Ober, 1987)<sup>6</sup>. Plus particulièrement, ils ont tenté de déterminer si des profils distincts de performance mnésique étaient associés à des atteintes dans des régions frontales différentes. Les résultats montrent que l'ensemble des patients frontaux présente des difficultés d'apprentissage des listes de mots en raison d'un manque d'organisation subjective. De plus, les déficits de rappel les plus sévères apparaissaient chez les patients porteurs de lésions dorsolatérales postérieures gauches. Ce trouble d'apprentissage serait secondaire à une altération des capacités lexicales et sémantiques (mesurée par la dénomination) chez ces patients. En outre, ces patients étaient les seuls à présenter un déficit en reconnaissance. Leurs performances se caractérisaient par un taux normal de reconnaissances correctes, un nombre anormalement élevé de fausses reconnaissances et un critère de réponse trop libéral. Les auteurs ont interprété les résultats de ce sous-groupe comme étant liés à un déficit de nature sémantique, qui perturbait l'encodage des caractéristiques spécifiques des mots et amenait à l'établissement d'un critère de réponse en reconnaissance trop général, entraînant la reconnaissance de mots non étudiés.

Verfaellie, Rapcsak, Keane et Alexander (sous presse) ont, quant à eux, mesuré les capacités mnésiques générales d'un groupe de 36 patients frontaux au moyen du Recognition Memory Test (RMT) de Warrington (1984). De plus, les patients et un groupe de participants de contrôle devaient réaliser une tâche de reconnaissance oui/non verbale. Dans cette tâche, la liste d'étude était composée de mots appartenant à diverses catégories sémantiques et le nombre de mots provenant d'une catégorie variait de 1 à 8. Verfaellie et al. ont observé que, chez les participants normaux, cette manipulation affectait la contribution de la récupération de détails spécifiques lors du test de reconnaissance. En effet, la contribution de la recollection, qui était mesurée par la capacité à discriminer les mots cibles de distracteurs appartenant aux mêmes catégories que des mots étudiés, était plus importante lorsque les distracteurs reliés provenaient de catégories pour lesquelles

---

<sup>6</sup> Ce test implique 5 essais de rappel libre d'une liste de seize mots appartenant à quatre catégories (liste A), suivi d'un seul essai de rappel d'une deuxième liste de mots reliés (liste B). Immédiatement après le test de rappel de la liste B, les participants sont invités à rappeler les mots de la liste A librement, puis sur base des catégories sémantiques. Après un délai de 20 minutes, un rappel différé libre et indicé de la liste A est proposé, ainsi qu'un test de reconnaissance de type oui/non.

il y avait un seul exemplaire étudié que lorsqu'ils venaient de catégories pour lesquelles il y avait plusieurs exemplaires étudiés.

Concernant les patients frontaux, les résultats montrent que les 11 patients qui avaient des performances déficitaires au RMT (« patients frontaux amnésiques ») reconnaissaient moins de cibles et produisaient plus de fausses reconnaissances dans la tâche de reconnaissance verbale de type oui/non que les participants normaux. De plus, leur taux de fausses reconnaissances était particulièrement élevé dans la condition où les participants normaux se basaient prioritairement sur la recollection, c'est-à-dire lorsque les distracteurs provenaient d'une catégorie avec un seul exemplaire étudié. Par ailleurs, ces patients ne manifestaient aucune modification de leur biais de réponse. Verfaellie et al. ont interprété le déficit de reconnaissance de ces patients frontaux amnésiques comme reflétant une altération de la mémoire pour les détails spécifiques aux items. D'un point de vue neuroanatomique, certains patients frontaux amnésiques présentaient des lésions touchant les régions frontales ventro-médiales postérieures, s'étendant peut-être aux régions basales sous-frontales. Par conséquent, le trouble de reconnaissance observé chez ces patients pourrait faire partie des troubles mnésiques associés aux atteintes basales sous-frontales (Brosutzky et al., 2000). Quant aux autres patients frontaux amnésiques, ils montraient une atteinte du cortex préfrontal dorsolatéral gauche. Pour Verfaellie et al., le déficit mnésique observé dans ces cas pourrait résulter de troubles lexicaux ou sémantiques légers.

Par contre, les 25 patients qui obtenaient des performances normales au RMT montraient dans l'ensemble d'aussi bonnes performances que les participants de contrôle dans la tâche de reconnaissance verbale de type oui/non. Cependant, trois de ces patients produisaient un nombre anormalement élevé de fausses reconnaissances dans le contexte d'un taux normal de reconnaissances correctes, ainsi qu'un biais de réponse excessivement libéral. Verfaellie et al. ont souligné le fait que ces trois patients avaient des lésions localisées dans l'hémisphère gauche. Selon les auteurs, leur difficulté pourrait indiquer soit une spécialisation hémisphérique dépendante du type de matériel dans les processus de récupération épisodique, soit l'implication des régions frontales gauches dans des tâches de récupération très exigeantes (Nolde, Johnson, & D'Esposito, 1998).

### 2.2.3 Synthèse

En résumé, différents mécanismes peuvent rendre compte du déficit de reconnaissance observé chez certains patients frontaux. Tout d'abord, certains patients basent leur reconnaissance exclusivement sur la familiarité ou sur une similarité générale entre les items de test et les items qui ont été étudiés (par exemple, CB, Parkin et al., 1994 ; BG, Schacter et al., 1996). Ensuite, une incapacité à focaliser la description de l'événement à rechercher en mémoire peut aussi expliquer un taux élevé de fausses reconnaissances (par exemple, chez le patient BG). De plus, un déficit d'attribution de source peut amener les patients à fonder leurs réponses sur le sentiment de familiarité éprouvé pour tous les items globalement similaires aux items-cibles (par exemple, JS, Rapcsak et al., 1998). Un encodage insuffisant des détails spécifiques aux items-cibles peut également amener à produire des fausses reconnaissances (JB, Parkin et al., 1999). Enfin, les patients peuvent avoir un déficit touchant la mise en place d'un critère de réponse. Si le critère de décision est trop laxiste, les patients vont être amenés à accepter des items possédant un degré de familiarité relativement faible et ainsi produire beaucoup de fausses reconnaissances.

Par ailleurs, Alexander et al. (2003) et Verfaellie et al. (sous presse) ont suggéré qu'au sein d'un groupe de patients frontaux, différents profils de performances en reconnaissance pouvaient exister selon la localisation de la lésion et les caractéristiques cognitives (par exemple, la présence ou non de difficultés lexicales et sémantiques ou de performances déficitaires dans un test standard de mémoire épisodique) des patients.

## 2.3 Lobes frontaux et mémoire du contexte

Les lobes frontaux peuvent également intervenir dans d'autres aspects de la mémoire épisodique que ceux décrits précédemment. En particulier, les patients frontaux semblent avoir des difficultés dans la mémorisation de la source d'un fait, alors que le souvenir du fait lui-même est préservé (Janowsky, Shimamura, & Squire, 1989b ; Johnson, O'Connor, & Cantor, 1997). Par exemple, Janowsky et al. (1989b) ont demandé à des patients frontaux et des participants normaux d'apprendre de nouveaux faits (par exemple, « le nom de l'acteur qui interprétait le Dr. Watson dans la série *Sherlock Holmes* était Bruce »). Après un délai de 6 à 8

jours, leur mémoire pour ces faits et d'autres faits non présentés était testée. Lorsqu'ils rappelaient correctement un fait, ils devaient préciser où ils l'avaient appris ou quand ils l'avaient entendu pour la dernière fois. Dans cette tâche, les patients frontaux montraient un déficit de mémoire de source qui contrastait avec de bonnes performances dans le rappel des faits eux-mêmes, suggérant un rôle spécifique des lobes frontaux dans l'association de l'information cible à son contexte.

Cependant, plus récemment, Thaiss et Petrides (2003) ont montré que ce pattern de résultat pouvait être une conséquence de différences dans la manière dont les deux types d'informations (information cible et source) sont traitées durant l'encodage. En effet, fréquemment, les consignes demandent aux participants d'encoder les items en prévision d'un test de mémoire, mais la source est encodée de manière incidente. Pour Thaiss et Petrides, le déficit disproportionné de mémoire de source pourrait précisément être la conséquence de cet encodage incident de la source. Dans la mesure où le participant n'a pas prêté attention à l'information de source lors de l'encodage et n'a donc pas créé d'associations solides entre chaque item et son contexte, récupérer cette information de source exige plus de processus stratégiques que s'il l'avait encodée explicitement. Thaiss et Petrides ont examiné les performances de patients frontaux dans des tâches de mémoire nécessitant de récupérer des faits, l'identité de la personne qui a donné les faits et le moment où ces faits ont été présentés (la présentation des faits était divisée en trois sections). Afin de permettre un encodage élaboré des items-cibles et des informations de source associées, Thaiss et Petrides demandaient aux participants d'essayer de mémoriser les faits, ainsi que la personne qui les présentait et dans quelle section ils apparaissaient. Les résultats montrent que les patients avaient des performances normales dans le rappel des faits et de leur source. Pour les auteurs, cela suggère que, lorsque les exigences en termes de processus de récupération stratégiques sont limitées par un encodage explicite des informations contextuelles associées à une information-cible, les patients frontaux n'ont aucune difficulté à récupérer ces informations. Les régions frontales ne seraient pas indispensables pour la mémoire de source en tant que telle, mais plutôt pour la mise en place de stratégies de récupération en mémoire épisodique.

En outre, les patients frontaux montrent des déficits dans des tâches de mémoire pour l'ordre temporel des événements (Kesner, Hopkins, & Fineman,



1994; Kopelman, Stanhope, & Kingsley, 1997; McAndrews & Milner, 1991; Milner et al., 1991) et des tâches de mémoire de la fréquence d'occurrence (Jurado, Junqué, Pujol, Oliver, & Vendrell, 1997 ; Smith & Milner, 1988). En fait, le type d'informations contextuelles le plus souvent associé aux régions frontales est la mémoire pour l'information temporelle. Les données neuropsychologiques et en imagerie cérébrale concernant la mémoire du contexte temporel seront détaillées dans le chapitre 4<sup>7</sup>.

## 2.4 Conclusions

Les différentes études que nous venons de passer en revue suggèrent que des lésions frontales perturbent la mise en place de stratégies d'organisation lors de l'encodage et de la récupération des informations, conduisant à un déficit de rappel libre. Quant aux tâches de reconnaissance, une lésion du cortex préfrontal provoque un déficit dans les tâches de type oui/non et pour différentes raisons : une dépendance excessive vis-à-vis de la familiarité, une difficulté à construire une description de l'épisode recherché en mémoire qui contienne des informations spécifiques à cet épisode, une sélection inappropriée d'informations lors de la phase d'encodage ou un critère de réponse anormalement libéral. Par ailleurs, les patients frontaux montrent des troubles de mémoire du contexte.

Une question qui reste en suspens est de savoir si ces différents troubles associés aux atteintes frontales sont la conséquence de l'altération d'opérations mnésiques spécifiques qui seraient sous la dépendance des régions frontales (par exemple, la mémorisation du contexte) ou plutôt la conséquence d'un trouble exécutif plus général. La plupart des auteurs semblent favoriser l'hypothèse qu'une

---

<sup>7</sup> D'autres déficits mnésiques ont également été décrits chez les patients frontaux. Par exemple, les patients frontaux oublient souvent de réaliser des actions qu'ils devaient effectuer à un certain moment dans le futur (mémoire prospective, Burgess, Veitch, de Lacy Costello, & Shallice, 2000 ; Fortin, Godbout, & Braun, 2002). Ils montrent aussi une sensibilité accrue à l'interférence dans des paradigmes de type AB-AC (Shimamura, Jurica, Mangels, & Gershberg, 1995). Par ailleurs, un déficit de métamémoire (par exemple, de la capacité à prédire leurs performances mnésiques) a également été rapporté (Janowsky, Shimamura, & Squire, 1989a). Enfin, le rôle des régions frontales dans les aspects stratégiques de la mémoire a également été mis en évidence dans les études montrant un trouble de la récupération d'informations pré-morbides sémantiques (Mangels, Gershberg, Shimamura, & Knight, 1996) et autobiographiques (Della Salla, Laiacona, Spinnler, & Trivelli, 1993 ; Worthington, 1999)

atteinte des régions frontales altère la sélection, l'initiation et l'implémentation de stratégies d'encodage et de récupération en mémoire épisodique, renvoyant à l'idée d'un rôle des lobes frontaux dans le contrôle exécutif des processus cognitifs. Cependant, dans certaines circonstances, les déficits mnésiques observés chez les patients frontaux ne semblent pas secondaires à un trouble exécutif général. C'est notamment le cas suite à des lésions ventrales qui s'étendent à la région septale. De telles lésions provoquent en effet un syndrome amnésique en perturbant l'apport cholinergique aux structures hippocampiques. Par ailleurs, des difficultés lexicales et sémantiques, en particulier chez des patients porteurs de lésions frontales gauches, peuvent également entraîner des troubles de mémoire épisodique verbale, en altérant notamment l'encodage des mots (Stuss et al., 1994 ; Alexander et al., 2003).

En outre, les localisations des lésions variaient beaucoup parmi les patients qui ont été décrits. Certains avaient des lésions frontales localisées à gauche, d'autres à droite. En outre, certains patients présentaient des lésions affectant le cortex préfrontal dorsolatéral (Swick & Knight, 1999; Schacter et al., 1996), les parties internes des lobes frontaux (Delbecq-Derouesné et al., 1990) ou parfois les régions frontales ventrales (Levine et al., 1998 ; Schnider et al., 1996). Il se pourrait que ces différentes régions jouent des rôles différents lors de l'encodage et de la récupération en mémoire épisodique.

### **3. RÔLE DES LOBES FRONTAUX DANS LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE : DONNÉES D'IMAGERIE CÉRÉBRALE**

Au cours des dix dernières années, la compréhension du rôle des régions frontales dans la mémoire a beaucoup bénéficié des études en imagerie cérébrale. En particulier, la tomographie par émission de positons (TEP) et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ont suggéré que les différentes régions frontales jouent des rôles différents dans le fonctionnement de la mémoire épisodique. Dans cette section, nous aborderons les travaux qui ont étudié la contribution des régions frontales dans l'encodage et la récupération en mémoire épisodique, et plus spécifiquement dans des aspects particuliers de la récupération (tel que le mode de récupération), ainsi que dans les processus de recollection et de familiarité.

### 3.1 Encodage et récupération en mémoire épisodique

Différents modèles ont mis l'accent sur le rôle différentiel des régions préfrontales gauches et droites dans l'encodage et la récupération en mémoire épisodique. Le modèle HERA (Hemispheric Encoding/Retrieval Asymetry) propose une asymétrie hémisphérique en fonction de l'encodage et de la récupération. Le modèle CARA (Cortical Asymetry of Reflective Activity) distingue quant à lui les contributions des régions frontales gauches et droites en fonction du niveau de complexité de la tâche de récupération. Enfin, le modèle « Production-Monitoring » décrit une asymétrie liée aux processus de production d'informations sémantiques et aux processus de contrôle et de vérification lors de la récupération épisodique verbale.

#### ***Le modèle HERA (Hemispheric Encoding/Retrieval Asymetry)***

Un modèle influent, le modèle HERA (« Hemispheric Encoding/Retrieval Asymetry » ; Nyberg, Cabeza, & Tulving, 1996 ; Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch, & Houle, 1994), suggère qu'il existe une asymétrie hémisphérique relative à l'implication des régions préfrontales dans l'encodage et la récupération en mémoire épisodique. Plus précisément, les régions préfrontales gauches seraient impliquées préférentiellement dans l'encodage des informations en mémoire épisodique, tandis que les régions préfrontales droites interviendraient principalement dans la récupération des informations en mémoire épisodique.

En ce qui concerne la contribution des régions frontales gauches dans l'encodage en mémoire épisodique, le modèle HERA se base sur l'observation d'une activation frontale gauche lors de la récupération d'informations en mémoire sémantique, ainsi que lors de l'encodage incident d'un matériel verbal durant lequel les participants réalisaient un traitement sémantique sur le matériel (par exemple, décider si un mot fait référence à un objet naturel ou artificiel ; Kapur, Craik, Tulving, Wilson, Houle, & Brown, 1994). Pour Tulving (1972 ; Tulving et al., 1994), la récupération d'informations sémantiques conduit automatiquement à un encodage de l'événement et de son contexte en mémoire épisodique. Selon cette logique, l'encodage épisodique d'informations verbales (comme la récupération sémantique) implique les régions préfrontales gauches (Tulving et al., 1994).

Ce modèle a été soutenu par plusieurs études en TEP et par IRMf qui ont montré une activation préfrontale gauche associée aux opérations d'encodage en

mémoire épisodique et une activation préfrontale droite lors de la récupération épisodique, que le matériel soit verbal ou non verbal (pour une revue, voir Cabeza & Nyberg, 2000 ; Desgranges, Baron, & Eustache, 1998). Cependant, il existe quelques résultats contradictoires. D'une part, certaines études ont montré une activation préfrontale droite lors de l'encodage en mémoire épisodique d'un matériel non verbal, comme des visages ou des scènes visuelles (Brewer et al., 1998 ; Golby et al., 2001 ; Kelley et al., 1998 ; Lee, Robbins, Pickard, & Owen, 2000 ; McDermott, Buckner, Petersen, Kelley, & Sanders, 1999), suggérant que l'asymétrie des activations préfrontales lors de l'encodage dépendrait plutôt du type de matériel utilisé. En réponse à ces données, Habib, Nyberg et Tulving (2003) ont redéfini les conditions précises dans lesquelles les patterns d'activation prédits par le modèle HERA peuvent être observés. Plutôt que de comparer l'encodage ou la récupération à une condition de contrôle, il est en fait nécessaire de comparer une tâche d'encodage à une tâche de récupération. Ainsi, le modèle HERA est confirmé si l'activation gauche liée à l'encodage par rapport à la récupération (encodage – récupération à gauche) est supérieure à l'activation droite liée à l'encodage par rapport à la récupération (encodage – récupération à droite). De même, le modèle HERA prédit que l'activation droite liée à la récupération (par rapport à l'encodage) est supérieure à l'activation gauche liée à la récupération (par rapport à l'encodage). En outre, Habib et al. soulignent que l'existence d'une asymétrie des activations frontales liées à l'encodage et à la récupération n'exclut nullement la possibilité que des asymétries liées au matériel existent également. Par exemple, les auteurs ont ré-examiné les données de l'étude de McDermott et al. (1999). Cette étude montrait que le cortex préfrontal gauche était plus actif lors de l'encodage et la récupération pour du matériel verbal par rapport à du matériel non-verbal, tandis que le cortex préfrontal droit était plus actif, à l'encodage comme à la récupération, pour du matériel non-verbal que pour du matériel verbal, suggérant une latéralisation des activations préfrontales en fonction du matériel utilisé. Néanmoins, quand les mêmes données étaient réanalysées selon les contrastes proposés par Habib et al., les résultats étaient compatibles avec le modèle HERA.

D'autre part, il semblerait que la complexité de la tâche de récupération en mémoire épisodique influence la latéralisation de l'activation préfrontale. En effet, comme le suggère le modèle CARA proposé par Nolde, Johnson et Raye (1998), les régions préfrontales gauches pourraient aider les régions préfrontales droites

lorsque la récupération en mémoire épisodique est plus complexe.

***Le modèle CARA (Cortical Asymetry of Reflective Activity)***

Nolde et al. (1998) ont passé en revue plusieurs études en TEP et en IRMf afin de déterminer quelles régions frontales étaient activées lors de tâches de reconnaissance à choix forcé et de type oui/non, de rappel indicé et de rappel libre. Selon Nolde et al. (1998), ces différentes tâches sont de niveaux de complexité différents. Parmi les tâches de reconnaissance, les tâches à choix forcé sont plus simples (car les participants peuvent se baser sur des différences de familiarité entre les items de test) que les tâches de type oui/non (qui nécessiteraient plus souvent la récupération d'informations épisodiques, ainsi que le maintien d'un critère de réponse). Quant aux tâches de rappel, les tâches de rappel indicé sémantique (où, par exemple, un item est indicé par sa catégorie sémantique ou par un autre item sémantiquement relié) sont plus faciles que les tâches de rappel libre (dans lesquelles les participants doivent générer leurs propres indices de récupération) et les tâches de rappel indicé dans lesquelles l'indice n'est que peu associé à l'item-cible.

Les auteurs constatent que les régions préfrontales droites sont activées dans toutes les tâches de récupération et qu'elles sont les seules régions activées dans les tâches simples. Lorsque les conditions de test sont plus exigeantes, une activation préfrontale gauche apparaît également, suggérant une asymétrie corticale des activités réflexives (hypothèse CARA). Selon cette hypothèse, le cortex préfrontal droit serait impliqué dans des processus de récupération heuristiques (par exemple, la comparaison de la familiarité de deux stimuli dans les tâches de reconnaissance), qui seraient suffisants pour réaliser des tâches simples. Par contre, le cortex préfrontal gauche serait impliqué dans des aspects plus stratégiques (plus « réflexifs » ou systématiques) de la récupération, impliquant par exemple la génération d'un indice de récupération ou une vérification détaillée de l'information récupérée.

### ***L'hypothèse « Production-Monitoring »***

Cabeza, Locantore et Anderson (2003) ont proposé une conception différente de celle suggérée dans le modèle CARA concernant la latéralisation des activations préfrontales lors de la récupération épisodique. Selon l'hypothèse « Production-Monitoring », lors de tâches de récupération épisodique verbale, le cortex préfrontal gauche serait préférentiellement impliqué dans la production d'informations sur base des connaissances sémantiques, tandis que le cortex préfrontal droit interviendrait préférentiellement dans les processus de contrôle et de vérification. Dans une étude en TEP, Cabeza et al. (2003) ont constaté que le cortex préfrontal gauche était davantage activé dans des tâches de rappel que dans des tâches de reconnaissance. Par contre, le cortex préfrontal droit était plus activé dans les tâches de reconnaissance que dans les tâches de rappel. Ces données seraient consistantes avec le modèle « Production-Monitoring » dans la mesure où le rappel nécessite la génération d'indices via des processus de production d'informations sémantiques, alors que, dans la reconnaissance, des processus de contrôle et de vérification sont nécessaires pour rejeter les items distrayeurs. En outre, parmi les tâches de reconnaissance, la reconnaissance d'informations contextuelles (en l'occurrence, indiquer si un mot a été présenté visuellement ou auditivement) recrute davantage de processus de production et de contrôle, et donc active plus les régions préfrontales gauches et droites, que la reconnaissance d'items.

### **3.2 Aspects de la récupération épisodique**

Différents aspects de la récupération en mémoire épisodique ont été distingués (pour une revue, voir Rugg & Wilding, 2000) : le **mode de récupération** (mise en place et maintien tonique d'un état cognitif particulier lors de la récupération en mémoire épisodique), l'**orientation de la récupération** (appliquer un type de traitement particulier à l'indice de récupération selon la tâche en cours – l'orientation sera différente par exemple si la tâche implique de récupérer des informations spatiales versus phonologiques), l'**effort de récupération** (la quantité de ressources de traitement dévolues à la tentative de récupération) et le **succès de la récupération** (la récupération de l'épisode recherché grâce à l'indice ou processus ephorique). Le modèle REMO (*REtrieval MOde*; Lepage, Ghaffar, Nyberg, & Tulving, 2000) s'est spécifiquement intéressé au mode de récupération.

Par ailleurs, dans un travail de synthèse, Buckner et Wheeler (2001) ont examiné les régions cérébrales, en particulier les régions frontales, qui sont associées à l'effort de récupération en mémoire épisodique et au succès de la récupération.

### ***Le modèle REMO (REtrieval MOde)***

En 2000, Lepage et al. ont identifié plusieurs régions frontales associées au maintien d'un mode de récupération en mémoire épisodique. Ils définissent le mode de récupération (ou REMO) comme un état neurocognitif au cours duquel un individu maintient mentalement un segment de son passé personnel, traite les informations qui entrent dans le système en tant qu'indices permettant de récupérer des événements passés spécifiques, se retient de s'engager dans des processus non pertinents pour la tâche et devient conscient du produit de la récupération réussie (ecphorie) quand elle a lieu. Pour Lepage et al., le mode de récupération est une condition nécessaire pour permettre la récupération en mémoire épisodique. C'est un état qui est maintenu tout à long de la tentative de récupération, indépendamment de son succès. Sur base des résultats de quatre études en TEP et d'une revue de la littérature, Lepage et al. ont observé que le mode de récupération (REMO) était associé à une activation de différentes régions : les régions fronto-polaires bilatérales, l'opercule frontal bilatéral, le cortex préfrontal dorsolatéral droit et le gyrus cingulaire antérieur.

### ***La proposition de Buckner et Wheeler (2001)***

Buckner et Wheeler (2001) suggèrent que différentes régions préfrontales droites joueraient des rôles différents dans la récupération épisodique. Selon eux, les régions frontales postérieures (aires BA 44/6 et BA 45/47, souvent localisées à gauche) et antérieures (aires fronto-polaires, proches de l'aire BA 10, surtout à droite) interviendraient principalement dans la tentative de récupération, mais auraient des fonctions sensiblement différentes. D'une part, les régions frontales postérieures fourniraient les ressources cognitives nécessaires pour l'élaboration stratégique nécessaire lors de la récupération en mémoire épisodique, mais aussi pour des tâches non mnésiques (par exemple, des tâches de classification ou de génération de mots). Elles interviendraient donc dans l'effort de récupération. D'autre part, les régions frontales antérieures seraient plus spécifiques à la

récupération en mémoire épisodique : elles ne seraient pas influencées par l'effort de récupération, mais plutôt par les attentes du sujet par rapport à la tâche (par exemple, le cortex préfrontal antérieur droit était plus actif lorsque les participants étaient informés qu'il y avait peu d'items distracteurs dans une tâche de reconnaissance que lorsqu'on leur disait qu'il y avait peu d'items cibles, Wagner, Desmond, Glover, & Gabrieli, 1998). Ces régions pourraient sous-tendre la gestion de processus de contrôle de haut niveau lors de la récupération en mémoire épisodique. Quant au succès de la récupération, il dépendrait des régions temporales internes, qui réactivent les différentes composantes de l'épisode, représentées dans des régions corticales variées. Cependant, selon Buckner et Wheeler, les régions pariétales et frontales pourraient aussi contribuer au succès de la récupération en produisant un signal général indiquant que l'information récupérée fait partie du passé. Par ailleurs, les régions frontales pourraient évaluer le produit final des opérations entreprises et participer à l'expérience subjective de souvenir.

### 3.3 Recollection et familiarité

Quelques études en imagerie cérébrale par IRMf ont indiqué que les régions frontales étaient impliquées dans la recollection comme dans la familiarité, bien que les deux processus feraient intervenir des régions partiellement différentes. Dans une étude utilisant la procédure « je me souviens / je sais », Henson, Rugg, Shallice, Josephs et Dolan (1999) ont observé que le cortex préfrontal antérieur gauche était plus actif pour les items reconnus et associés à des réponses « je me souviens » que pour les items reconnus et associés à des réponses « je sais ». Selon Henson et al., le cortex préfrontal antérieur gauche serait associé aux processus stratégiques de récupération de la source. Par contre, les réponses « je sais » étaient plutôt associées à une activation préfrontale dorsolatérale droite et cingulaire antérieure (voir aussi Eldridge et al., 2000). Henson et al. ont émis l'hypothèse que cette activation en lien avec les réponses « je sais » reflétait des processus de contrôle et de vérification supplémentaires lorsque la reconnaissance est incertaine, c'est-à-dire lorsque les participants essaient en vain de récupérer le contexte d'apprentissage de l'item et doivent baser leur décision sur des valeurs de familiarité faibles. Cette interprétation a été confirmée par une étude montrant que l'activation préfrontale dorsolatérale droite observée pour les



réponses « je sais » apparaissait également pour des réponses accompagnées d'un niveau de confiance faible (Henson, Rugg, & Shallice, 2000).

### 3.4 Conclusions

Les études en imagerie cérébrale fonctionnelle ont confirmé que les régions frontales sont impliquées dans le fonctionnement de la mémoire épisodique. Plusieurs modèles ont proposé des interprétations différentes du rôle de ces régions dans la mémoire épisodique. Selon le modèle HERA, les régions frontales gauches seraient mises en œuvre lors de l'encodage d'informations en mémoire épisodique, ainsi que lors de la récupération d'informations en mémoire sémantique, alors que les régions frontales droites interviendraient plutôt lors de la récupération en mémoire épisodique. Selon le modèle CARA, une activation des régions frontales gauches lors de la récupération pourrait toutefois être observée lorsque la tâche de récupération mnésique est complexe. Le modèle « Production-Monitoring », quant à lui, postule que lors de la récupération d'informations verbales, le cortex préfrontal gauche permettrait la génération d'informations sémantiques, alors que le cortex préfrontal droit serait impliqué dans les processus de contrôle et de vérification. Par ailleurs, le modèle REMO suggère que certaines régions frontales seraient spécifiquement associées au mode de récupération, c'est-à-dire à l'état cognitif qui est maintenu tout au long de la récupération épisodique. Selon Buckner et Wheeler (2001), une distinction antérieur-postérieur peut être établie entre les régions frontales selon leur rôle lors de la tentative de récupération. Tandis que le cortex préfrontal antérieur (surtout à droite) serait spécifiquement associé à la récupération en mémoire épisodique, le cortex préfrontal postérieur (surtout à gauche) serait relié à l'effort de récupération, dans les tâches de mémoire épisodique comme dans d'autres tâches non mnésiques.

## 4. FONCTION UNITAIRE OU RÔLES DIFFÉRENTS POUR LES DIFFÉRENTES RÉGIONS FRONTALES ?

Initialement, les chercheurs qui se sont intéressés aux régions frontales considéraient que le cortex préfrontal assumait une fonction globalement unitaire, généralement décrite comme un contrôle exécutif sur les autres processus cognitifs (par exemple, Duncan, 1995). Actuellement, certains auteurs continuent à

défendre une telle fonction générale (Shimamura, 1995, 2000).

Par exemple, Shimamura (1995, 2000) a proposé que le cortex préfrontal sous-tendrait quatre aspects du fonctionnement exécutif : la sélection (la focalisation de l'attention sur certains aspects du traitement de l'information), le maintien (le maintien de l'information active en mémoire à court terme), la mise à jour (la modulation et la réorganisation des informations en mémoire à court terme) et la ré-orientation (la capacité de passer d'un processus cognitif ou d'un type de réponse à un autre). Pour Shimamura, ces différents aspects peuvent être interprétés comme dépendant d'une même fonction générale d'inhibition, qu'il appelle **filtrage dynamique**. Selon cette conception, le cortex préfrontal filtrerait l'activité cérébrale dans les régions corticales postérieures, permettant de sélectionner les activations pertinentes et d'inhiber les activations non pertinentes, et donc de contrôler les autres processus cognitifs. Shimamura (2000) souligne cependant que, même si les différentes régions frontales utilisent toute une même fonction de filtrage dynamique, les profils comportementaux observés après des atteintes focalisées au niveau de différentes régions frontales devraient varier, étant donné que chaque région est connectée à des aires corticales postérieures différentes, qui sous-tendent elles-mêmes des fonctions cognitives différentes (par exemple, traitements perceptifs, opérations mnésiques, réactions émotionnelles).

Cependant, de nombreux auteurs considèrent que les différentes régions frontales sous-tendent des fonctions différentes (Fletcher & Henson, 2001 ; Petrides, 2000 ; Stuss & Levine, 2002). Signalons néanmoins que les deux positions ne sont pas incompatibles. En effet, pour Stuss et Alexander (2000), il faut plutôt considérer que les différents rôles assumés par les diverses régions frontales convergent vers le concept général de contrôle. Par exemple, Stuss et Levine (2002 ; voir également Stuss & Alexander, 2000) proposent une distinction fonctionnelle entre le **cortex préfrontal dorsolatéral** et le **cortex préfrontal ventral médial/orbitofrontal**. Tandis que le cortex dorsolatéral serait impliqué dans les processus de raisonnement spatial et conceptuel et de manière générale dans les processus cognitifs qui constituent les fonctions exécutives, la région ventrale médiale/orbitofrontale jouerait un rôle important dans l'auto-régulation comportementale (c'est-à-dire l'adaptation du comportement en fonction de ses propres buts et des contraintes), ainsi que dans la conscience de soi et la théorie de l'esprit.

Dans le domaine spécifique de la mémoire, comme nous l'avons vu précédemment, la plupart des données en imagerie cérébrale suggèrent que les différentes régions du cortex préfrontal joueraient des rôles fonctionnels différents en mémoire. Pour rappel, selon le modèle HERA, les régions préfrontales gauches seraient préférentiellement impliquées dans les opérations d'encodage, tandis que les régions préfrontales droites seraient impliquées dans les processus de récupération (Nyberg et al., 1996; Tulving et al., 1994). Plus particulièrement, le cortex préfrontal droit sous-tendrait le maintien d'un mode de récupération en mémoire épisodique (Lepage et al., 2000). Cependant, Nolde et al. (1998) ont montré que les régions préfrontales gauches étaient également impliquées dans la récupération épisodique lorsque les tâches étaient complexes.

Par ailleurs, une distinction a également été établie entre les régions ventrales et dorsales du cortex préfrontal latéral. Selon Owen (2000 ; Owen, Lee, & Williams, 2000) et Petrides (1994, 2000), le cortex préfrontal dorsolatéral (aires 46, 9 et 46/9) jouerait un rôle dans la manipulation active et le contrôle « en temps réel » des informations en mémoire de travail, ainsi que dans le contrôle des informations récupérées en mémoire à long terme. Par contre, le cortex préfrontal ventrolatéral (aires 45 et 47/12) serait plutôt impliqué dans les stratégies d'encodage de bas niveau (telle que la récapitulation) et le maintien des informations en mémoire de travail ou la sélection des informations pertinentes en mémoire à long terme (Petrides, 2002). De plus, pour Petrides (2002), le cortex ventrolatéral interviendrait dans la récupération active de l'information en mémoire épisodique. Ainsi, le cortex préfrontal ventrolatéral exercerait une action de modulation sur le traitement de l'information dans les aires corticales associatives postérieures où les traces mnésiques sont stockées. En activant certains aspects du réseau neuronal et en inhibant d'autres, cette modulation va modifier l'activité dans les régions postérieures associatives de sorte que l'information requise sera sélectivement récupérée. Cette notion de désambiguïsation des traces mnésiques via des processus d'activation/inhibition est consistante avec les résultats de Thompson-Schill, D'Esposito, Aguirre, & Farah (1997) qui rapportent une activation frontale ventrolatérale lors d'une tâche de récupération d'informations sémantiques nécessitant la sélection d'une réponse parmi plusieurs possibilités.

Enfin, dans une revue de nombreux travaux en imagerie cérébrale, Fletcher et Henson (2001) ont proposé que trois grandes régions frontales étaient impliquées

dans des fonctions cognitives différentes. Le **cortex préfrontal ventrolatéral** jouerait un rôle dans la récapitulation active en mémoire de travail, la génération d'informations sémantiques lors de l'encodage en mémoire épisodique et la spécification des indices lors de la récupération en mémoire épisodique. Le **cortex préfrontal dorsolatéral** sous-tendrait la manipulation des informations en mémoire de travail, l'organisation du matériel lors de l'encodage et les opérations de contrôle des produits de la récupération épisodique. Enfin, les **régions fronto-polaires** joueraient un rôle dans des fonctions de haut niveau, telles que la mise en place de buts, et dans la coordination et le contrôle des processus dépendant des cortex préfrontaux ventrolatéral et dorsolatéral en permettant de passer de manière flexible d'un type de processus à l'autre. Ces processus de contrôle de haut niveau permettraient ainsi de passer de la récupération d'informations à l'aide d'indices au contrôle de l'information récupérée.

Dans cette perspective, les études de groupes portant sur un ensemble de patients présentant une lésion frontale masquent l'hétérogénéité des régions spécifiques affectées. Au sein de ces groupes, on trouve fréquemment des patients dont les lésions touchent le cortex préfrontal dorsolatéral, le cortex orbito-frontal, les régions ventro-médiales, le cortex prémoteur et parfois les ganglions de la base qui sont connectés aux régions frontales. Considérant les données issues des études de cas et des travaux en imagerie cérébrale qui ont montré que les différentes régions frontales étaient engagées dans des mécanismes mnésiques variés, une nouvelle approche a été adoptée (voir par exemple, Alexander et al., 2003), visant à explorer la variabilité dans les performances des patients et examiner le lien entre un type particulier de performance et certaines caractéristiques lésionnelles (Stuss et al., 2003).

## Chapitre 4

# La mémoire du contexte temporel : processus et soubassements cérébraux

Le contexte temporel<sup>1</sup> est un aspect crucial de la mémoire épisodique (Tulving, 1999 ; Wheeler et al., 1997). En effet, tout au long de notre vie, nous emmagasinons une quantité inouïe de souvenirs. Si ces souvenirs ne contenaient aucune indication du moment où les événements se sont produits, notre mémoire serait comme une immense boîte remplie de photos mélangées, non classées en fonction des différentes époques de notre vie durant lesquelles elles ont été prises. Or, nous sommes capables d'indiquer que tel événement s'est produit après tel autre, à quelle date exactement nous avons fait tel voyage, combien d'années se sont écoulées depuis la fin de nos études, etc. La question abordée dans ce chapitre concerne précisément la nature des processus qui nous permettent d'encoder et de récupérer le contexte temporel des événements, ainsi que les structures cérébrales qui sous-tendent ces processus.

Le concept d'information temporelle recouvre deux dimensions : l'ordre chronologique et la durée d'un événement (Nichelli, 1993 ; Tzeng & Cotton, 1980). L'ordre temporel (ou chronologique) renvoie à la succession des événements dans le temps. Deux types d'information relative à l'ordre temporel peuvent être distingués : la position spécifique d'un événement dans une séquence (par

---

<sup>1</sup> Dans ce chapitre, nous utiliserons les termes « mémoire du contexte temporel » ou « mémoire pour l'information temporelle » pour désigner le souvenir du moment où un événement s'est produit, qu'il s'agisse de sa position absolue dans le temps (tel jour, telle heure) ou de sa position relative (avant ou après tel autre événement).

exemple, dans un test de mémoire qui consiste à mémoriser une série de mots, cela peut être le « troisième mot présenté ») et la position relative des événements les uns par rapport aux autres (par exemple, ce mot est apparu après tel autre). Quant à l'information de durée, elle peut désigner la durée des événements eux-mêmes (par exemple, ce visage a été présenté pendant 10 secondes) ou la durée qui sépare deux événements successifs. La notion de durée peut aussi renvoyer à l'âge des souvenirs, c'est-à-dire au temps qui s'est écoulé depuis que l'événement s'est produit.

Dans ce chapitre, nous aborderons essentiellement la mémoire pour l'ordre temporel des événements. Néanmoins, le traitement de l'ordre temporel et le traitement de la durée peuvent être reliés, notamment dans les situations où il s'agit d'estimer la position dans le temps d'un événement à partir de la distance séparant cet événement du moment présent.

Depuis le début des années 70, plusieurs modèles ont été proposés pour rendre compte des processus qui sous-tendent les jugements temporels ainsi que de la nature des représentations de l'information temporelle. Cependant, aucun des mécanismes postulés par ces modèles (estimation de la force du souvenir, étiquette temporelle associée aux événements, etc.) ne semble pouvoir expliquer à lui seul notre capacité à estimer quand un événement a eu lieu (Friedman, 1993). Dans cette perspective, Friedman (1993, 1996) a tenté d'identifier les différents processus qui pourraient contribuer conjointement à la mémoire du contexte temporel des événements. Dans la première partie du chapitre, après avoir abordé les méthodes d'évaluation de la mémoire de l'ordre temporel, nous décrivons brièvement les modèles du traitement de l'ordre temporel les plus influents, ainsi que la proposition unificatrice de Friedman (1993, 1996).

La neuropsychologie a également permis de mieux comprendre comment fonctionne la mémoire de l'information temporelle et ce au travers de ses dysfonctionnements. Elle a aussi permis d'identifier les structures cérébrales qui semblent intervenir dans la mémoire pour l'information temporelle. Cependant, le rôle exact que jouent ces différentes structures dans la mémoire du contexte temporel est encore mal compris. Les différentes hypothèses qui ont été émises à ce sujet feront l'objet de la dernière partie de ce chapitre.

## 1. PROCÉDURES UTILISÉES POUR ÉVALUER LA MÉMOIRE DE L'ORDRE TEMPOREL

Les procédures les plus fréquemment utilisées pour explorer la mémoire de l'ordre temporel sont les jugements de récence, la discrimination de listes et la reconstruction de l'ordre sériel.

*Jugements de récence.* Une manière d'évaluer le traitement de l'ordre relatif des événements d'une séquence est de demander aux participants de déterminer lequel parmi deux items a été vu le plus récemment. Une procédure fréquemment adoptée est la tâche de jugements de récence continus (Yntema & Trask, 1963 ; Milner, 1971 ; Milner et al., 1991). Dans cette tâche, une longue séquence de cartes comportant chacune deux items est présentée au participant. Cette séquence mélange des essais de présentation et des essais de test. Lors de la plupart des essais de test, identifiés par un point d'interrogation entre les items, les deux items ont tous deux été vus précédemment et le participant doit indiquer lequel a été vu le plus récemment (jugement de récence). De plus, pour certains essais de tests, un des items est nouveau. Dans ce cas, il s'agit de dire lequel des items a été présenté (essai de reconnaissance)

Cette tâche présente l'inconvénient d'exiger beaucoup de ressources de traitement. En effet, les participants doivent garder en mémoire les relations entre de très nombreux items et constamment mettre à jour ces associations quand de nouveaux items apparaissent. Quelques études ont évité cet inconvénient en utilisant des phases d'étude et de test séparées. Lors de la phase d'étude, on présente une séquence d'items. Puis, après un délai de rétention déterminé, les participants doivent juger lequel parmi deux items étudiés est apparu le plus récemment (McAndrews & Milner, 1991 ; Kesner, Hopkins, & Chiba, 1992 ; Kesner, Hopkins, & Fineman, 1994).

Par ailleurs, Parkin, Leng et Hunkin (1990) et Hunkin et Parkin (1993) ont proposé une tâche de jugements de récence originale. Cette tâche se déroule en quatre essais consistant chacun en la présentation de quatre images à mémoriser, suivie d'un test de reconnaissance à choix forcé de ces quatre images parmi douze distracteurs. Lors du deuxième essai, les images cibles à mémoriser sont choisies parmi les douze distracteurs du premier essai, tandis que les images

cibles de ce premier essai rejoignent l'ensemble des distracteurs. De même, lors des essais trois et quatre, les anciennes cibles deviennent des distracteurs et les nouvelles cibles sont choisies parmi les distracteurs restants, de sorte qu'au dernier essai, toutes les images présentées lors de la phase de reconnaissance ont été des cibles une fois et des distracteurs trois fois. Dans cette tâche, lors du premier essai, un jugement de familiarité peut suffire pour réussir la tâche de reconnaissance. Mais pour les essais suivants, il s'agit de choisir les images qui ont été mémorisées le plus récemment. Par ailleurs, afin de s'assurer que les essais d'apprentissage successifs n'interfèrent pas avec les performances, Hunkin et Parkin (1993) ont ajouté une tâche de contrôle, comportant également 4 essais, mais dans laquelle des images cibles et distractrices différentes sont utilisées à chaque essai.

*Discrimination de listes.* Dans la tâche de discrimination de listes, on présente généralement deux listes d'items, séparées par un délai de longueur variable (le plus souvent de quelques minutes, mais dans certaines études, il peut être d'un jour). Lors de la phase de test, des items apparaissent un à un, comprenant des items présentés et de nouveaux items. Les participants doivent dire s'ils reconnaissent ou non chaque item et si oui, dire dans quelle liste il a été présenté (première ou deuxième liste) (Hunkin, Parkin, & Longmore, 1994 ; Kopelman, 1989 ; Meudell, Mayes, Ostergaard, & Pickering, 1985 ; Squire, 1982 ; Squire, Nadel, & Slater, 1981). Plusieurs auteurs considèrent que la discrimination de listes s'apparente à un jugement de récence. En effet, les items de la deuxième liste peuvent être considérés comme plus récents que les items de la première liste. Néanmoins, il ne s'agit pas de comparer la récence relative de deux items comme dans les tâches de jugement de récence traditionnelles. Dans le cas de la discrimination de listes, il s'agit plutôt d'attribuer un item à un contexte temporel donné, constitué par la liste présentée à un moment donné (par exemple, la liste présentée il y a 10 minutes versus la liste qui vient juste d'être présentée). Autrement dit, ce qui est évalué n'est pas tant l'ordre relatif des items d'une séquence les uns par rapport aux autres que l'appartenance à une liste, qui est positionnée dans le temps, avant ou après une autre liste.

*Reconstruction de l'ordre sériel.* La procédure de reconstruction de l'ordre sériel permet de tester la mémoire que les participants ont de l'ordre relatif de tous les éléments d'une série. Dans la phase d'étude, on présente une série d'items les



uns après les autres. Lors de la phase de test, on dispose le plus souvent l'ensemble des items étudiés devant le participant, dans un ordre aléatoire, et celui-ci doit les replacer dans leur ordre de présentation (Mangels, 1997 ; Naveh-Benjamin, 1990 ; Shimamura, Janowsky, & Squire, 1990).

## 2. LES MODÈLES DU TRAITEMENT DE L'ORDRE TEMPOREL

Deux types de modèles du traitement de l'ordre temporel peuvent être distingués. Un premier ensemble de modèles considère que chaque épisode possède une étiquette temporelle spécifique qui est encodée en même temps que les autres attributs de l'épisode, tandis que d'autres modèles postulent qu'il n'existe pas d'attribut temporel spécifique et que le contexte temporel est estimé ou reconstruit sur base d'autres informations mémorisées relatives à l'événement.

### 2.1 Les modèles des attributs temporels

La première classe de modèles considère que l'information temporelle est un attribut de la trace mnésique, encodé en même temps que d'autres attributs comme la taille, la localisation spatiale, la couleur, etc. (Glenberg & Swanson, 1986 ; Hasher & Zacks, 1979 ; Tulving & Madigan, 1970 ; Tzeng & Cotton, 1980 ; Tzeng, Lee, & Wetzel, 1979 ; Underwood, 1977 ; Yntema & Trask, 1963 ; Zacks, Hasher, Alba, Sanft, & Rose, 1984). Ainsi, lorsque les événements sont encodés en mémoire, le moment où ils sont apparus serait stocké via une « étiquette » temporelle accolée aux événements. Par la suite, les jugements temporels se feraient en consultant ces marqueurs temporels.

La nature de cette « étiquette » temporelle n'est pas réellement spécifiée dans ces théories, mais par contre, elles s'accordent toutes sur l'idée selon laquelle l'information temporelle spécifique à l'événement véhiculée dans cette « étiquette » serait encodée automatiquement en même temps que l'événement lui-même. La notion d'**encodage automatique de l'attribut temporel** a été formulée par Hasher et Zacks (1979)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Selon Hasher et Zacks (1979, 1984), les processus d'encodage de nouvelles informations en mémoire peuvent être distingués sur base de la quantité de ressources attentionnelles qu'ils exigent. Les auteurs distinguent d'une part les processus automatiques, qui requièrent

Hasher et Zacks (1979, 1984) ont proposé cinq critères qui doivent être tous réunis pour pouvoir conclure qu'un aspect ou un attribut d'un événement est encodé automatiquement : (1) l'encodage automatique d'une information est efficace même lorsque les participants n'ont pas l'intention d'apprendre cette information, et un encodage intentionnel n'améliore pas les performances par rapport à un encodage incident ; (2) la qualité des performances n'est pas modifiée par des stratégies d'organisation du matériel, ni par l'entraînement ; (3) l'encodage automatique d'une information n'est pas influencé par l'introduction d'une tâche concurrente ni par divers états psychologiques comme le stress et la dépression qui sont sensés réduire la quantité de ressources attentionnelles disponibles pour réaliser la tâche ; (4) l'efficacité de l'encodage automatique est insensible à des variables individuelles comme le niveau d'études, la classe sociale ou la culture d'origine ; (5) les performances ne varient pas en fonction de l'âge.

De nombreuses études ont été menées dans le but de vérifier si la mémoire du contexte temporelle obéissait effectivement aux critères d'automatisme tels qu'ils ont été définis par Hasher et Zacks (1979). Les résultats de ces recherches sont contradictoires.

Plusieurs études ont observé que les participants sont capables de se souvenir de l'information temporelle associée à une information alors qu'ils n'avaient pas l'intention de l'apprendre (par exemple, Block, 1982 ; Guenther & Linton, 1975 ; Michon & Jackson, 1984 ; Tzeng, 1976). Néanmoins, la comparaison directe entre une condition d'encodage incident et une condition d'encodage intentionnel apparaît comme un critère d'automatisme plus fort. De ce point de vue, certaines études n'ont pas montré d'avantages de la condition d'encodage intentionnel sur la condition d'encodage incident, que la tâche implique une discrimination de listes, des jugements de récence ou une reconstruction de l'ordre sériel (Auday, Sullivan, & Cross, 1988 ; Azari, Auday, & Cross, 1989 ; McCormack, 1984 ; Toggia & Kimble, 1976 ; Zimmerman & Underwood, 1968). Par contre, d'autres travaux ont montré que la condition d'encodage intentionnel conduit à une meilleure performance que la condition d'encodage incident, notamment dans une tâche nécessitant de choisir, parmi les deux arrangements possibles, l'ordre dans lequel les deux mots d'une paire ont été présentés (Mayes

---

peu de ressources attentionnelles et qui fonctionnent toujours de manière optimale, et de l'autre les processus contrôlés, qui exigent beaucoup de ressources attentionnelles.

et al., 2001, expérience 3 ; Michon & Jackson, 1984).

Naveh-Benjamin (1990) a suggéré que l'absence d'effet des consignes d'encodage observé par certaines études pourrait être dû au fait que les consignes d'encodage incident de l'ordre temporel des items demandaient néanmoins de mémoriser les items. Selon Naveh-Benjamin (1990, voir aussi Mandler, Seegmiller, & Day, 1977), il est préférable d'utiliser une condition d'encodage « incident vrai », dans laquelle les participants ne savent pas que leur mémoire pour l'ordre temporel des items sera testée, ni qu'il y aura un test de mémoire des items. En effet, lorsque les participants sont informés que leur mémoire pour les items sera évaluée, ils pourraient utiliser délibérément des stratégies d'organisation temporelle afin de se préparer au test de mémoire des items. Ainsi, Naveh-Benjamin (1990) a observé que les participants obtenaient de meilleures performances dans une tâche de reconstruction de l'ordre sériel suite à un encodage intentionnel des items et de l'information temporelle comparativement à un encodage « incident vrai ».

Le deuxième critère proposé par Hasher et Zacks (1979), concernant l'absence d'effet de la pratique et de stratégies d'encodage, ne semble pas, quant à lui, être soutenu par les données existantes. En effet, quelques études ont montré que le niveau de performance augmentait au fur et à mesure des essais (et donc en fonction de la pratique) dans une tâche où les participants devaient estimer la position d'un item dans une liste (Zacks et al., 1984 ; Underwood & Malmi, 1978a) ainsi que dans une tâche de jugement de récence relative (Underwood & Malmi, 1978b). De plus, Jackson, Michon, Boonstro, De Jonge et De Velde Harsenhorst (1986) ont constaté que la performance dans diverses tâches de mémoire du contexte temporel (jugement d'ordre, jugement de la distance temporelle entre deux items et jugement de position) était meilleure après un encodage sémantique qu'après un encodage superficiel (voir également Naveh-Benjamin, 1990, expérience 1). Enfin, Naveh-Benjamin (1990, expérience 2) a montré que l'utilisation d'une stratégie destinée à aider la mémorisation de l'ordre de présentation des mots (créer une histoire dans laquelle les mots sont incorporés séquentiellement) donnait lieu à de meilleures performances de reconstruction de l'ordre sériel que quand les participants n'étaient pas invités à utiliser ce type de stratégie (voir aussi Michon et Jackson, 1984).

Le troisième critère, selon lequel un processus automatique ne serait pas

influencé par l'introduction d'une tâche concurrente a fait l'objet de peu d'études (Naveh-Benjamin, 1990 ; Troyer & Craik, 2000). Récemment, Troyer et Craik (2000) ont examiné l'effet d'une manipulation d'attention divisée sur la mémoire de l'ordre sériel d'une liste de mots, ainsi que sur la mémoire pour les mots eux-mêmes et sur la mémoire pour la couleur des cartons sur lesquels les mots étaient écrits. Les auteurs faisaient l'hypothèse que l'introduction d'une tâche concurrente devrait affecter davantage la mémoire de l'ordre temporel que la mémoire des items et de la couleur, et que la mémoire de la couleur serait elle-même plus affectée que la mémoire des items<sup>3</sup>. Les résultats n'ont pas confirmé de manière nette ces prédictions. Lorsque la manipulation d'attention divisée était appliquée à l'encodage uniquement ou à la récupération uniquement, la diminution de performance était équivalente dans les trois tâches : la mémoire de l'item, la mémoire de la couleur et la mémoire de l'ordre de présentation. Par contre, lorsque les participants devaient réaliser la tâche concurrente à la fois lors de l'encodage et de la récupération, la mémoire pour l'information temporelle était plus affectée que la mémoire pour les deux autres types d'informations. Selon les auteurs, ces données appuieraient le point de vue selon lequel la mémoire de l'ordre temporel requiert des processus stratégiques (qui exigent des ressources attentionnelles), ce qui la rend particulièrement vulnérable aux manipulations d'attention divisée.

Enfin, la plupart des études ayant examiné les quatrième et cinquième critères semblent également en défaveur d'un encodage automatique des informations temporelles. Ainsi, Zacks et al. (1984) ont montré que des variables individuelles, comme l'appartenance à deux universités différentes dont l'une était considérée comme meilleure que l'autre, influençait les performances des participants dans une tâche de rappel de la position dans une liste de mots. Concernant l'absence

---

<sup>3</sup> Cette hypothèse repose tout d'abord sur une distinction faite parmi les informations contextuelles entre le contexte intrinsèque –un aspect de l'item lui-même comme sa couleur, sa taille, etc.– et le contexte extrinsèque –qui ne fait pas partie du stimulus lui-même, mais qui est encodé comme part de l'épisode général, comme la localisation spatiale et l'ordre temporel des événements (Baddeley, 1982). Selon Moscovitch (1992), le contexte extrinsèque nécessiterait plus de ressources que le contexte intrinsèque. Ensuite, étant donné que Spencer et Raz (1995) ont observé des effets du vieillissement moins importants sur la mémoire des items que la mémoire des informations contextuelles et que le vieillissement affecte principalement les aspects contrôlés des processus (Hasher et Zacks, 1979), Troyer et Craik (2000) postulent que le traitement de l'information contextuelle recruterait davantage de ressources attentionnelles que le traitement de l'information cible.

d'effet de l'âge sur l'encodage de l'information temporelle, Brown (1973) n'observe pas de différences dans les jugements de récence chez des enfants de 7 à 18 ans, mais par contre, Jackson, Michon et Vermeeren (1984) ont montré que les performances d'enfants de 11 ans dans une tâche de jugement de position temporelle étaient meilleures que celles d'enfants de 5 ans. Enfin, la majorité des études consacrées au vieillissement ont indiqué un effet de l'âge sur les tâches de discrimination de listes (McCormack, 1984 ; Parkin, Walter et Hunkin, 1995 ; Vakil & Tweedy, 1994 ; Wesegin, Jacobs, Zubin, Ventura, & Stern, 2000), de jugement de récence (Fabiani & Friedman, 1997 ; McCormack, 1982 ; Newman, Allen, & Kasziak, 2001) et de reconstruction de l'ordre sériel (Kausler, Salthouse, & Sauls, 1988 ; Naveh-Benjamin, 1990). Il existe néanmoins quelques données indiquant une absence d'effet de l'âge dans une tâche de jugements de récence continus (Perlmutter, Metzger, Nezworski, & Miller, 1981).

Une des théories postulant un encodage automatique de l'ordre temporel fait appel à la notion de **code d'ordre**, qui est plus précise mais limitée à certaines situations particulières de mémoire (Tzeng et al., 1979 ; Tzeng et Cotton, 1980 ; voir aussi Winograd & Soloway, 1985). Pour Tzeng et collaborateurs, pendant qu'une personne apprend une liste d'items, elle peut établir des liens entre l'item qui vient d'être présenté et un autre item de la liste qui a été présenté un peu plus tôt. En d'autres termes, la présentation d'un nouvel item peut déclencher la récupération d'un item qui a été encodé auparavant. Généralement, cela se produit lorsque les deux items possèdent des caractéristiques communes. Par exemple, dans une liste composée de mots provenant de diverses catégories sémantiques (des animaux, des végétaux, des outils...), la présentation du mot « chat » peut amener le sujet à se souvenir qu'il a vu « chien » un peu plus tôt dans la liste. L'idée de base de la théorie de Tzeng et collaborateurs est que l'évocation d'un item déjà présent en mémoire (« chien ») lors de l'encodage d'un nouvel item (« chat ») suffit pour que leur ordre d'apparition soit automatiquement codé : « chat » est apparu après « chien ».

#### *Limites des modèles postulant l'encodage automatique des attributs temporels*

Comme nous venons de le montrer, les critères d'automatisme de l'encodage de l'information temporelle, tels que proposés par Hasher et Zacks (1979), n'ont pas réellement été confirmés. Il faut cependant noter que certains auteurs ont mis en

question les critères adoptés par Hasher et Zacks (1979) pour déterminer la présence de processus automatiques (Naveh-Benjamin, 1990 ; Sanders, Gonzalez, Murphy, Liddle et Vitina, 1987). Selon ces auteurs, certains critères ne seraient pas appropriés parce qu'ils reposent sur un postulat difficile à défendre, selon lequel les processus automatiques fonctionnent de manière optimale dans toutes les circonstances et ne tirent aucun bénéfice d'une allocation supplémentaire de ressources. Sanders et al. (1987) adoptent une conception moins restrictive : les processus automatiques exigeraient des capacités minimales, permettant généralement des performances supérieures au niveau du hasard, mais les performances pourraient être améliorées si des ressources supplémentaires sont attribuées.

En outre, la notion d'« étiquette » temporelle a été fort peu spécifiée. Selon Friedman (1993), il est peu probable que cette « étiquette » temporelle prenne la forme d'une date ressemblant peu ou prou à notre manière de verbaliser le temps (p. ex. « mercredi 20 août 2003, 12 heures 36 »). Bien que certaines traces mnésiques concernant des événements autobiographiques contiennent une information de date (dans ce cas, il s'agit d'une information à caractère sémantique), il est peu vraisemblable de considérer que tous les événements mémorisés possèdent une étiquette de ce type. Si c'était le cas, nous serions capables de rappeler n'importe quel événement sur base de ses coordonnées temporelles. Or, il semble que la date d'un événement constitue un indice de récupération peu efficace en tant que tel (Friedman, 1993).

Tzeng (1976) a émis l'hypothèse que l'« étiquette » temporelle pourrait être une information relative à l'état d'une horloge interne au moment où l'information a été mémorisée. Plusieurs modèles postulant l'existence d'une horloge interne qui sous-tendrait les jugements sur la durée des stimuli ont été proposés (pour une revue, voir Wearden, 2001). Par exemple, le modèle de Treisman (1963) inclut un « pacemaker », un accumulateur et une sorte de commutateur permettant de les connecter. Lorsqu'un stimulus apparaît, le commutateur active la connexion entre le « pacemaker » et l'accumulateur, de sorte que le nombre de pulsations émises par le « pacemaker » jusqu'à ce que le stimulus s'interrompe est enregistré et donne ainsi une indication de sa durée. Selon un autre modèle (Church & Broadbent, 1990), l'écoulement du temps serait représenté par un vecteur indiquant les changements d'états d'un ensemble d'oscillateurs, chacun possédant

une durée de cycle différente. Cependant, ces modèles ont été développés afin de rendre compte des jugements sur la durée des événements (le plus souvent, des durées de quelques secondes) et il est difficile de savoir comment l'état d'une horloge interne peut renseigner sur la position exacte d'un événement dans le flot des autres événements ou si ces modèles sont capables de rendre compte de l'évaluation de durée de plusieurs mois, voire de plusieurs années. Jusqu'à présent, la littérature concernant les jugements d'ordre temporel et l'estimation des durées a évolué en parallèle et la question des relations entre les deux types de jugements demeure largement inexplorée (Block & Zakay, 2001).

La notion de code d'ordre temporel proposée par Tzeng et ses collaborateurs (Tzeng et al., 1979 ; Tzeng et Cotton, 1980) constitue une représentation plus précise de ce que pourrait être une « étiquette » temporelle : la relation « ... est apparu après ... » qui unit deux événements serait codée automatiquement lorsqu'un événement présent entraîne le rappel d'un événement ancien. Cependant, ce processus ne serait utilisé que lorsque les deux événements possèdent une certaine relation (par exemple, un lien sémantique ou un lien de cause à effet).

Une dernière possibilité serait de considérer l'« étiquette » temporelle comme le contexte général de l'événement. Bien que ce contexte ne soit pas de nature spécifiquement temporelle, il fournit toutes les informations nécessaires pour inférer le moment auquel s'est déroulé l'épisode. Cependant, une telle proposition constitue en fait la base des théories postulant une reconstruction ou une estimation du contexte temporel.

## **2.2 Les modèles de la reconstruction du contexte temporel**

La deuxième classe de modèles théoriques du traitement de l'ordre temporel propose que l'information temporelle n'est pas représentée directement en tant qu'attribut des épisodes. En fait, les jugements temporels se feraient non pas en récupérant de façon directe une information temporelle stockée telle quelle en mémoire mais plutôt sur base d'inférences, de transformation ou d'analyse de divers types d'informations stockées, relatives à l'événement. Il découle de cette position que l'information temporelle est générée uniquement au moment de la récupération. Bien sûr, si une personne encode volontairement des indices en les

associant aux événements dans le but de les utiliser pour retrouver l'ordre dans lequel ces événements ont été vécus (comme par exemple, intégrer les mots d'une liste dans une histoire, Michon & Jackson, 1984 ; Naveh-Banjamin, 1990), on peut considérer que dans ce cas, l'information temporelle a été encodée lors de la survenue des événements. Cependant, le postulat général de ces théories maintient que l'ordre temporel est essentiellement reconstruit lors de la phase de récupération sur base des informations mémorisées concernant l'événement-cible (Anderson & Bower, 1972 ; Brown, Rips, & Shevell, 1985 ; Estes, 1972, 1985 ; Guenther & Linton, 1975 ; Hinrichs, 1970 ; Lee & Estes, 1981 ; Murdock, 1976 ; Underwood, 1977). Cependant, il n'existe pas réellement d'accord sur les mécanismes mis en jeu dans cette reconstruction.

Un premier groupe de théories considèrent que l'élément crucial est la **force de la trace mnésique** (« strength theories » ; Brown et al., 1985 ; Hinrichs, 1970). Ainsi, selon Hinrichs (1970), lorsque des informations sont encodées, la trace mnésique de ces informations est caractérisée par une certaine force, laquelle décline avec le temps et l'introduction de nouvelles informations en mémoire. Par ailleurs, l'estimation du temps écoulé depuis qu'un événement est survenu se fonde sur la force de la trace mnésique. Plus le souvenir d'un événement est vif, plus il sera jugé comme récent. Un modèle proche, **l'hypothèse d'accessibilité**, propose que l'information utilisée pour inférer l'âge d'un souvenir est le nombre d'éléments qui peuvent être rappelées à propos de l'événement (Brown et al., 1985). Ainsi, plus nous pouvons nous souvenir de détails à propos d'un événement, plus nous le considérerons comme récent.

La **théorie encodage/perturbation** (« encoding-perturbation theory ») a été initialement formulée pour décrire comment l'ordre temporel des événements est récupéré en mémoire à court terme (Lee & Estes, 1981), mais selon Estes (1985), cette théorie pourrait également s'appliquer à la mémoire épisodique. Elle postule que les événements sont associés à des « nœuds de contrôle », qui peuvent être considérés comme représentant le contexte d'apprentissage. Ces « nœuds de contrôle » peuvent être eux-mêmes associés à d'autres « nœuds de contrôle » selon une hiérarchie d'associations. Par exemple, les premiers items d'une liste seraient associés à un nœud de contrôle représentant le début de la liste. Les items suivants seraient associés à un nœud indiquant le milieu de la liste et il en serait de même pour la fin de la liste. Si plusieurs listes sont présentées, les trois



nœuds « début/milieu/fin » seraient associés à un nœud de niveau supérieur, spécifiant la liste dans laquelle les items sont apparus. Pour récupérer les événements dans leur ordre de présentation, les nœuds de contrôle sont réactivés dans leur ordre de formation, et de là, les événements qui y sont associés sont également récupérés. De même, l'ordre relatif de deux items peut être récupéré en comparant les nœuds de contrôle auxquels ils sont associés.

Enfin, la théorie de **reconstruction du contexte temporel sur base d'associations contextuelles** repose sur l'idée que les événements-cibles sont associés lors de l'encodage aux autres informations présentes, c'est-à-dire aux informations contextuelles (Brown, Shevell & Rips, 1986 ; Friedman & Wilkins, 1985 ; Guenther & Linton, 1975). Le plus souvent, la position dans le temps de ces informations contextuelles peut être facilement reconstruite en s'aidant de notre connaissance générale des patterns temporels sociaux (par exemple, les différentes années scolaires), personnels (par exemple, l'enfance, l'adolescence et l'âge adulte) ou naturels (par exemple, le cycle circadien) (Brown et al., 1986 ; Robinson, 1986). Afin de récupérer l'ordre temporel des événements, il faut tout d'abord retrouver les informations contextuelles associées aux événements, puis inférer leur position temporelle, qui elle-même indique quand les événements-cibles sont survenus. Par exemple, l'état interne du participant peut aider à retrouver à quel moment tel mot d'une liste a été présenté (était-ce au moment où il se sentait fatigué à cause de la longueur de la liste d'items ?). Par ailleurs, le participant pourrait également se baser sur l'association des éléments à mémoriser avec des informations extérieures (par exemple, une histoire racontée en parallèle à la présentation des items, ou un changement d'environnement entre deux blocs d'essais). Un exemple tiré de la vie quotidienne pourrait être une tentative de se souvenir de l'ordre des événements vécus lors d'un départ en vacances en se remémorant les endroits dans lesquels ils se sont déroulés : l'ordre dans lequel les différents lieux ont été rencontrés sera déterminé par la géographie et la direction suivie. Pour un petit nombre d'événements, la date exacte à laquelle un événement s'est déroulé est bien connue. Cet événement saillant peut dès lors devenir un point de repère auquel un événement-cible est comparé afin de retrouver le moment où il s'est déroulé (par exemple, « c'était juste après mon anniversaire »). Selon ce modèle, lorsque nous devons retrouver le moment où s'est produit un événement, nous procédons souvent par approximations successives (Brown et al., 1986 ; Lieury, Aiello, Lepreux, & Mellet, 1980). Nous

tentons d'abord de situer l'événement par rapport à une période générale, puis nous effectuons des inférences qui se centrent sur une période de plus en plus étroite jusqu'à ce qu'une date relativement précise soit atteinte.

### **2.3 Un modèle du traitement de l'information temporelle à processus multiples**

Selon Friedman (1993, 1996, 2001), plusieurs processus différents, tels que définis par les théories décrites précédemment, contribuent au traitement de l'information temporelle<sup>4</sup>. Les deux types de processus les plus importants seraient les **processus basés sur la distance** et les **processus basés sur la localisation**.

Les **processus basés sur la distance** aboutissent à une estimation de l'âge d'un événement, c'est-à-dire le temps qui s'est écoulé entre cet événement et le moment présent. Cette distance dans le temps pourrait être déduite de certaines caractéristiques du souvenir de l'événement lui-même : la force de la trace mnésique, son accessibilité ou son degré d'élaboration. Plus le souvenir d'un événement est vif (Hinrichs, 1970) ou plus nous pouvons rappeler de détails à son propos (Brown et al., 1985), plus nous le jugerons comme récent. Cependant, ce type de processus ne permettrait pas de situer très précisément les événements dans le temps (Friedman, 1993). C'est pourquoi les processus basés sur la localisation sont souvent requis.

Les **processus basés sur la localisation** permettraient de juger du moment relativement précis où un événement s'est produit en retrouvant des informations encodées en même temps que cet événement et en les interprétant par rapport à notre connaissance générale sur les patterns temporels (Brown et al., 1986 ; Friedman & Wilkins, 1985 ; Guenther & Linton, 1975). Ces patterns temporels

---

<sup>4</sup> D'autres auteurs ont également suggéré que la mémoire du contexte temporel dépendait de plusieurs processus. Par exemple, Bowers, Verfaellie, Valenstein, & Heilman (1988) ont proposé que deux types de processus étaient disponibles pour permettre à une personne de faire un jugement d'ordre temporel. Premièrement, les jugements sur les relations temporelles entre des événements pourraient se faire en reconstruisant une séquence plausible à partir de connaissances générales sur le monde et de connaissances sur le contenu de l'événement lui-même. Deuxièmement, les événements seraient automatiquement marqués par une étiquette temporelle lorsqu'on les rencontre. Le contexte temporel d'un événement pourrait dès lors être connu en consultant simplement le marqueur temporel qui lui est associé.

peuvent être naturels (par exemple, la succession des saisons), sociaux (par exemple, les jours de travail et les jours de vacances) ou personnels (par exemple, les années passées à l'université). Dans une expérience de laboratoire, se souvenir qu'un mot a été présenté juste après les consignes permet de le positionner au début de la liste. La combinaison des informations récupérées à propos d'un événement et de notre connaissance des patterns temporels permet ainsi d'inférer quand l'événement a probablement eu lieu<sup>5</sup>.

De plus, des **codes d'ordre** (Tzeng & Cotton, 1980) peuvent parfois être établis entre deux événements lorsque l'apparition d'un événement entraîne la remémoration d'un événement ancien. Cependant, ce type de processus serait plus rare, car ils interviendraient principalement lorsque deux événements sont reliés. De plus, les codes d'ordre ne donneraient des informations que sur l'ordre relatif de deux événements. Ils ne permettraient pas à eux seuls d'évaluer l'âge des épisodes, ni la période plus précise durant laquelle ils se sont produits.

Enfin, dans la vie quotidienne, la **date** de certains événements importants est bien connue (par exemple, les dates d'anniversaire). Dès lors, ces événements pourraient servir de bornes temporelles, auxquelles d'autres événements peuvent être reliés et ainsi situés dans le temps par inférence.

Par ailleurs, Friedman (1993) a défini trois principes qui déterminent quel type de processus sera principalement utilisé dans une situation donnée : (1) l'effort que nécessite l'extraction des différents types d'information (distance, localisation, code d'ordre, date connue), (2) la probabilité qu'un type d'information soit disponible pour un événement donné, et (3) le degré de précision temporelle que chacun permet et la mesure dans laquelle l'individu peut s'y fier. Tout d'abord, Friedman postule que les processus basés sur la localisation sont beaucoup plus exigeants en termes de ressources et prennent plus de temps que les processus basés sur la distance (ou la lecture des codes d'ordre). Ensuite, la quantité et la nature des

---

<sup>5</sup> Pour Friedman (1993), les études qui ont montré que des consignes d'encodage intentionnel n'améliorent pas les jugements temporels par rapport à des consignes d'encodage incident sont consistantes avec l'idée que les informations nécessaires à la reconstruction du contexte temporel sont encodées en même temps que l'événement-cible. En effet, tenter de mémoriser l'ordre temporel des événements n'ajoutera que peu d'informations à celles que nous encodons naturellement en mémorisant l'événement-cible (par exemple, les caractéristiques de l'environnement, notre état interne...). Selon Friedman, ces informations associées à l'événement-cible sont suffisantes pour reconstruire son contexte temporel.

informations contextuelles disponibles varient fortement d'un événement à l'autre. Cette variabilité dépend notamment de la perte d'informations au fil du temps, et de la généralisation qui résulte de la répétition d'épisodes similaires (par exemple, si nous faisons régulièrement la même promenade, nous formerons un souvenir décontextualisé, relatif au parcours suivi, et il pourrait être plus difficile de situer dans le temps une promenade particulière parmi toutes les autres, fort similaires). Cependant, étant donné que les informations contextuelles font intrinsèquement partie des souvenirs épisodiques, ces informations seront souvent disponibles, permettant dès lors l'utilisation des processus basés sur la localisation. Par contre, il est plus rare que la date exacte de l'événement fasse partie de la trace mnésique de cet événement et la présence d'un code d'ordre est limitée à certaines circonstances. Quant aux processus basés sur la distance, il est toujours possible de les mettre en œuvre dans la mesure où l'âge est estimé sur base des caractéristiques intrinsèques de la trace mnésique. Enfin, le degré de résolution temporelle et de certitude le plus élevé est atteint lorsque la date de l'événement est disponible. Les codes d'ordre permettent quant à eux de déterminer la récence relative de deux événements liés, mais leur utilité se limiterait à ces situations. Par ailleurs, les processus basés sur la localisation permettraient des jugements temporels plus précis que les processus basés sur la distance. En effet, Friedman souligne que les processus basés sur la distance n'indiquent qu'une distance par rapport au présent et que les informations utilisées pour estimer l'âge des souvenirs sont susceptibles d'être affectées par certaines distorsions. Par exemple, si un événement ancien a fréquemment été évoqué, sa trace mnésique devrait être plus forte, ce qui pourrait amener à le considérer erronément comme étant récent.

Selon Friedman (1993), nous disposons donc de deux approches pour nous souvenir de quand un événement s'est produit : une recherche active d'informations permettant une résolution temporelle élevée et une évaluation rapide de la distance approximative dans le temps. Selon les exigences de la tâche, l'une ou l'autre de ces approches sera favorisée. Lorsqu'une grande précision est requise (comme c'est implicitement ou explicitement le cas dans les expériences de laboratoire), une recherche d'éléments pertinents sera plutôt conduite afin de retrouver l'information temporelle. Ainsi, il est possible de vérifier très rapidement si la date de l'événement est contenue dans notre souvenir. Si la tâche consiste à juger lequel de deux événements est le plus récent, un code

d'ordre peut être activé s'il est disponible. Si ni la date, ni un code d'ordre ne sont accessibles, des informations contextuelles utiles devront être recherchées pour reconstruire le contexte temporel : des détails perceptifs qui renseignent sur des moments particuliers de la journée ou de l'année (par exemple, la chaleur en été, la fatigue en fin de journée...), des localisations spatiales qui correspondent à des périodes précises de la vie (la rue où la personne habitait étant enfant), des relations causales ou temporelles avec des événements dont la date est bien connue ou qui ont déjà pu être situés dans le temps, etc. Ces informations contextuelles récupérées seront dès lors interprétées à la lumière de la connaissance générale sur les patterns temporels, permettant éventuellement une localisation de l'événement dans le temps. Si le résultat de ce processus n'est pas satisfaisant, certaines stratégies pourront être mises en place, comme déterminer un intervalle probable et positionner arbitrairement l'événement en son milieu (par exemple, « j'ai acheté ce livre après le 1<sup>er</sup> octobre, mais avant le 10 octobre ; donc peut-être vers le 5 octobre »), ou encore utiliser les informations de distance, même si elles ne permettront pas une grande résolution temporelle.

Il existe cependant des situations pour lesquelles les processus basés sur la distance sont tout à fait adéquats. Pour Friedman (1993), il s'agirait principalement des situations impliquant de comparer la récence relative de deux événements et pour lesquelles l'exactitude n'est pas très importante. Par exemple, si une personne hésite entre deux vêtements à porter, elle peut choisir celui qu'elle a porté le moins récemment. Un autre type de situations dans lequel les processus basés sur la distance pourraient se révéler utiles concerne les situations dans lesquelles il faut comparer des distances temporelles extrêmement différentes (par exemple, il y a 6 mois versus il y a un jour)

### **3. SOUBASSEMENTS CÉRÉBRAUX DE LA MÉMOIRE DU CONTEXTE TEMPOREL : DONNÉES NEUROPSYCHOLOGIQUES ET D'IMAGERIE CÉRÉBRALE ; LE RÔLE DES DIFFÉRENTES STRUCTURES CÉRÉBRALES DANS LA MÉMOIRE DU CONTEXTE TEMPOREL**

Trois structures cérébrales ont principalement été associées au traitement de l'information d'ordre temporel : le cortex préfrontal, le diencephale et l'hippocampe. Néanmoins, le rôle exact que jouent ces différentes régions n'est pas encore clairement identifié. Nous passerons en revue les études neuropsychologiques et d'imagerie cérébrale qui ont mis en évidence la contribution de ces structures, et nous examinerons ensuite les hypothèses qui ont été proposées concernant le rôle de chacune de ces structures.

#### **3.1 Données neuropsychologiques**

##### *Le cortex préfrontal*

La région cérébrale qui a été le plus systématiquement associée au traitement de l'information d'ordre temporel est le cortex préfrontal. En effet, plusieurs travaux ont montré la présence d'un déficit dans des tâches de jugement de récence chez des patients avec lésions frontales, que la tâche implique des jugements de récence continus ou consiste en une phase d'étude et une phase de test séparées (Kesner et al., 1994 ; Milner, 1971 ; Milner et al., 1991). Ce déficit de mémoire pour l'ordre temporel est présent alors que les patients frontaux sont capables de reconnaître les items eux-mêmes. De plus, tandis que Milner et al. (1991) ont montré un effet de la latéralité de la lésion, avec des difficultés de jugements de récence sur un matériel non verbal chez les patients avec une lésion droite et sur un matériel verbal chez les patients avec une lésion gauche, Kesner et al. (1994) ont observé que les jugements de récence pour des mots et des dessins abstraits étaient altérés chez des patients frontaux indépendamment de la latéralisation de la lésion. Par contre, dans l'étude de Kesner et al., la mémoire de l'ordre temporel des localisations spatiales était altérée uniquement chez les patients avec lésion frontale droite ou bilatérale. Signalons aussi que Milner et al. (1991) n'ont mis en évidence un déficit de jugement de récence chez les patients frontaux que lorsque

la lésion impliquait les régions préfrontales dorsolatérales.

De manière intéressante, deux études ont suggéré que, dans certaines conditions, les patients frontaux pouvaient se souvenir de l'ordre de présentation d'items aussi bien que des participants de contrôle (Butters, Kaszniak, Glisky, Eslinger, & Schacter, 1994 ; McAndrews & Milner, 1991). En effet, McAndrews et Milner (1991) ont montré que des patients avec lésions frontales étaient capables d'indiquer lequel parmi deux objets avait été présenté le plus récemment lorsqu'ils avaient manipulé activement ces objets lors de la phase d'étude (plus spécifiquement, lorsqu'ils avaient réalisé une action en utilisant l'objet, comme, par exemple, remonter une minuterie), mais pas lorsqu'ils les avaient simplement dénommés. Dans cette recherche, les deux types d'encodage étaient mélangés lors de la phase d'étude et les participants manipulaient relativement peu d'objets comparativement au nombre d'objets à dénommer. Les auteurs ont dès lors proposé que les objets manipulés étaient plus distinctifs et que les participants ont pu établir des liens entre ces objets manipulés. Par exemple, au moment où les participants ont manipulé le deuxième objet après avoir dénommé plusieurs images, ils ont pu se souvenir qu'ils avaient déjà manipulé un autre objet auparavant et ainsi encoder l'ordre relatif de ces deux objets (Tzeng et al., 1979), processus qui serait préservé suite à une atteinte frontale. Butters et al. (1994) ont également observé que les performances de patients frontaux étaient normales dans une tâche de discrimination de liste d'objets lorsque ces derniers avaient été manipulés par les patients lors de la phase d'étude. Par contre, les patients présentaient un déficit quand l'encodage impliquait de dénommer les objets, d'estimer la fréquence d'utilisation des objets dans la vie quotidienne, d'imaginer la réalisation d'une action avec l'objet ou de regarder l'expérimentateur manipuler l'objet. Dans ce travail, et à la différence de l'étude de McAndrews et Milner, les objets étaient regroupés par condition d'encodage, ce qui selon les auteurs, ne permet pas d'expliquer la préservation des jugements de récence pour les objets manipulés en postulant l'établissement d'un code d'ordre. Ils écartent également les notions de perception du mouvement dans l'espace et d'implication personnelle lors de la manipulation d'objets comme éléments explicatifs car d'autres conditions dans lesquelles les patients étaient déficitaires impliquaient ces éléments : regarder l'expérimentateur manipuler l'objet exige aussi la perception du mouvement dans l'espace et l'imagerie mentale exige une implication personnelle. Selon Butters et al., l'aspect critique qui a permis aux patients frontaux de

recupérer l'ordre des événements est la composante motrice. Tandis que les autres conditions d'encodage (dénomination, imagerie mentale...) demandent beaucoup de ressources attentionnelles, l'encodage moteur via la manipulation des objets exige peu de ressources et serait automatique (Cohen, 1983). Cela permettrait un encodage automatique de l'ordre temporel, qui serait préservé suite à des lésions frontales. Par contre, les patients frontaux auraient un déficit d'encodage contrôlé de l'ordre temporel dans les autres conditions.

Plus récemment, Kopelman, Stanhope et Kingsley (1997) ont comparé les performances de participants normaux et de patients présentant des lésions frontales, des lésions du lobe temporal (incluant les parties internes) ou des lésions touchant les régions diencephaliques dans une tâche de discrimination de deux listes d'images (séparées par un délai de 45 minutes). Afin d'examiner si les déficits éventuels de mémoire temporelle étaient disproportionnés, la performance en reconnaissance des items-cibles était égalisée entre les groupes en ajustant la durée de présentation des stimuli. Les résultats obtenus chez les patients frontaux suggèrent que le traitement de l'information temporelle dépendrait spécifiquement du cortex préfrontal dorsolatéral. En effet, seuls les patients dont la lésion touchait cette région présentaient un déficit disproportionné dans la tâche de discrimination de liste, tandis que les patients dont la lésion touchait la partie interne du cortex préfrontal et épargnait le cortex préfrontal dorsolatéral avaient des performances normales. En outre, les patients avec des lésions diencephaliques (amnésiques présentant un syndrome de Korsakoff d'origine éthylique) montraient également un déficit sévère de mémoire pour l'ordre temporel, tandis que le déficit était plus modéré chez les patients amnésiques ayant des lésions temporales.

Par ailleurs, la reconstruction de l'ordre sériel des items semble également altérée suite à des lésions frontales. Par exemple, Shimamura, Janowsky et Squire (1990, expérience 1) ont mis en évidence une difficulté à reproduire l'ordre de présentation de mots chez des patients frontaux, en dépit de performances normales en rappel et en reconnaissance. Dans une deuxième expérience, Shimamura et al. ont demandé aux participants de rappeler et de replacer dans l'ordre chronologique quinze événements publics survenus entre 1941 et 1985. Les résultats ont montré que les difficultés importantes de mémoire pour l'ordre temporel des événements observées chez les patients frontaux s'étendaient aux souvenirs pré-morbides, malgré une bonne mémoire des événements eux-mêmes.



L'influence d'un encodage automatique versus stratégique de l'ordre temporel des stimuli sur la mémoire temporelle de patients frontaux a été explorée par Mangels (1997). L'auteur a comparé les performances de patients présentant des lésions du cortex préfrontal dorsolatéral et de participants normaux dans une tâche de reconstruction de l'ordre sériel de mots dans deux conditions d'encodage : une condition d'encodage intentionnel de l'ordre de présentation et une condition d'encodage incident où il fallait effectuer un jugement d'appréciation (indiquer si le mot est agréable ou pas) ou de taille (indiquer si le mot désigne quelque chose de plus grand ou plus petit qu'un être humain moyen) sur chaque item. Par ailleurs, les listes de mots étaient composées soit de mots reliés sémantiquement, soit de mots non reliés. Les résultats ont montré que les patients frontaux réussissaient la tâche de reconstruction de l'ordre sériel dans la condition d'encodage incident (pour les deux listes de mots) aussi bien que les participants normaux, ce qui suggère que le traitement automatique de l'ordre temporel serait préservé suite à des lésions frontales. Par ailleurs, dans la condition d'encodage intentionnel, les patients frontaux obtenaient des performances altérées dans la reconstruction de l'ordre sériel lorsque les mots composant les listes étaient reliés sémantiquement. Ce déficit semblait dû à un problème d'utilisation d'une stratégie d'organisation sérielle des mots. Il apparaît donc que l'établissement de liens entre les items via une stratégie d'encodage sériel (par exemple, relier les items en une histoire) est important pour retrouver leur ordre de présentation. En fait, lorsque les mots étaient reliés, les patients ordonnaient les items en fonction de leur catégorie d'appartenance (c'est-à-dire ils ordonnaient séquentiellement les mots appartenant à la même catégorie alors qu'ils n'avaient pas été présentés en succession lors de la phase d'étude). Selon Mangels (1997), ces données suggèrent que les patients n'étaient pas capables d'inhiber les associations sémantiques entre les mots, qui dès lors interféraient avec l'organisation sérielle des items. En revanche, dans la condition d'encodage intentionnel de listes de mots non reliés, les performances de reconstruction de l'ordre sériel des patients étaient équivalentes à celles des participants normaux, malgré le fait qu'ils utilisaient une stratégie d'organisation sérielle dans une moindre mesure par rapport aux participants normaux (ils reconstruisaient plutôt l'ordre des items sur base de leur connaissance de la position générale des items, telle que au début, au milieu, à la fin de la liste). Selon Mangels (1997), les mots non reliés seraient suffisamment distincts pour favoriser un traitement spécifique de chacun d'eux et permettre ainsi la création de

représentations mnésiques temporellement distinctes, de sorte que les stratégies d'organisation sérielle seraient moins utiles dans ce cas que pour des mots reliés sémantiquement.

Enfin, certains auteurs tels que Squire (1982) ont attribué à la présence d'une atteinte frontale (surajoutée aux lésions diencephaliques, affectant notamment les corps mamillaires, les noyaux antérieurs et dorso-médians du thalamus), le déficit important observé chez des patients amnésiques souffrant d'un syndrome de Korsakoff d'origine éthylique dans des tâches de mémoire du contexte temporel. En effet, les études de Squire et ses collaborateurs ont mis en évidence des déficits de discrimination de liste (Squire, 1982) ou de reconstruction de l'ordre sériel (Shimamura et al., 1990) plus importants que les difficultés de reconnaissance des items-cibles chez des patients Korsakoff. Outre le fait qu'une atrophie frontale a effectivement été observée chez certains patients Korsakoff (Harding, Halliday, Caine, & Kril, 2000 ; Mayes, Meudell, Mann, & Pickering, 1988 ; Shimamura, Jernigan, & Squire, 1988), il a également été montré que ces patients pouvaient présenter des performances déficitaires dans des tests censés évaluer le fonctionnement frontal (notamment, le Wisconsin Card Sorting Test, WCST). De plus, des corrélations significatives entre la performance aux tests frontaux et la performance mnésique pour l'information temporelle ont été rapportées dans certaines études (Squire, 1982).

#### *Le diencephale*

Plusieurs études ont suggéré que le déficit de mémoire pour l'information temporelle observé chez les patients amnésiques souffrant d'un syndrome de Korsakoff n'est pas nécessairement dû à une atrophie frontale surajoutée, mais plutôt à l'atteinte spécifique des régions diencephaliques (par exemple, Kopelman et al., 1997 ; Parkin, Leng, & Hunkin, 1990). Ainsi, des patients amnésiques présentant une lésion touchant sélectivement les régions diencephaliques (d'étiologie vasculaire ou consécutive à une tumeur) peuvent manifester des difficultés à se souvenir du moment où un événement a été rencontré (par exemple, Parkin & Hunkin, 1993 ; Parkin, Rees, Hunkin, & Rose, 1994 ; Shuren, Jacobs, & Heilman, 1997). Il semble donc que les lobes frontaux ne sont pas les seules régions impliquées dans la gestion mnésique des informations temporelles et que le diencephale pourrait également jouer un rôle particulier dans ce type de

traitement.

La plupart des études qui se sont penchées sur la contribution du diencephale au traitement mnésique de l'information temporelle ont comparé les performances de patients amnésiques dont les lésions touchaient soit le diencephale, soit le lobe temporal interne, dans un souci de distinguer un syndrome amnésique diencephalique d'un syndrome amnésique temporel interne. En effet, des travaux réalisés dans les années 70 et 80 ont suggéré que le profil de performances mnésiques pouvait différer selon la localisation diencephalique ou temporelle de l'atteinte cérébrale (Huppert & Piercy, 1979). Par exemple, les patients amnésiques ayant une lésion temporelle interne ont été décrits comme montrant un taux d'oubli plus rapide que les patients diencephaliques (Huppert & Piercy, 1979 ; Squire, 1981). Par ailleurs, l'amnésie rétrograde a été décrite comme très étendue chez les patients diencephaliques (Kopelman, 1989) et plus limitée chez les patients avec atteinte temporelle interne (Zola-Morgan et al., 1986). Cependant, d'autres études plus récentes n'ont pas toujours confirmé cette distinction entre deux types d'amnésie (voir par exemple Kopelman & Stanhope, 1997, qui ont rapporté un taux d'oubli similaire chez les deux types de patients). Pour O'Connor et Verfaellie (2002), ces divergences pourraient être, au moins en partie, liées à la présence de perturbations cérébrales supplémentaires, notamment au niveau frontal, chez les patients souffrant d'un syndrome de Korsakoff, ainsi qu'à des différences dans la sélection des patients inclus dans les études de comparaison (entraînant parfois des différences dans la gravité de l'amnésie et le niveau intellectuel entre les groupes de patients). En ce qui concerne la mémoire pour le contexte temporel, le débat concernant des différences liées à la localisation de la lésion chez les patients amnésiques est loin d'être résolu.

L'idée qu'un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel serait caractéristique de l'amnésie diencephalique et non de l'amnésie temporelle interne a principalement été défendue par Parkin et ses collaborateurs. Plus précisément, la capacité à effectuer des jugements de récence chez des patients avec syndrome de Korsakoff (amnésie diencephalique) et de patients amnésiques ayant des lésions temporelles internes (suite à une encéphalite herpétique) a été examinée par Parkin et al. (1990) et Hunkin et Parkin (1993). Ces auteurs ont utilisé une tâche de reconnaissance (décrite précédemment, voir point 1) comportant 4 essais successifs, et dans laquelle il s'agit de reconnaître quatre

images cibles parmi un groupe de 16 images. Pour rappel, à chaque essai, les items-cibles étaient choisis parmi les distracteurs de l'essai précédent et les anciennes cibles devenaient des distracteurs, ce qui obligeait les participants à retrouver les items qui avaient été présentés le plus récemment. L'étude de Parkin et al. (1990) a montré que, dans cette tâche, les patients Korsakoff avaient plus de difficultés que les patients avec lésion temporale interne à identifier les items-cibles dès le deuxième essai. De plus, ces difficultés étaient d'autant plus importantes que le nombre de distracteurs qui avaient été cibles précédemment augmentait. L'absence de participants de contrôle ne permettait cependant pas de déterminer si les performances des patients avec lésion temporale interne étaient normales ou non<sup>6</sup>. Par ailleurs, comme les deux groupes avaient des performances presque parfaites lors de l'essai 1, pour lequel une évaluation de la familiarité des items suffisait pour reconnaître les cibles, les auteurs ont conclu à un déficit de mémoire pour l'information temporelle plus important chez les patients Korsakoff que chez les amnésiques temporaires. Finalement, Parkin et al. ont suggéré que ce déficit observé chez les patients diencephaliques n'était pas dû à une altération frontale, car aucune corrélation significative n'apparaissait entre les mesures de jugements de récence et des tests tels que le WCST, les fluences verbales et le test d'estimation cognitive (Shallice & Evans, 1978). Une étude ultérieure menée par Hunkin et Parkin (1993) a en outre permis de montrer que le déficit de jugement temporel des patients Korsakoff ne s'expliquait pas par une sensibilité accrue à l'interférence proactive. En effet, lorsque de nouveaux stimuli étaient utilisés pour chaque essai de la tâche, les performances des patients Korsakoff étaient significativement meilleures que dans la version originale où les mêmes stimuli apparaissaient lors des 4 essais, et ne différaient plus de celles des patients temporaires.

Dans une autre étude utilisant une tâche de discrimination de listes de phrases<sup>7</sup>, Hunkin, Parkin et Longmore (1994) ont montré que, malgré un déficit équivalent de reconnaissance des items-cibles, des patients amnésiques avec des lésions diencephaliques (la plupart présentant un syndrome de Korsakoff, ainsi que quelques patients souffrant de lésions diencephaliques d'étiologie vasculaire

---

<sup>6</sup> Hunkin et Parkin (1993) signalent que cette tâche donne lieu à un effet-plafond chez les participants normaux.

<sup>7</sup> Dans toutes les études réalisées par Parkin et ses collaborateurs utilisant un paradigme de discrimination de listes, le délai séparant la présentation des deux listes était de 3 minutes.

ou tumorale) avaient des performances de mémoire du contexte temporel inférieures à celles de patients amnésiques ayant une lésion temporale interne suite à une encéphalite herpétique. Ainsi, les patients ayant une amnésie diencephalique montraient un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel. Quant aux amnésiques dont la lésion affectait le lobe temporal interne, ils obtenaient un pourcentage de discrimination correcte de listes équivalent à celui des participants de contrôle, mais leurs performances apparaissaient légèrement déficitaires lorsque les scores de reconnaissance des items-cibles étaient pris en compte dans un score corrigé<sup>8</sup>. De plus, les performances en reconnaissance et en discrimination de liste étaient significativement corrélées chez les patients temporaux, ce qui suggère, selon Hunkin et al., que ces patients présentent une altération générale de la mémoire qui affecte tant la mémoire pour l'information cible que la mémoire pour l'information temporelle.

Plus récemment, l'étude de Kopelman et al. (1997 ; décrite précédemment) a montré un déficit dans une tâche de discrimination de listes chez des patients Korsakoff alors que les performances en reconnaissance des items-cibles étaient égalisées entre les patients et les participants de contrôle. Les performances des patients Korsakoff étaient nettement plus altérées que celles des patients ayant une lésion touchant le lobe temporal interne, dont les performances étaient faibles, mais pas significativement déficitaires. Kopelman et al. ont attribué ce déficit de mémoire pour le contexte temporel observé chez les patients Korsakoff à la présence de lésions diencephaliques plutôt qu'à un dysfonctionnement frontal. En effet, la plupart des patients Korsakoff ne montraient pas d'atrophie frontale à l'examen par résonance magnétique (IRM) et leurs performances de mémoire temporelle ne corrôlaient pas avec des mesures du fonctionnement exécutif, telles que les fluences verbales, le WCST et le test d'estimation cognitive.

Parkin et Hunkin (1993) ont en outre montré qu'une atteinte limitée aux structures diencephaliques est suffisante pour entraîner un trouble de mémoire du contexte temporel, et ce dans une étude du cas menée auprès d'un patient (RK) qui était devenu amnésique suite au développement d'un gliome hypothalamique. Ce patient était incapable d'indiquer dans laquelle parmi deux listes consécutives

---

<sup>8</sup> Le score corrigé (ou score z) est calculé comme suit :  $(r - x) / SD$ , où r = le nombre d'items attribués à la liste correcte, x = n p, n = le nombre d'items-cibles reconnus, p = la probabilité d'attribuer un item à la liste correcte au hasard,  $SD = \sqrt{(n p q)}$  avec  $q = (1 - p)$ .

des phrases avaient été présentées. Ce déficit apparaissait malgré une reconnaissance relativement normale des phrases elles-mêmes. En outre, l'altération des performances du patient en discrimination de listes était comparable à celle observée dans un groupe de patients souffrant d'un syndrome de Korsakoff. Enfin, RK ne se distinguait pas des participants de contrôle dans une tâche nécessitant de préciser quand certaines personnes célèbres étaient décédées (Dead and Alive Test, Kapur, Young, Bateman, & Kennedy, 1989), ce qui suggère que ses difficultés affectaient l'acquisition des informations d'ordre temporel, plutôt que leur récupération. Un profil similaire, caractérisé par un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel pour du matériel verbal et non verbal, et apparent uniquement dans des tests de mémoire antérograde, a également été décrit par Parkin et al. (1994) chez un patient (JR) devenu amnésique à la suite d'un problème vasculaire ayant entraîné une lésion du thalamus gauche, touchant principalement le faisceau mamillo-thalamique et le noyau dorsomédian. Enfin, Shuren, Jacobs et Heilman (1997) ont également décrit un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel, limité au matériel non verbal, chez un patient présentant une lésion d'origine vasculaire et affectant le noyau dorsomédian du thalamus droit. Ce déficit important observé trois mois après l'accident vasculaire a cependant disparu quatre mois plus tard.

Enfin, le cas du patient décrit par Bowers, Verfaellie, Valenstein et Heilman (1988) suggère également qu'un déficit disproportionné dans des mesures antérogades de mémoire pour l'information temporelle peut survenir suite à une atteinte des voies reliant le diencephale et l'hippocampe. Le patient TR était en effet devenu amnésique suite à une lésion rétrospnéiale gauche, qui déconnectait l'hippocampe et le thalamus. Un examen en TEP montrait chez ce patient un hypométabolisme dans le thalamus gauche, mais pas de changement significatif du métabolisme dans les régions temporales internes (Heilman et al., 1990). Le patient TR présentait un déficit dans l'acquisition de l'information temporelle concernant de nouveaux items. En effet, il était incapable de juger dans laquelle parmi deux listes un item était apparu que ce soit sur matériel verbal ou non verbal. Il présentait également des performances déficitaires dans une tâche de jugements de récence continus<sup>9</sup>, principalement sur matériel verbal. Ce déficit ne

---

<sup>9</sup> Plus précisément, les performances de jugement de récence du patient étaient déficitaires lorsqu'il y avait 0, 4 ou 16 items séparant l'essai de test et l'item le plus récent de la paire testée (l'intervalle entre les deux items d'une paire étant toujours de 5 items).

pouvait s'expliquer ni par un problème de mémoire des items (car sa performance de reconnaissance des items était bonne), ni par un dysfonctionnement frontal (car TR ne montrait pas de signe d'atteinte frontale ni à l'examen neuropsychologique, ni à l'examen neuroanatomique). Par ailleurs, le patient était parfaitement capable de récupérer les informations d'ordre temporel pour des souvenirs prémorbides (par exemple, il pouvait ordonner correctement des événements publics survenus entre 1930 et 1980).

En bref, ces différentes données suggèrent que les patients amnésiques présentant des lésions diencephaliques manifesteraient un déficit disproportionné dans des tâches de mémoire du contexte temporel, contrairement aux patients amnésiques dont les lésions touchent le lobe temporal interne.

Cependant, cette proposition a été contestée par certaines études (Downes, Mayes, MacDonald et Hunkin, 2002 ; Kopelman, 1989). Par exemple, Kopelman (1989) a observé un déficit de discrimination de listes chez des patients amnésiques Korsakoff, comme chez des patients souffrant de la maladie d'Alzheimer (chez qui les atteintes cérébrales seraient plutôt focalisées sur le lobe temporal interne), et ce dans une condition où les patients disposaient de plus de temps pour étudier les items que les participants normaux afin d'égaliser les performances de reconnaissance des différents groupes. Plus récemment, Downes et al. (2002) ont administré une tâche de discrimination de listes de mots à un groupe de patients amnésiques souffrant d'un syndrome de Korsakoff et un groupe de patients amnésiques dont les lésions touchaient le lobe temporal interne, ainsi qu'à un groupe de participants de contrôle appariés. Les performances des patients et des participants normaux ont été égalisées en augmentant le temps de présentation des mots pour les patients. Contrairement aux résultats rapportés par Parkin et ses collaborateurs (Parkin et al., 1990 ; Hunkin & Parkin, 1993 ; Hunkin et al., 1994), les deux groupes de patients amnésiques montraient tous deux un déficit disproportionné de discrimination de listes. Cependant, comme les scores des deux groupes se trouvaient au niveau du

---

Paradoxalement, ses performances étaient parfaites lorsque l'intervalle était de 8 items, ce que les auteurs ont expliqué en supposant que, dans cette condition, la trace de l'item le plus ancien était suffisamment appauvrie pour que la comparaison des forces des deux traces permettent d'identifier facilement l'item le plus récent. Par contre, dans les autres conditions, les deux traces seraient soit également fortes (intervalle 0 et 4), soit également appauvries (intervalle 16).

hasard, il n'était pas possible de déterminer si le déficit était plus sévère chez les amnésiques diencephaliques que chez les amnésiques avec lésion temporale interne. En outre, les scores de mémoire du contexte temporel ne corrôlaient significativement avec aucune mesure exécutive (fluences verbales, WCST, test d'estimation cognitive). De plus, les performances de discrimination de listes étaient déficitaires même chez des patients qui ne présentaient aucune atteinte frontale lors de l'examen par IRM.

### *L'hippocampe*

Les études ayant exploré la mémoire pour l'information temporelle chez des patients amnésiques dont les lésions touchent les structures du lobe temporal interne, et plus spécifiquement l'hippocampe, ont fourni des données contradictoires. D'une part, certaines études ont montré que ces patients avaient des capacités intactes pour effectuer des jugements temporels, malgré un trouble de mémoire pour les informations-cibles. Par exemple, Milner et al. (1991) ont trouvé que des patients avec des lésions touchant le lobe temporal interne droit obtenaient de bonnes performances de jugement de récence, en dépit d'une incapacité à reconnaître les items constitués de peintures abstraites. Par ailleurs, le patient amnésique HM<sup>10</sup> s'est également avéré capable de réaliser des jugements de récence sur du matériel verbal et non verbal, alors que ses performances en reconnaissance des items étaient très déficitaires (Sagar, Gabrieli, Sullivan et Corkin, 1990).

D'autre part, des auteurs comme Parkin et ses collaborateurs (Parkin et al., 1990 ; Hunkin & Parkin, 1993 ; Hunkin et al., 1994) ont suggéré que les patients amnésiques temporaux pouvaient manifester des difficultés dans des tâches de mémoire du contexte temporel (en l'occurrence, des tâches de jugements de récence ou de discrimination de listes), mais qu'elles n'étaient pas plus sévères que leurs difficultés à se souvenir des événements eux-mêmes. D'autres études ont également rapporté des déficits à la fois dans des tâches de rappel et de reconnaissance des items-cibles et dans des tâches de jugements de récence ou de reconstruction de l'ordre sériel (Hopkins, Kesner, & Goldstein, 1995 ; Kesner,

---

<sup>10</sup> Le patient HM, initialement décrit par Scoville et Milner (1957), présentait une lésion hippocampique bilatérale suite à une résection des lobes temporaux, réalisée pour traiter une épilepsie.



Hopkins, & Chiba, 1992 ; Shimamura, Janowsky, et Squire, 1990) chez des patients temporaux. En particulier, Kesner et al. (1992) ont observé un effet de la latéralité de la lésion. Alors que les patients avec une lésion du lobe temporal droit montraient un déficit de reconnaissance des items et de jugement de récence lorsque le matériel était constitué de localisations spatiales (mais pas lorsqu'il s'agissait de mots), les patients ayant une lésion temporale localisée à gauche présentaient des performances déficitaires de reconnaissance de l'item et de jugement de récence pour des mots (mais pas pour des localisations spatiales).

Ces études semblent donc indiquer que les structures du lobe temporal interne (dont l'hippocampe) ne seraient pas impliquées dans la mémoire du contexte temporel en particulier, et que lorsque des difficultés apparaissent dans des tâches de jugement de récence ou de discrimination de listes, elles seraient la conséquence d'un trouble de mémoire plus général qui altère également le souvenir des items cibles.

Cependant, la méthode la plus appropriée pour déterminer s'il existe ou non un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel chez les patients amnésiques ayant des lésions hippocampiques ou temporales internes consisterait à examiner la capacité des patients à effectuer des jugements temporels dans une condition où leurs performances en reconnaissance des items cibles ont été égalisées avec celles des participants normaux (Downes et al., 2002). Les études qui ont utilisé cette méthode d'appariement ont montré un déficit disproportionné dans une tâche de discrimination de listes suite à une lésion du lobe temporal interne (Downes et al., 2002) ou à tout le moins, une tendance dans cette direction (Kopelman et al., 1997).

Récemment, Mayes et al. (2001) ont rapporté des données qui suggèrent que l'hippocampe lui-même pourrait jouer un rôle particulier dans le traitement de l'information temporelle en mémoire épisodique. Dans cette étude, la patiente YR, souffrant d'une lésion bilatérale sélective de l'hippocampe, présentait un déficit de mémoire du contexte temporel dans trois types de tâches différents : une tâche de discrimination de listes, une tâche de reconstruction de l'ordre sériel des items d'une liste et une tâche de reconnaissance de l'ordre d'une série d'items. Ce déficit apparaissait malgré le fait que la patiente était capable de reconnaître les items-cibles. En outre, la patiente YR était capable d'indiquer si deux mots avaient été présentés ensemble lors de la phase d'étude (reconnaissance d'associations entre

deux mots), mais elle ne se souvenait pas de l'ordre dans lequel les deux mots d'une paire avaient été présentés. Selon Mayes et al. (2001), ces résultats indiquent donc qu'une lésion sélective de l'hippocampe n'altère pas la reconnaissance des items basée sur la familiarité, ni la reconnaissance d'associations entre des informations du même type (représentées dans une même région corticale ; comme par exemple, des associations entre deux mots). Par contre, une atteinte limitée à l'hippocampe perturbe la reconnaissance d'associations entre des informations de types différents, qui sont représentées dans des régions corticales différentes, telles que des associations entre différents types d'items (par exemple, des visages et des voix), entre un item et un élément contextuel (par exemple, un objet et sa position spatiale) ou deux items du même type lié par une relation particulière (comme l'ordre temporel de deux mots).

Enfin, Yasuno et al. (1999) ont rapporté le cas d'une patiente qui présentait, suite à une tumeur, une lésion bilatérale impliquant le fornix et les parties antérieures du thalamus. Cette patiente manifestait des difficultés à ordonner des événements publics survenus avant l'installation de sa lésion, qu'elle était pourtant capable de reconnaître correctement. Malheureusement, la mémoire pour l'ordre temporel n'a pas été évaluée au moyen de tests de mémoire antérograde. Quoiqu'il en soit, ces données sont intrigantes, car, généralement, les patients amnésiques ayant des lésions diencephaliques sont capables de retrouver l'ordre temporel pour des informations acquises avant l'installation de la lésion (Bowers et al., 1988 ; Parkin et Hunkin, 1993). Par contre, un trouble de mémoire du contexte temporel dans des tests de mémoire rétrograde a été décrit chez des patients frontaux (Shimamura et al., 1990). Or, la patiente décrite par Yasuno et al. ne montrait aucun signe d'atteinte frontale. Les auteurs ont attribué ce déficit de mémoire pour l'ordre temporel d'informations prémorbides à une déconnection du lobe frontal et de l'hippocampe, résultant de l'atteinte du fornix.

### **3.2 Données issues de l'imagerie cérébrale**

Relativement peu d'études en imagerie cérébrale ont été consacrées à l'exploration des régions impliquées dans la mémoire du contexte temporel chez les participants sains. Une des premières recherches ayant abordé cette question est l'étude en TEP menée par Nyberg, McIntosh, Cabeza, Habib, Houle et Tulving (1996). Nyberg et al. ont observé que le fait d'encoder un mot et son appartenance

à l'une parmi deux listes activait le gyrus fusiforme gauche par rapport à l'encodage du mot seul. Par contre, lors de la phase de récupération, le fait de discriminer à quelle liste les mots étudiés appartenaient était spécifiquement associé à une activation du cortex cingulaire antérieur.

Dans une autre étude en TEP, Cabeza, Mangels, et al. (1997) ont comparé les modifications du débit sanguin cérébral associées à une tâche de jugement de récence et à une tâche de reconnaissance à choix forcé de mots, dans des conditions où les deux types de tâches étaient de difficulté comparable (c'est-à-dire conduisant à des performances équivalentes). Les résultats ont montré que, par rapport à la reconnaissance des items, les jugements de récence étaient associés à une augmentation de l'activation dans un réseau impliquant le cortex préfrontal dorsolatéral (de l'aire BA 6 à l'aire BA 9) bilatéralement, mais plus fortement à droite, ainsi que des régions postérieures, dont le cortex pariétal latéral droit, le cunéus et le précunéus. Par contre, lorsque la reconnaissance des items était comparée avec les jugements de récence, les activations concernaient principalement la partie antérieure du lobe temporal interne bilatéralement et les régions basales sous-frontales. En 2000, Cabeza, Anderson, Houle, Mangels et Nyberg ont globalement reproduit ces résultats chez des participants jeunes, en observant une activation dans la région préfrontale droite, ainsi que dans les régions pariéto-occipitales, plus importante lors de la tâche de jugement de récence que lors de la tâche de reconnaissance à choix forcé des mots. Par contre, chez des participants âgés, cette augmentation de l'activation préfrontale droite pendant la tâche de jugement de récence n'a pas été observée. En outre, les participants âgés obtenaient des performances inférieures à celles des participants jeunes dans cette tâche.

Une activation bilatérale du cortex préfrontal dorsolatéral (surtout au niveau de l'aire BA 9) a également été observée dans une tâche de jugement de récence par Zorrilla, Aguirre, Zarahn, Cannon, et D'Esposito (1996) dans une étude en IRMf. Notons toutefois que, dans ce travail, le contraste impliquait une tâche de contrôle non mnésique relativement simple, consistant à identifier lequel parmi trois mots n'était pas identique aux deux autres. On ne peut donc exclure que l'activation frontale pourrait être due à la plus grande difficulté de la tâche expérimentale.

Par ailleurs, dans une étude en IRMf, Henson, Shallice et Dolan (1999) ont examiné les activations cérébrales associées à trois conditions de reconnaissance,

dans une tâche de type oui/non, et utilisant la procédure de dissociation des processus (voir chapitre 1, point 5.1.3). Lors de la phase d'étude, deux listes de mots étaient présentées, chaque mot apparaissant soit en haut de l'écran, soit au bas de l'écran. Lors de la phase de test, les trois conditions expérimentales étaient les suivantes : une condition d'inclusion où il fallait reconnaître tous les mots étudiés, une condition d'exclusion spatiale où les participants ne devaient reconnaître que les mots étant apparus dans une position spatiale précise, et une condition d'exclusion temporelle où les mots ne devaient être reconnus que s'ils avaient été présentés dans une des listes. Une condition de contrôle était également prévue, consistant à répondre lorsqu'un certain mot apparaissait lors d'une alternance aléatoire de deux mots. Les résultats ont montré que, par rapport à la condition d'inclusion, les deux conditions d'exclusion produisaient une plus grande activation du cortex préfrontal dorsolatéral bilatéralement (région BA 46) et du cortex pariétal supérieur postérieur gauche. Pour Henson et al., le cortex préfrontal dorsolatéral sous-tendrait le processus de contrôle de la source, au cours duquel le sentiment de familiarité associé aux items étudiés doit être vérifié en récupérant explicitement le contexte d'apprentissage. De plus, le cortex préfrontal ventral droit était plus activé lors des trois conditions de reconnaissance que dans la condition de contrôle. Cette région serait impliquée, selon les auteurs, dans la spécification des indices de récupération.

Ces études d'imagerie renforcent donc les données neuropsychologiques suggérant un rôle important des régions préfrontales dans la mémoire du contexte temporel. La nature exacte de ce rôle n'est cependant pas claire.

Enfin, dans une autre étude en IRMf, Suzuki et al. (2002) ont également examiné les activations cérébrales spécifiquement associées à la mémoire de l'ordre temporel et à la reconnaissance des items. Dans ce travail, les participants devaient apprendre une première liste d'images le matin et une deuxième liste d'images l'après-midi, et seule la phase de test (réalisée le même jour) s'effectuait durant l'examen en IRMf. Lors de chaque essai de test, on présentait aux participants des paires d'images. Trois tâches différentes leur étaient proposées : (1) une tâche de mémoire de l'ordre temporel entre deux listes, où les participants devaient indiquer laquelle parmi les deux images avait été montrée pendant la session de l'après-midi ; (2) une tâche de mémoire de l'ordre temporel au sein d'une liste, où les participants devaient choisir parmi deux images appartenant à la

même liste celle qui avait été présentée après l'autre ; et (3) une tâche de reconnaissance des images, consistant à indiquer si les deux images avaient été étudiées ou non. Par rapport à la tâche de reconnaissance des items, les deux tâches de mémoire pour l'information temporelle activaient les gyri frontaux inférieur et moyen bilatéralement, le lobe occipital bilatéralement, le cortex frontal interne, le gyrus cingulaire postérieur gauche et le thalamus gauche. De manière intéressante, la comparaison des deux tâches temporelles indiquait une activation différente des régions frontales. Tandis que la tâche de mémoire de l'ordre temporel entre deux listes activait le gyrus frontal inférieur droit, la tâche de mémoire de l'ordre temporel au sein d'une liste activait le gyrus frontal moyen gauche. Ainsi, les processus intervenant dans ces deux types de tâches seraient sous-tendus par des réseaux cérébraux différents, bien que recrutant des régions cérébrales communes. Selon Suzuki et al., il se pourrait que, dans la tâche de mémoire de l'ordre temporel inter-listes, les participants ont pu utiliser davantage d'informations contextuelles (concernant par exemple des différences entre les sessions expérimentales, entre les moments de la journée, dans l'état physique du participant...) pour situer les items dans le temps que dans la tâche d'ordre temporel intra-liste. Une autre possibilité suggérée par Suzuki et al. serait que les deux types de tâches impliquent des stratégies différentes. Par exemple, afin d'identifier lequel des deux items a été présenté l'après-midi, il serait suffisant de récupérer des informations concernant un seul des items. Par contre, lorsqu'il s'agit de retrouver l'ordre de deux items au sein d'une même liste, il serait nécessaire de récupérer des informations à propos des deux items. Enfin, les auteurs notent que l'activation thalamique observée dans les deux tâches, et qui n'avait été rapportée par aucune des études précédentes, est en accord avec les études neuropsychologiques qui ont montré un déficit de mémoire du contexte temporel chez des patients diencéphaliques (Parkin & Hunkin, 1993 ; Parkin et al., 1994 ; Shuren et al., 1997).

### **3.3 Rôle du cortex préfrontal, du diencéphale et de l'hippocampe dans la mémoire de l'information temporelle**

#### ***Cortex préfrontal***

Classiquement, les auteurs ayant examiné les effets d'une atteinte frontale sur la mémoire de l'ordre temporel ont interprété la contribution du cortex préfrontal de

deux manières. Pour certains, les régions frontales seraient responsables de l'encodage automatique de l'information temporelle (Milner et al., 1991 ; Schacter, 1987). De manière plus spécifique, Schacter (1987) a proposé que les lobes frontaux joueraient un rôle important dans un mécanisme automatique de segmentation des événements en cours en unités temporellement distinctes (un mécanisme de « chunking contextuel » selon Pribram & Tubbs, 1967). Pour Schacter, si un individu n'est plus capable, suite à une lésion frontale, d'effectuer cette segmentation des expériences, il pourra se souvenir du contenu des événements récents, mais pas des caractéristiques temporelles qui rendent chaque événement unique.

D'autres auteurs ont interprété l'intervention des régions frontales dans la mémoire de l'information temporelle comme reflétant le rôle plus général de ces régions dans les fonctions exécutives (Baddeley, 1986 ; Burgess, 1997). Dans cette perspective, une lésion frontale entraînerait un déficit de mémoire de l'information temporelle lorsque l'encodage et la récupération de cette information nécessite des stratégies contrôlées d'organisation, nécessitant l'allocation de ressources attentionnelles (Moscovitch, 1989 ; Mangels, 1997). Les données de McAndrews et Milner (1991), Butters et al. (1994) et Mangels (1997) semblent appuyer cette hypothèse dans la mesure où elles montrent que les performances des patients frontaux sont altérées dans des conditions d'encodage qui nécessitent des stratégies d'organisation sérielle (Mangels, 1997) ou du moins un traitement élaboré de l'information (Butters et al., 1994). Par contre, les patients frontaux obtiennent des performances équivalentes à celles des participants normaux dans des conditions qui n'induisent pas la mise en place de stratégie d'encodage particulière (conditions d'encodage incident du contexte temporel). Selon Mangels (1997), ces données semblent indiquer une préservation du codage automatique de l'ordre temporel des événements chez les patients présentant des lésions frontales.

Dans le cadre de la distinction entre des processus basés sur la distance et des processus basés sur la localisation, Friedman (2001) émet l'hypothèse que les régions frontales seraient particulièrement importantes pour les processus basés sur la localisation. Cette hypothèse rejoint en partie la proposition qui attribue aux régions frontales une fonction exécutive plus générale dans le traitement mnésique de l'information temporelle. En effet, les processus basés sur la localisation

impliquent une reconstruction stratégique du moment d'apparition d'un événement, via la mise en parallèle des informations contextuelles associées à l'événement et des connaissances générales sur des structures temporelles, ainsi que des inférences permettant de déterminer le plus précisément possible une position dans le temps. Friedman (2001) se base sur deux types de données pour suggérer un lien entre les processus basés sur la localisation et les régions frontales. D'une part, le fait qu'un trouble de mémoire pour l'ordre temporel apparaît chez ces patients pour des informations acquises avant l'installation de la lésion (Shimamura et al., 1990) suggère que les difficultés apparaissent lors de la phase de récupération. Pour Friedman (2001), cela pourrait indiquer que les lésions frontales entravent l'utilisation des informations qui ont été associées à l'événement-cible lors de l'encodage pour reconstruire le contexte temporel de l'événement. D'autre part, l'existence d'un trouble général dans l'utilisation d'inférences stratégiques apparaît chez les patients frontaux dans des tâches comme le test d'estimation cognitive qui nécessite de donner une réponse plausible à une question à laquelle il est difficile de répondre sur base des connaissances générales (Shallice & Evans, 1978) ou dans un test consistant à estimer le prix d'objets de la vie quotidienne (Smith & Milner, 1984).

Enfin, quelques études (Kopelman et al., 1997 ; Mangels, 1997 ; Milner et al., 1991) ont suggéré qu'au sein des régions frontales, le cortex préfrontal dorsolatéral, serait la structure principalement impliquée dans la mémoire de l'ordre temporel. Pour Henson et al. (1999), les régions préfrontales dorsolatérales seraient responsables des processus de contrôle de la source qui interviennent lorsqu'une information a été récupérée en mémoire épisodique, dans le but de s'assurer qu'il s'agit bien d'un épisode vécu.

### ***Diencephale et hippocampe***

Deux hypothèses différentes ont été formulées quant aux rôles que les structures diencephaliques et l'hippocampe pourraient jouer dans la mémoire du contexte temporel.

*L'hypothèse de Parkin (1992)*

Pour Parkin et ses collaborateurs (Hunkin et Parkin, 1993 ; Parkin, 1992), une lésion touchant les régions diencephaliques et une lésion touchant les lobes frontaux pourraient toutes deux provoquer des troubles de mémoire du contexte temporel, mais pour des raisons différentes. Tandis que les lobes frontaux gèreraient principalement l'**accès** aux informations temporelles stockées, les atteintes diencephaliques perturberaient plutôt l'**encodage** des informations qui fourniront par la suite la base des jugements temporels. Par ailleurs, le déficit de mémoire du contexte temporel qui est observé dans le syndrome de Korsakoff serait lié à l'atteinte des structures diencephaliques (corps mamillaires et thalamus), plutôt qu'à une atrophie frontale (voir aussi Kopelman et al., 1997).

De plus, Parkin (1992) propose que les structures diencephaliques et le lobe temporal interne joueraient des rôles différents dans la mémoire épisodique, étant donné les différences qu'ils observent dans les performances en mémoire du contexte temporel entre les patients amnésiques diencephaliques et temporaux. La conception de Parkin (1992) se base sur une distinction entre la mémoire pour l'information-cible (correspondant aux attributs qui permettent à un stimulus d'être identifié comme ayant été rencontré auparavant) et la mémoire pour le contexte (qui désigne les attributs qui permettent de caractériser le stimulus selon une dimension spatio-temporelle). De ce point de vue, l'encodage des informations contextuelles, en particulier du contexte temporel, se ferait via les régions thalamiques et les projections vers le cortex préfrontal dorsolatéral. Ces informations contextuelles aboutiraient ensuite à l'hippocampe, avec d'autres informations définissant l'information-cible et qui proviendraient d'autres régions néocorticales. Le rôle de l'hippocampe serait d'intégrer et de consolider l'événement-cible et les informations contextuelles qui y sont associées.

Ainsi, chez les patients présentant une lésion diencephalique, l'encodage des informations contextuelles associées à un stimulus serait perturbé et l'hippocampe recevrait des attributs contextuels dégradés. Étant donné que l'hippocampe pourrait toujours avoir accès aux attributs relatifs à l'information-cible, le déficit de mémoire pour l'information contextuelle chez les amnésiques diencephaliques serait disproportionné par rapport à la mémoire pour l'information-cible. Par contre, chez les patients amnésiques ayant une lésion du lobe temporal interne, l'encodage contextuel serait relativement intact et leurs performances dans les



tests de mémoire contextuelle dépendraient de la capacité résiduelle de l'hippocampe endommagé de consolider les associations entre l'événement-cible et son contexte. Dans ce cas, la mémoire pour l'information-cible et la mémoire pour l'information contextuelle seraient altérées de la même manière.

Cette hypothèse a été appuyée par plusieurs études qui ont montré que les patients amnésiques avec lésion temporale interne présentaient un déficit équivalent de reconnaissance des items-cibles et de mémoire du contexte temporel, alors que les amnésiques diencephaliques manifestaient un déficit plus important dans les tâches de mémoire pour l'information temporelle (Hunkin & Parkin, 1993 ; Hunkin et al., 1994 ; Parkin et al., 1990). Cependant, une limite de ces études tient dans le fait que la mémoire pour l'information-cible et la mémoire pour le contexte temporel ont été évaluées au moyen de tâches différentes, l'une pouvant être plus facile que l'autre, de sorte qu'il n'est pas possible de déterminer si le déficit était plus sévère dans une tâche par rapport à l'autre. Selon Downes et al. (2002), il serait plus approprié d'apparier les performances en reconnaissance de l'information-cible entre les patients et les participants de contrôle afin de déterminer si les deux types d'amnésie donnent lieu ou non à un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel. Les études qui ont utilisé cette procédure d'appariement ont mis en évidence un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel chez les amnésiques temporaux (Downes et al., 2002), même si ce déficit est beaucoup moins important que dans le cas d'une amnésie diencephalique (Kopelman et al., 1997).

*L'hypothèse de Downes et al. (2002) et Mayes et al. (2001)*

Selon Downes et al. (2002) et Mayes et al. (2001), l'observation qu'une atteinte du lobe temporal interne, ou même une lésion sélective de l'hippocampe, peut provoquer un déficit disproportionné de mémoire du contexte temporel serait compatible avec le modèle de Aggleton et Brown (1999), plutôt qu'avec l'hypothèse de Parkin (1992). Pour rappel, Aggleton et Brown (1999) font une distinction entre deux circuits mnésiques. D'une part, le « système hippocampique étendu », qui inclut l'hippocampe, le fornix, les corps mamillaires et les noyaux antérieurs du thalamus, jouerait un rôle crucial dans la création des associations qui sous-tendent le processus de « recollection », c'est-à-dire des associations entre l'information-cible et son contexte spatial, temporel, émotionnel, etc. De

l'autre, le système comprenant le cortex périrhinal et ses connexions avec le noyau dorsomédian du thalamus serait davantage impliqué dans le traitement d'informations définissant l'information-cible, et il serait notamment impliqué dans la reconnaissance des items basée sur la familiarité.

Dans cette perspective, une lésion sélective du circuit hippocampique préserverait la reconnaissance des items basée sur la familiarité, mais ne permettrait plus la formation rapide d'associations entre un item et son contexte temporel, ni des associations temporelles entre des items de même type, comme l'ont montré Mayes et al. (2001). Dans le cas d'une lésion du lobe temporal interne plus étendue (touchant donc les deux circuits mnésiques), la reconnaissance des items-cibles et la mémoire du contexte temporel seraient toutes deux altérées. Néanmoins, le déficit contextuel devrait être plus important que le déficit de mémoire pour l'item. En effet, non seulement la lésion hippocampique altérerait la création d'associations item-contexte, mais viendrait s'ajouter à ce déficit, l'arrivée au niveau de l'hippocampe d'informations dégradées, relatives à l'item (en provenance du cortex périrhinal altéré). Ces informations dégradées rendraient d'autant plus difficile la construction de l'ordre temporel (Mayes et al., 2001).

Selon Aggleton et Brown (1999), les différents noyaux qui composent la région diencephalique font partie de deux systèmes fonctionnellement distincts. Si les lésions diencephaliques n'endommagent que le circuit hippocampique, on devrait donc s'attendre à un trouble fonctionnellement équivalent à celui des patients amnésiques dont la lésion touche sélectivement l'hippocampe. Par contre, si les structures diencephaliques affectées par la lésion font partie des deux circuits, on s'attend à un trouble similaire à celui observé après une lésion étendue du lobe temporal interne. Dans le cas du syndrome de Korsakoff, les lésions touchant les corps mamillaires et les noyaux antérieurs du thalamus, habituellement observées dans cette pathologie (Harding et al., 2000 ; Mayes et al., 1988), pourraient provoquer, dans le cadre du modèle de Aggleton et Brown (1999), les mêmes troubles mnésiques qu'une lésion hippocampique. Par ailleurs, s'il s'y ajoute une atteinte des noyaux dorsomédians du thalamus (Shimamura et al., 1988 ; Mair et al., 1979), les deux circuits seraient perturbés. Il se pourrait toutefois que ces prédictions dépendent de l'identification des lésions considérées comme suffisantes pour produire une amnésie chez les patients souffrant d'un syndrome de Korsakoff d'origine alcoolique. Or, cette question n'est pas encore résolue. En

effet, Harding et al., (2000) ont suggéré qu'une dégénérescence des noyaux antérieurs du thalamus était critique pour observer une amnésie chez les patients Korsakoff. Par contre, ils ont constaté que les atteintes du cortex préfrontal, des régions basales sous-frontales, des corps mamillaires et des noyaux dorsomédians du thalamus ne permettaient pas de distinguer les patients Korsakoff amnésiques de ceux qui ne souffraient pas d'amnésie.

Enfin, Mayes et al. (2001) soulignent que les tâches dans lesquelles les patients amnésiques temporaires obtiennent des performances normales sont des tâches de jugements de récence (Milner et al., 1991 ; Sagar et al., 1990). Ces tâches pourraient mettre en oeuvre des processus différents des autres tâches de mémoire du contexte temporel (comme la discrimination de liste ou la reconstruction de l'ordre sériel), lesquelles ont généralement donné lieu à des performances déficitaires chez les patients amnésiques temporaires. En effet, selon Mayes et al., il se pourrait que les jugements de récence ne nécessitent pas obligatoirement la récupération d'une information temporelle, mais puissent être réalisés en comparant uniquement la familiarité des deux items testés. Chez les amnésiques, de tels jugements seraient facilités lorsque l'item le plus ancien a été oublié. Dans ces cas, pour décider lequel parmi les deux items est le plus récent, il suffirait de choisir l'item qui apparaît le plus familier.

#### **4. UNE PROCÉDURE POUR DISSOCIER LA CONTRIBUTION DES PROCESSUS BASÉS SUR LA DISTANCE ET DES PROCESSUS BASÉS SUR LA LOCALISATION DANS LA MÉMOIRE POUR L'INFORMATION TEMPORELLE**

Selon Friedman (1993, 2001), les tâches classiquement utilisées pour évaluer la mémoire pour l'information temporelle ne permettent pas de déterminer la contribution respective des processus basés sur la distance et des processus basés sur la localisation. Curran et Friedman (2003) ont dès lors proposé une méthode qui vise à favoriser le recours à l'un ou l'autre de ces processus dans le but de séparer la contribution de chacun d'entre eux.

Cette procédure se déroule sur deux journées. Les participants sont amenés à étudier trois listes d'images, une liste (liste 1) le premier jour et deux autres listes (listes 2 et 3) le deuxième jour. Le deuxième jour, ils sont soumis à deux tests de

mémoire du contexte temporel. Le contexte d'encodage est manipulé de sorte qu'il est identique pour les listes 1 et 2, mais est modifié pour la liste 3. En fait, le contexte est constitué de divers aspects de l'environnement dans lequel la liste est présentée et par le type de tâche réalisée lors de l'encodage des images. Les listes 1 et 2 sont étudiées dans une pièce A, sur un écran d'ordinateur de couleur X, et selon un jugement particulier (par exemple, indiquer dans quelle mesure l'image est agréable). La liste 3, quant à elle, est étudiée dans une pièce B, sur un écran d'une autre couleur, et selon un autre jugement (par exemple, indiquer dans quelle mesure l'image fait référence à un objet rencontré fréquemment dans la vie quotidienne). Les deux tests de mémoire du contexte temporel consistent en un test « Jour » et un test « Contexte ». Dans le test « Jour », les items de la liste 1 et une partie des items de la liste 2 sont présentés, mélangés à de nouveaux items. Pour chaque item, les participants doivent dire s'ils l'ont vu le premier jour (hier), le deuxième jour (aujourd'hui) ou si c'est un nouvel item. Dans cette condition, les éléments du contexte d'encodage étant identiques, les processus basés sur la localisation devraient être difficiles à mettre en oeuvre. Par ailleurs, les deux listes sont séparées par un intervalle assez long. Or, les processus basés sur la distance sont plus souvent utilisés lorsque le temps séparant deux événements est long plutôt que court (Friedman, 1996). De plus, dans l'étude de Curran & Friedman (2003), les participants sont encouragés à se baser sur leur impression (intuition) concernant le fait que l'image a été présentée « hier » ou « aujourd'hui ». Dans le test « Contexte », les items-cibles proviennent des listes 2 et 3 et sont mélangés à de nouveaux items. Les participants doivent indiquer s'ils ont vu chaque image dans la première ou la deuxième des listes vues « aujourd'hui » ou si elle est nouvelle. Dans ces conditions, l'intervalle de temps entre les deux listes est court, ce qui rend les processus basés sur la distance moins utiles. Par contre, il serait possible de discriminer les deux listes en se basant sur les caractéristiques du contexte d'encodage qui diffèrent entre les deux listes. De plus, il est suggéré aux participants qu'il pourrait être utile de se souvenir du contexte dans lequel les images ont été étudiées. Après chaque tâche, les participants remplissent un questionnaire concernant les stratégies qu'ils ont utilisées pour se souvenir de la liste d'apparition des images.

Les résultats aux questionnaires appuient l'idée selon laquelle les processus basés sur la distance sont plus souvent utilisés dans la tâche « Jour » et que les processus basés sur la localisation sont plus souvent mis en oeuvre dans la tâche

« Contexte ». L'analyse des temps de réaction dans les deux tâches est également en accord avec cette proposition puisque les temps de réaction sont plus longs dans la tâche « Contexte » que dans la tâche « Jour ». Or, les processus basés sur la localisation sont supposés prendre plus de temps que les processus basés sur la distance (Friedman, 1993, 1996, 2001).

Par ailleurs, un examen des potentiels évoqués (« event-related potentials », ERP) a montré que seule la tâche « Contexte » était associée à des potentiels plus positifs pour les réponses correctes que pour les réponses incorrectes au niveau des sites d'enregistrement frontaux et survenant entre 800 et 1800 ms après la présentation de l'item-test. Cette réponse électrophysiologique, connue sous le nom d'« effet frontal tardif », apparaissait donc uniquement en relation avec les processus basés sur la localisation. Cet « effet frontal tardif » a souvent été attribué aux processus d'évaluation post-récupération (Allan, Wilding, & Rugg, 1998 ; Allan, Wolf, Rosenthal, & Rugg, 2001 ; Wilding, 1999 ; Wilding & Rugg, 1997a, 1997b). Par ailleurs, comme la plus grande amplitude de l'« effet frontal tardif » dans la tâche « Contexte » par rapport à la tâche « Jour » est également associée au traitement des nouveaux items (pour lesquels aucune information en mémoire n'est récupérée), elle pourrait aussi refléter un effort de récupération ou un mode de récupération. Les processus d'évaluation post-récupération et/ou l'effort de récupération pourraient être des aspects importants des processus basés sur la localisation. Pour Curran et Friedman (2003), ces résultats semblent appuyer l'hypothèse d'une implication particulière des régions frontales dans les processus basés sur la localisation.

## 5. CONCLUSION

Plusieurs modèles théoriques ont été proposés pour rendre compte des processus impliqués dans le traitement mnésique de l'ordre temporel des événements. Certains modèles postulent l'existence d'une étiquette temporelle qui serait automatiquement associée aux événements. D'autres suggèrent au contraire que l'ordre temporel serait reconstruit quand il s'agit d'effectuer des jugements concernant la récence relative de deux événements ou de reproduire leur séquence de présentation. Selon Friedman (1993, 1996, 2001), plusieurs processus peuvent intervenir dans la mémoire du contexte temporel, dont les plus importants seraient les processus basés sur la distance et les processus basés sur

la localisation. Les processus basés sur la distance impliquent l'évaluation du temps qui s'est écoulé entre l'événement et le moment présent. La nature précise de ces processus n'est pas clairement précisée, mais Friedman (1993) propose qu'ils pourraient reposer sur une propriété générale des souvenirs, telle que la force de la trace mnésique ou leur vivacité. Les processus basés sur la localisation impliquent, quant à eux, de relier les événements à des patterns temporels connus, lesquels désignent les connaissances concernant la structure temporelle des événements naturels (par exemple, les saisons), sociaux (par exemple, les dates des jours de congé) ou personnels (par exemple, les grandes périodes de notre vie). Les participants reconstruiraient le moment où un événement s'est produit en interprétant les informations contextuelles associées à l'événement dans la trace mnésique en référence avec ces patterns temporels.

Les études neuropsychologiques et en imagerie cérébrale ont permis de montrer que les régions frontales (plus précisément, le cortex préfrontal dorsolatéral) sont particulièrement importantes pour la mémoire du contexte temporel. Certaines recherches semblent indiquer que les lobes frontaux soutendraient l'implémentation de stratégies nécessaires pour encoder et récupérer l'ordre temporel des événements. Dans la même ligne, Friedman (2001) a récemment fait l'hypothèse que les processus basés sur la localisation dépendraient des régions frontales. D'autres régions cérébrales ont cependant été associées à la mémoire du contexte temporel : les structures diencephaliques et l'hippocampe. Il existe actuellement un débat portant sur la question du rôle fonctionnel de ces deux régions cérébrales dans la mémoire du contexte temporel. Pour Parkin (1992), seul le diencephale serait spécifiquement impliqué dans l'encodage des informations temporelles. Par contre, Downes et al. (2002) et Mayes et al. (2001) ont proposé que des lésions diencephaliques pourraient avoir les mêmes conséquences sur les jugements d'ordre temporel qu'une lésion hippocampique si la structure atteinte au sein du diencephale fait partie du circuit impliquant l'hippocampe.

## Chapitre 5

# Vieillesse, reconnaissance et mémoire du contexte temporel

Les difficultés de mémoire épisodique sont très fréquentes chez les personnes âgées (Balota, Dolan, & Duchek, 2000 ; Zacks, Hasher, & Li, 2000). Cependant, tous les aspects de la mémoire épisodique ne sont pas affectés de la même manière par le vieillissement. Ainsi, parmi les tests standard de mémoire explicite, les difficultés liées à l'âge semblent plus importantes dans les tâches de rappel libre que dans les tâches de reconnaissance. Néanmoins, comme nous le verrons ultérieurement, la reconnaissance n'est pas complètement épargnée par les effets de l'âge. Par ailleurs, la mémoire pour les informations contextuelles est davantage perturbée dans le vieillissement que la mémoire pour les informations-cibles.

Dans ce chapitre, nous décrivons les modifications cérébrales observées dans le vieillissement ainsi que les modèles explicatifs traditionnels du vieillissement cognitif, avant de détailler les travaux qui ont spécifiquement examiné l'effet du vieillissement sur les processus de la reconnaissance, ainsi que sur la mémoire du contexte temporel.

### **1. CHANGEMENTS CÉRÉBRAUX LIÉS AU VIEILLESSEMENT**

Le vieillissement s'accompagne de changements cérébraux tant à un niveau structurel que fonctionnel. Ainsi, au niveau structurel, des études en IRM volumétrique ont montré une réduction du volume cérébral avec l'âge (pour une revue, voir Raz, 1996). Par ailleurs, une diminution de l'arborescence des dendrites et une réduction de l'activité synaptique (Bertoni-Freddari, Fattoretti,

Casoli, Caselli, & Meier-Ruge, 1996) contribuent à perturber les connexions entre les neurones. Enfin, des changements physiologiques ont été observés, se manifestant par une réduction modérée du flux sanguin cérébral régional et du taux de consommation d'oxygène dans le cerveau (Madden & Hoffman, 1997).

Il apparaît toutefois que les changements cérébraux dans le vieillissement sont plus marqués dans certaines régions que dans d'autres. Ainsi, les régions les plus affectées par l'âge sont le cortex préfrontal et la formation hippocampique (Raz, 2000 ; Reuter-Lorenz, 2000 ; Uylings & de Brabander, 2002). Etant donné que ces deux structures contribuent au bon fonctionnement de la mémoire épisodique, les différences liées à l'âge dans les performances mnésiques pourraient dès lors être associées, du moins en partie, au déclin structurel et métabolique de ces régions.

Par ailleurs, des études d'imagerie cérébrale fonctionnelle ont montré que le vieillissement était souvent associé à des changements dans les activations cérébrales lors de l'encodage et de la récupération d'informations en mémoire épisodique. Tout d'abord, les personnes âgées activent moins les régions impliquées dans le fonctionnement de la mémoire épisodique que les personnes jeunes. Par exemple, Grady et al. (1995) ont montré que l'effet de l'âge sur les performances de reconnaissance de visages non familiers était associé à une réduction de l'activation de l'hippocampe droit et du cortex préfrontal gauche lors de l'encodage des visages chez les personnes âgées par rapport à des participants jeunes. La réduction d'activation dans ces régions a été interprétée comme conduisant à un moins bon encodage du matériel.

En outre, certains travaux ont mis en évidence, chez les personnes âgées, des activations de certaines régions qui n'étaient pas présentes chez les personnes jeunes. Par exemple, tandis que les personnes jeunes montrent une activation préfrontale droite lors de la récupération épisodique, les personnes âgées présentent une activation bilatérale du cortex préfrontal pour un matériel verbal (Bäckman et al., 1997 ; Cabeza, Anderson, Houle, Mangels, & Nyberg, 2000 ; Cabeza, Grady, et al., 1997 ; Madden et al., 1999) tout comme pour un matériel visuel (par exemple, des visages ; Grady, Bernstein, Beig, & Siegenthaler, 2002). Des différences liées à l'âge dans la connectivité fonctionnelle entre les structures cérébrales mises en oeuvre pour réaliser une tâche de mémoire épisodique ont également été mises en évidence. Par exemple, Grady, McIntosh et Craik (2003) ont observé que l'encodage d'images et de mots recrutait, chez les personnes



jeunes, un réseau reliant l'hippocampe, les régions frontales ventrales et les régions occipito-temporales. Chez les personnes âgées, par contre, l'encodage recrutait un réseau reliant l'hippocampe, les régions frontales dorsales et les régions temporales supérieures. De manière importante, l'activation de ces deux réseaux différents amenait à des performances de reconnaissance équivalentes dans les deux groupes. Ces résultats suggèrent que, chez les personnes jeunes, un encodage efficace nécessite un traitement perceptif des items (régions occipito-temporales) et un maintien temporaire des informations en mémoire (régions frontales ventrales), alors que chez les personnes âgées, un encodage efficace dépend davantage de processus stratégiques et de contrôle (cortex préfrontal dorsolatéral) et de traitements sémantiques et attentionnels (régions temporales supérieures).

L'hypothèse la plus fréquente pour rendre compte de ces résultats, en particulier ceux relatifs aux régions frontales, évoque un mécanisme visant à compenser un moins bon fonctionnement d'autres régions ou une moins bonne connectivité entre elles (Cabeza, 2002 ; Grady, 2000 ; Reuter-Lorenz, 2002). Cette interprétation peut donc signifier que les processus cognitifs sont réorganisés au niveau cérébral chez les personnes âgées, ou que les personnes âgées ont recours à d'autres processus cognitifs (qui activeraient d'autres régions cérébrales) que les personnes jeunes afin de réaliser la tâche. L'interprétation en termes de compensation serait particulièrement pertinente dans les situations où l'observation d'activation bilatérale chez les personnes âgées est associée à de bonnes performances cognitives (par exemple, Grady et al., 2002). Néanmoins, ces activations de régions supplémentaires ne s'accompagnent pas toujours de bonnes performances chez les personnes âgées (par exemple, Madden et al., 1999). Dans ces cas, elles pourraient refléter l'utilisation de stratégies différentes de celles adoptées par les personnes jeunes, mais possédant une efficacité limitée (Cabeza, 2002).

En résumé, le vieillissement normal s'accompagne de changements cérébraux structurels (diminution du volume cérébral, de l'activité synaptique...) plus marqués dans les régions frontales et temporales internes, ainsi que de changements fonctionnels impliquant à la fois une diminution d'activation dans des régions activées chez les personnes jeunes et une réorganisation des activations cérébrales, qui pourrait jouer un rôle compensatoire.

## 2. MODÈLES EXPLICATIFS DU VIEILLISSEMENT COGNITIF

Classiquement, deux manières d'interpréter les effets du vieillissement sur la cognition (et plus particulièrement sur la mémoire épisodique) peuvent être distinguées : les approches analytiques et les approches globales. Il faut noter que ces approches ne sont pas nécessairement incompatibles.

Selon les **approches analytiques**, le fonctionnement cognitif est décomposé en ses différents systèmes et processus, et l'objectif est d'identifier les composantes de traitement qui sont spécifiquement affectées par l'âge. Dans le domaine de la mémoire épisodique, il s'agit donc d'examiner si les difficultés observées chez les personnes âgées dans les tâches de rappel et de reconnaissance sont la conséquence de difficultés affectant spécifiquement l'un ou l'autre processus impliqué dans l'encodage, le stockage ou la récupération.

Les **approches globales**, quant à elles, attribuent la plus grande partie des effets de l'âge sur les performances cognitives à quelques facteurs généraux qui interviennent entre la variable « âge » et les composantes de traitement impliquées dans une tâche cognitive donnée (pour une revue, voir Park, 2000). Dans cette perspective, plusieurs auteurs ont suggéré que le déclin lié à l'âge dans les tâches de mémoire épisodique pouvait être en partie expliqué par quatre facteurs généraux : une réduction des ressources de la mémoire de travail (Craik & Byrd, 1982 ; Salthouse, 1991), un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information (Salthouse, 1996), un fonctionnement moins efficace des mécanismes d'inhibition qui empêchent habituellement les informations non pertinentes d'atteindre la mémoire de travail (Hasher & Zacks, 1988) et des changements d'ordre sensoriel (c'est-à-dire une diminution de l'acuité visuelle et auditive, Lindenberger & Baltes, 1994). Par exemple, plusieurs études ont montré qu'un ralentissement de la vitesse de traitement et une diminution des capacités de la mémoire de travail rendaient compte de la plus grande partie des différences liées à l'âge dans des tâches de mémoire épisodique, comme le rappel libre de mots et de textes et l'apprentissage d'associations entre des mots (Bryan & Luszcz, 1996 ; Hultsch, Hertzog, & Dixon, 1990 ; Kirasic, Allen, Dobson, & Binder, 1996 ; Luszcz & Bryan, 1999 ; Park et al., 1996 ; Salthouse, 1993 ; Salthouse & Babcock, 1991 ; Van der Linden et al., 1999). Dans ce contexte, un ralentissement de la vitesse de traitement et une réduction des ressources de la mémoire de travail empêcheraient

les personnes âgées de mener à bien les opérations mnésiques ou de sélectionner des stratégies efficaces d'encodage et/ou de récupération.

Récemment, est apparue une approche neurocognitive qui attribue les modifications cognitives liées à l'âge aux changements anatomiques qui surviennent dans les lobes frontaux. Plus spécifiquement, l'« **hypothèse d'un déclin frontal** » dans le vieillissement postule que les effets du vieillissement dans toute une série de domaines cognitifs sont sous-tendus par un mécanisme général : des changements liés à l'âge dans le contrôle exécutif dépendant du cortex préfrontal (West, 1996, 2000). Selon West (1996), le profil de performances des personnes âgées dans les tâches de mémoire serait similaire à celui des patients frontaux. Par exemple, comme les patients frontaux, les personnes âgées ont des difficultés dans les tâches de mémoire de source (Hashtroudi, Johnson, & Chrosniak, 1989 ; McIntyre & Craik, 1987 ; Spencer & Raz, 1994).

Cette hypothèse repose sur trois types de données. Premièrement, les lobes frontaux, auquel les fonctions exécutives sont associées (Burgess, 1997 ; Shallice, 1988), semblent être les régions les plus précocement affectées par le vieillissement (Raz, 2000 ; Reuter-Lorenz, 2000). Deuxièmement, les personnes âgées ont généralement des performances inférieures à celles des participants jeunes dans les tests neuropsychologiques évaluant les fonctions exécutives, tels que le Wisconsin Card Sorting Test, les tâches de fluences verbales, le test de Stroop, etc. (par exemple, Daigneault et al., 1992). Troisièmement, plusieurs études ont mis en évidence un lien entre diverses mesures exécutives et les performances dans certaines tâches de mémoire. Par exemple, Fabiani et Friedman (1997) ont observé chez les participants âgés une corrélation significative entre les scores au Wisconsin Card Sorting Test et les performances dans une tâche de jugements de récence (dans laquelle les participants devaient indiquer laquelle parmi deux images avait été étudiée le plus récemment). Une autre illustration des liens entre le fonctionnement frontal et des performances mnésiques est fournie par l'étude de Glisky, Polster et Routhieaux (1995). Ces auteurs ont divisé un groupe de 48 participants âgés en sous-groupes selon leurs résultats à des tests exécutifs (censés évaluer le fonctionnement frontal) et des tests de mémoire épisodique (considérés comme mesures du fonctionnement temporel interne). Ces sous-groupes isolaient dans un premier temps les participants avec un fonctionnement frontal « élevé » et « faible » et dans un

deuxième temps les participants avec des scores de mémoire épisodique « élevés » et « faibles ». Les participants ont été soumis à une tâche dans laquelle une liste de phrases était prononcée soit par une voix masculine, soit par une voix féminine. Par la suite, les participants réalisaient un test de mémoire pour l'information-cible (reconnaître les phrases étudiées parmi deux propositions) et un test de mémoire de source (indiquer si une phrase a été lue par un homme ou par une femme). Les résultats ont mis en évidence une double dissociation. D'une part, les participants âgés avec un fonctionnement frontal « faible » obtenaient de moins bonnes performances dans la tâche de mémoire de source que les participants avec un fonctionnement frontal « élevé », mais les deux sous-groupes ne différaient pas pour la reconnaissance de l'item. D'autre part, lorsque les participants âgés étaient répartis selon les capacités de mémoire épisodique, les participants avec mémoire épisodique « faible » présentaient de moins bonnes performances dans la tâche de reconnaissance de l'item que les participants avec mémoire épisodique « élevée », mais aucune différence entre les deux sous-groupes n'était observée dans la mémoire de source. Ces résultats suggèrent que les difficultés liées à l'âge dans la mémoire de source seraient associées à un dysfonctionnement frontal, tandis que l'effet de l'âge sur la mémoire pour l'information-cible serait associé à une perturbation des régions temporales internes.

L'hypothèse du déclin frontal comme explication du vieillissement cognitif a cependant fait l'objet de plusieurs critiques.

#### *Limites de l'hypothèse du déclin frontal dans le vieillissement*

Tout d'abord, comme cette hypothèse repose sur la démonstration de modifications cérébrales dans les régions frontales liées au vieillissement, il convient de nuancer la notion d'un lien direct entre les changements cérébraux et les changements cognitifs. Comme le soulignent Band, Ridderinkhof, & Segalowitz (2002), la perte de neurones et de dendrites n'a pas nécessairement un effet négatif sur le fonctionnement cognitif. Les auteurs rappellent qu'il peut s'agir d'un processus naturel qui permet d'éliminer les connexions non pertinentes et qui est visible particulièrement dans le développement. Par ailleurs, il existe un certain degré de plasticité dans le cerveau des personnes âgées (Scheibel, 1996), pouvant contribuer à une compensation de la perte neuronale. En outre,

l'observation d'activations cérébrales (notamment frontales) supplémentaires chez les personnes âgées par rapport aux personnes jeunes (Grady, 2000 ; Cabeza, 2002) suggère également que le vieillissement s'accompagne d'une réorganisation du fonctionnement cérébral. Dans cette perspective, les performances des personnes âgées dans une tâche ne devraient pas être vues uniquement comme le reflet de processus cognitifs qui déclinent avec l'âge, mais aussi comme le reflet de l'utilisation d'autres processus, parfois moins efficaces, par rapport aux personnes jeunes.

De plus, la validité des mesures exécutives utilisées pour évaluer l'intégrité des lobes frontaux a été mise en question (Rabbitt, 1997). En effet, pour être valide, une tâche « frontale » doit notamment être sensible aux atteintes frontales. Or, la performance dans certaines tâches, comme par exemple le WCST, est également altérée suite à des lésions touchant des régions cérébrales autres que les régions frontales (par exemple, Mountain & Snow-William, 1993). Par ailleurs, des performances préservées dans des tâches exécutives ont été décrites chez des patients frontaux (Burgess, 1997 ; Andrés & Van der Linden, 2001).

Enfin, Greenwood (2000a, 2000b) souligne que le vieillissement s'accompagne également de changements dans d'autres régions cérébrales, notamment les lobes temporaux internes, et que certaines difficultés mnésiques liées à l'âge pourraient résulter du dysfonctionnement de ces régions. Pour cet auteur, il est donc erroné d'expliquer exclusivement le vieillissement cognitif en termes de perturbation des régions frontales. Une théorie plus appropriée devrait, selon elle, tenir compte de modifications liées à l'âge dans les interactions entre diverses régions cérébrales, plutôt que d'un déclin sélectif d'une seule région.

Néanmoins, malgré ces critiques, l'« hypothèse frontale » du vieillissement cognitif reste intéressante en ce qu'elle permet d'expliquer certains effets de l'âge. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'elle n'explique pas tous les changements cognitifs liés à l'âge et que d'autres aspects (comme une réorganisation cérébrale ou des changements dans d'autres régions cérébrales impliquées dans certains processus) peuvent intervenir.

### 3. EFFETS DU VIEILLISSEMENT SUR LA MÉMOIRE ÉPISODIQUE

#### 3.1 Rappel et reconnaissance

Plusieurs études ont directement comparé les performances en rappel libre et en reconnaissance dans le vieillissement normal (Craik & McDowd, 1987 ; La Voie & Light, 1994 ; Nyberg et al., 2003 ; Whiting & Smith, 1997). Les résultats ont montré que les effets de l'âge étaient plus importants sur le rappel que sur la reconnaissance. Certains travaux ont également mis en évidence que les performances des personnes âgées en reconnaissance restaient équivalentes à celles de personnes jeunes (Park, Puglisi, & Smith, 1986). Ces données ont été interprétées comme indiquant que l'effet de l'âge est limité aux tâches qui exigent beaucoup de ressources de traitement (Craik & Jennings, 1992 ; Light, 1991). Dans la mesure où les tâches de rappel libre dépendent davantage de la mise en place de processus de récupération stratégiques que les tâches de reconnaissance, il semblerait dès lors que le vieillissement perturbe particulièrement la récupération active en mémoire épisodique.

Toutefois, un examen plus approfondi des performances en reconnaissance suggère que le vieillissement affecte également ce type de tâche. En effet, une analyse de l'effet de l'âge sur les différents processus impliqués dans la reconnaissance indique que le vieillissement est associé à une réduction sélective de la recollection.

Ainsi, plusieurs études ayant utilisé la procédure « je me souviens / je sais » ont montré que le vieillissement affectait la recollection plus que la familiarité (Clarys, Isingrini, & Gana, 2002 ; Java, 1996 ; Mäntylä, 1993 ; Maylor, 1995 ; Parkin & Walter, 1992 ; Perfect & Dasgupta, 1997 ; Perfect, Williams, & Anderton-Brown, 1995). Les études de Java (1996) et Mäntylä (1993) ont examiné l'utilisation des réponses « je me souviens / je sais » dans des tâches de rappel indicé. Java (1996) a montré que le vieillissement était associé à une diminution des réponses « je me souviens » dans un test de rappel indicé d'associations de mots, mais qu'il n'avait aucun effet sur les réponses « je sais ». Dans l'étude de Mäntylä (1993), des participants jeunes et âgés devaient rappeler des mots en se servant, comme indices, des associations qu'ils avaient générées lors de la phase d'étude. Pour chaque mot rappelé, ils devaient indiquer s'ils « se souvenaient » du

mot ou s'ils « savaient » qu'il était dans la liste d'étude. Les résultats ont montré une diminution de l'utilisation de la recollection chez les participants âgés comparativement aux participants jeunes, mais aucun effet de l'âge sur les jugements basés sur la familiarité.

Par ailleurs, Parkin et Walter (1992) ont demandé à des participants jeunes et âgés d'étudier une liste de mots, puis les ont soumis à une tâche de reconnaissance dans laquelle ils devaient effectuer des jugements « je me souviens / je sais » (les mots étudiés et de nouveaux mots étant tous présentés dans un ordre aléatoire sur une même feuille de papier). Les résultats ont montré une diminution liée à l'âge dans les performances globales de reconnaissance. De plus, les participants âgés donnaient plus de réponses « je sais » et moins de réponses « je me souviens » que les participants jeunes. Dans une première expérience, Perfect, Williams et Anderton-Brown (1995) ont répliqué ces résultats, montrant une diminution de la recollection et une augmentation de la familiarité chez les personnes âgées, mais ils n'ont pas observé de différence liée à l'âge dans les performances globales de reconnaissance. Cependant, dans une deuxième expérience, ils ont montré que lorsqu'on leur demandait d'encoder des mots de manière élaborée (former une image mentale pour chaque mot), les participants âgés ne montraient plus de diminution des réponses « je me souviens ». Les auteurs ont suggéré que le déclin de la recollection dans le vieillissement serait la conséquence d'une absence d'élaboration à l'encodage.

Perfect et Dasgupta (1997) ont apporté d'autres preuves allant dans le sens d'un manque d'élaboration de l'encodage comme explication de la diminution des réponses « je me souviens » dans le vieillissement. Dans cette étude, des participants jeunes et âgés étudiaient une liste de mots et de non-mots, et décrivaient oralement quelle stratégie ils employaient pour essayer de mémoriser chaque item. Lors du test de reconnaissance, les mots et non-mots étudiés étaient mélangés à de nouveaux items. Pour chaque item reconnu, les participants devaient classer leurs réponses comme des réponses « je me souviens » ou « je sais ». Les résultats ont montré une diminution des réponses « je me souviens » chez les participants âgés par rapport aux participants jeunes, mais pas d'effet sur les réponses « je sais ». De plus, l'effet de l'âge sur les réponses « je me souviens » disparaissait lorsqu'on contrôlait les différences dans l'utilisation des stratégies d'encodage (les personnes âgées rapportaient globalement moins de

stratégies que les participants jeunes, et notamment moins d'encodage élaboré pour les non-mots).

Comme évoqué dans le premier chapitre, les proportions de réponses « je sais » sous-estiment la contribution réelle de la familiarité à la performance si l'on considère que les deux processus sont indépendants. Lorsque les résultats des études qui ont utilisé le paradigme « je me souviens / je sais » sont réévalués en appliquant la correction proposée par Jacoby, Jennings et Yonelinas (1997), il apparaît que la plupart des études montrent que le vieillissement perturbe sélectivement la recollection, la familiarité restant intacte (Java, 1996 ; Parkin & Walter, 1992 ; Perfect et al., 1995, expérience 1). Toutefois, dans certains cas, les deux types de réponses semblent diminuer avec l'âge (Perfect & Dasgupta, 1997 ; Perfect et al., 1995, expérience 2b). Cependant, selon Yonelinas (2002), cette diminution de la familiarité estimée selon le postulat d'indépendance serait un artefact, lié à une proportion élevée de réponses « je me souviens » (supérieure à .60) et une proportion faible de réponses « je sais » chez les participants jeunes. Etant donné que le postulat d'indépendance considère qu'une partie des réponses « je me souviens » contient à la fois de la recollection et de la familiarité, l'estimation de la familiarité selon ce postulat serait très élevée chez les personnes jeunes et ne pourrait que diminuer chez les personnes âgées qui rapportent moins de réponses « je me souviens »

Signalons que les études qui ont exploré l'effet du vieillissement sur les estimations de la recollection et de la familiarité dans la procédure de dissociation des processus (Benjamin & Craik, 2001 ; Caldwell & Masson, 2001 ; Jacoby, 1999 ; Jennings & Jacoby, 1993, 1997) ont conduit aux mêmes conclusions : la recollection diminue avec l'âge, tandis que la familiarité reste intacte.

En accord avec l'hypothèse d'un déclin mnésique lié à l'âge associé à une altération du fonctionnement frontal (West, 1996, 2000), Parkin et Walter (1992) ont trouvé que la diminution de la recollection (évaluée par la procédure « je me souviens / je sais ») chez les participants âgés était corrélée aux scores dans les tests évaluant les fonctions exécutives (plus spécifiquement, le Wisconsin Card Sorting Test). Il faut toutefois noter que cette corrélation significative n'apparaissait que chez les participants les plus âgés (ayant en moyenne 81 ans). En revanche, d'autres études (Perfect et al., 1995 ; Perfect & Dasgupta, 1997) n'ont pas trouvé de lien entre fonctionnement frontal et recollection chez les personnes âgées. Par



exemple, Perfect et Dasgupta (1997) ont montré, par des analyses de régression, que le fait de contrôler les performances dans diverses mesures exécutives ne supprimait pas l'effet de l'âge sur les réponses « je me souviens ».

Plus récemment, Clarys et al. (2002) ont examiné dans quelle mesure des facteurs généraux, tels que la vitesse de traitement de l'information et les capacités de mémoire de travail, pouvaient rendre compte des différences liées à l'âge dans l'expérience de recollection. En utilisant un modèle de covariance structurel, ils ont constaté que l'effet de l'âge sur les réponses « je me souviens » dans une tâche de reconnaissance de mots pouvait s'expliquer entièrement par une réduction de la vitesse de traitement et une limitation des ressources de la mémoire de travail, et que l'influence de la vitesse de traitement expliquait elle-même l'effet de la mémoire de travail.

En résumé, le vieillissement normal affecte la capacité à rappeler des informations préalablement présentées, ainsi que la recollection dans une tâche de reconnaissance. En revanche, le processus de familiarité semble préservé chez les personnes âgées. La diminution de la recollection avec l'âge a été attribuée à une absence d'élaboration de l'encodage, un dysfonctionnement frontal, ou un ralentissement de la vitesse de traitement combinée à une réduction des ressources de la mémoire de travail.

### 3.2 Mémoire du contexte temporel

De nombreuses études ont montré que les personnes âgées avaient davantage de difficultés à se souvenir des informations contextuelles que de l'information-cible. Ainsi, un déclin lié à l'âge a été observé dans des tâches nécessitant de récupérer le contexte spatial (Naveh-Benjamin, 1988 ; Chalfonte & Johnson, 1996), la modalité de présentation de stimuli (McIntyre & Craik, 1987), quelle personne a prononcé un mot ou une phrase (Ferguson, Hashtroudi, & Johnson, 1992 ; Schacter, Osowiecki, Kaszniak, Kihlstrom, & Valdiserri, 1994), si des mots ont été lus ou générés par le participant (Rabinowitz, 1989) ou si une information a été apprise lors de la phase expérimentale ou via une autre source (Craik, Morris, Morris, & Loewen, 1990 ; Spencer & Raz, 1994). Par contre, les personnes âgées avaient moins, voire pas de difficultés à se souvenir des items eux-mêmes. Dans une méta-analyse examinant l'effet du vieillissement sur la mémoire des

informations-cibles et la mémoire du contexte, Spencer et Raz (1995) ont montré que les personnes âgées montraient un déclin des performances mnésiques plus importants pour les informations contextuelles que pour les informations-cibles. En outre, l'amplitude des différences liées à l'âge dans les tâches de mémoire du contexte n'était pas influencée par le type de test utilisé (rappel libre, rappel indicé ou reconnaissance), ni par le fait que l'encodage était incident ou intentionnel. Par contre, les performances des personnes âgées différaient selon le type d'informations contextuelles. Ainsi, l'effet du vieillissement était plus marqué pour les informations spatiales et temporelles que pour les informations contextuelles intrinsèques, telles que la couleur ou la taille des items-cibles.

Plusieurs travaux ont mis en évidence, chez les personnes âgées, des difficultés à se souvenir du moment où un événement est survenu, que les tâches impliquent des jugements de récence (Fabiani & Friedman, 1997 ; McCormack, 1982 ; Newman, Allen, & Kaszniak, 2001, mais voir Perlmutter, Metzger, Nezworski, & Miller, 1981, pour des résultats ne montrant pas d'effet de l'âge), une discrimination de listes (Daum, Gräber, Schugens, & Mayes, 1996 ; McCormack, 1984 ; Parkin, Walter, & Hunkin, 1995 ; Vakil & Tweedy, 1994 ; Wegesin, Jacobs, Zubin, Ventura, & Stern, 2000) ou une reconstruction de l'ordre de présentation (Dumas & Hartman, 2003 ; Kausler, Salthouse, & Sauls, 1988 ; Naveh-Benjamin, 1990 ; Schmitter-Edgecombe & Simpson, 2001 ; Spencer & Raz, 1994). Ainsi, par exemple, Fabiani et Friedman (1997), Newman et al. (2001), et Parkin et al. (1995) ont décrit un déclin disproportionné de la mémoire pour le contexte temporel par rapport à la mémoire pour l'item (évaluée au moyen de tâches de reconnaissance) dans le vieillissement normal.

Plusieurs travaux ont proposé que les difficultés des personnes âgées à se souvenir de l'information temporelle résultent d'un dysfonctionnement frontal, étant donné que la mémoire pour l'ordre temporel semble particulièrement vulnérable en cas de lésions frontales (par exemple, Kesner et al., 1994 ; Mangels, 1997 ; Milner et al., 1991). Cette hypothèse d'un déclin lié à l'âge dans les tâches de mémoire du contexte temporel résultant d'un dysfonctionnement frontal a été appuyée de manière indirecte par l'observation de corrélations significatives entre les scores dans des tests exécutifs (en particulier, le Wisconsin Card Sorting Test et les tâches de fluences verbales) et les performances de discrimination de listes (Parkin et al., 1995) ou de jugements de récence (Fabiani & Friedman, 1997). Par

ailleurs, dans une étude en TEP, Cabeza et al. (2000) ont constaté que la réalisation d'une tâche de jugements de récence était associée à une activation du cortex préfrontal droit chez des participants jeunes. Chez les personnes âgées, par contre, cette activation n'était pas présente et était reliée à leurs moins bonnes performances dans la tâche.

Cependant, très peu d'études ont tenté d'identifier si les difficultés de mémoire du contexte temporel observées chez les personnes âgées résultaient d'un trouble affectant l'encodage ou la récupération de l'information d'ordre temporel. Spencer et Raz (1994) ont suggéré qu'en raison d'une réduction de la capacité de la mémoire de travail dans le vieillissement, les personnes âgées concentraient leurs ressources de traitement sur l'encodage des événements-cibles, au détriment de l'information contextuelle. Plus récemment, Wegesin, Jacobs, Zubin, Ventura et Stern (2000) ont tenté de déterminer si la performance en discrimination de listes dans le vieillissement était influencée par la mise en place d'une stratégie d'encodage. Wesegin et al. (2000) ont présenté à un groupe de participants jeunes et deux groupes de participants âgés (« jeunes-âgés » ayant entre 63 et 73 ans et « âgés » ayant entre 74 et 87 ans) deux listes successives de mots appartenant à 4 catégories sémantiques, les catégories différant entre les listes. Dans une des listes, les mots étaient regroupés par catégorie, tandis que dans l'autre liste, les mots de chaque catégorie étaient mélangés de manière aléatoire. Lors de la phase de test, les participants devaient rappeler les mots, puis les reconnaître dans un test de type oui/non. De plus, dans un test de discrimination de listes, les mots des deux listes étaient présentés dans un ordre aléatoire et les participants devaient préciser pour chaque mot dans quelle liste il était apparu. Les résultats<sup>1</sup> montrent que les performances en reconnaissance et en discrimination de listes étaient presque parfaites chez les participants jeunes, alors qu'elles diminuaient chez les personnes âgées (et de manière d'autant plus importantes que les participants étaient âgés). De plus, l'effet du vieillissement était plus important pour la mémoire du contexte temporel que pour la mémoire des items. En outre, la présentation des mots groupés par catégorie améliorait les performances en reconnaissance des mots dans les deux groupes de personnes âgées (surtout chez les participants les plus âgés) par rapport à la liste de mots mélangés, tandis que les participants jeunes obtenaient des performances équivalentes pour les deux listes. Ces

---

<sup>1</sup> Les résultats concernant les performances de rappel ne sont pas décrits dans cet article.

données indiquent que les personnes âgées utilisaient moins souvent, de façon spontanée, une stratégie de regroupement sémantique que les personnes jeunes. Par ailleurs, les auteurs ont examiné dans quelle mesure les participants âgés avaient tendance à attribuer les mots d'une même catégorie à une même liste. Étant donné que les catégories étaient différentes dans les deux listes, la catégorie sémantique pouvait servir d'indice pour récupérer la liste d'apparition (par exemple, si le mot est un outil et que l'on se souvient que tous les outils étaient dans la première liste, on peut attribuer le mot à la première liste). Il est apparu que les participants « âgés » utilisaient moins souvent la catégorie pour guider leurs jugements temporels que les participants « jeunes-âgés » et que l'utilisation de cette stratégie était positivement corrélée aux performances en discrimination de listes, pour la liste de mots groupés, comme pour la liste de mots mélangés. Pour les auteurs, ces résultats suggèrent que les personnes âgées qui avaient développé une stratégie de regroupement catégoriel se souvenaient mieux de la liste dans laquelle un mot avait été présenté par rapport aux personnes âgées qui n'avaient pas développé cette stratégie. Toutefois, il est difficile d'appréhender la contribution de cette étude à l'exploration de l'hypothèse d'une difficulté d'encodage comme origine des différences liées à l'âge dans la mémoire du contexte temporel. Tout d'abord, on ne peut pas exclure que les difficultés de discrimination de listes résultent au moins en partie d'un problème d'utilisation des catégories sémantiques lors de la récupération. En effet, l'amélioration des performances en reconnaissance des personnes âgées lorsque les mots étaient groupés suggère qu'elles ont encodé l'information concernant les catégories dans cette condition. Néanmoins, elles n'utilisaient pas ces catégories lors de la discrimination de listes, suggérant une difficulté à mettre en place une stratégie de regroupement catégoriel lors de la récupération. Par ailleurs, l'utilisation moindre de la stratégie de regroupement catégoriel et la diminution des performances en discrimination de liste étaient toutes deux reliées à un effet de l'âge sur les connaissances sémantiques. En effet, une analyse de régression montrait que la performance en fluence sémantique et en dénomination prédisait significativement les scores de regroupement catégoriel et de discrimination de listes. Cela suggère l'existence d'une difficulté générale dans l'utilisation de stratégies d'organisation à l'encodage et/ou à la récupération d'informations sur base des catégories sémantiques. Ensuite, l'interprétation des résultats est rendue difficile par l'effet-plafond observé dans les performances des participants jeunes et par des

performances en discrimination de listes très faibles chez les participants « âgés ».

Par ailleurs, Schmitter-Edgecombe et Simpson (2001) ont examiné l'effet d'un encodage incident et d'un encodage intentionnel de l'information temporelle sur la reconstruction de l'ordre sériel d'activités. Dans cette étude, des participants jeunes et deux groupes de participants âgés (« jeune-âgé » ayant entre 57 et 70 ans et « âgé » ayant entre 71 et 93 ans) réalisaient dix tâches cognitives l'une après l'autre. Ces tâches consistaient en divers tests, tels que les sous-tests des Similitudes, de Complètement d'Images et d'Arithmétique de la WAIS-R, des tests de fluence verbale et un test de dénomination. Dans une condition d'encodage incident, que l'on peut qualifier d'« incident vrai », les participants étaient informés qu'ils allaient réaliser plusieurs tâches différentes et ne recevaient aucune consigne concernant un test de mémoire ultérieur. Dans une condition d'encodage intentionnel du contenu et incident de l'ordre temporel, l'expérimentateur signalait aux participants que leur mémoire pour les tâches qu'ils allaient réaliser serait testée. Enfin, dans une condition d'encodage intentionnel du contenu et de l'ordre temporel, les participants devaient mémoriser les types de tâches, ainsi que l'ordre dans lequel ils les réalisaient. Lors de la phase de test, trois tests différents étaient proposés l'un après l'autre : un rappel libre des tâches (c'est-à-dire rappeler le plus de tâches réalisées), un test de reconnaissance de type oui/non des tâches et un test de reconstruction de l'ordre sériel dans lequel les tâches ont été présentées. Les résultats montrent que, dans tous les groupes d'âge, les performances en rappel et en reconnaissance des activités cognitives étaient améliorées par un encodage intentionnel par rapport à un encodage incident. En outre, une diminution des performances liées à l'âge apparaissait sur la mémoire des tâches, mais uniquement chez les participants les plus âgés (entre 71 et 93 ans). En ce qui concerne les performances en reconstruction de l'ordre sériel, tous les participants bénéficiaient significativement d'un encodage intentionnel de l'ordre temporel. Par ailleurs, les participants « âgés » obtenaient de moins bonnes performances en reconstruction de l'ordre sériel que les participants « jeunes-âgés », qui eux-mêmes avaient de moins bonnes performances que les participants jeunes. Cet effet de l'âge était identique dans toutes les conditions d'encodage. Ces données suggèrent donc que la reconstruction de l'ordre sériel d'une liste d'activités est améliorée par la mise en place de stratégies d'encodage, mais que les différences liées à l'âge sont présentes quel que soit le type d'encodage réalisé.

Dans le chapitre 4, nous avons présenté le modèle de Friedman (1993, 2001) qui suggère que plusieurs processus sous-tendent les jugements d'ordre temporel. Selon ce modèle, deux processus seraient particulièrement utilisés : les processus basés sur la distance et les processus basés sur la localisation. Pour rappel, les processus basés sur la distance impliquent une évaluation rapide de la distance dans le temps d'un événement sur base de la force du souvenir. Les processus basés sur la localisation, quant à eux, correspondent à une reconstruction stratégique du moment de survenue de l'événement sur base de l'interprétation des informations contextuelles associées à l'événement-cible, par rapport à des connaissances sur les patterns temporels naturels, sociaux ou personnels. Dans la mesure où les études qui ont examiné les effets de l'âge sur des tâches de mémoire du contexte temporel n'ont pas évalué séparément ces deux types de processus, il est difficile d'identifier quel processus est affecté dans le vieillissement.

Néanmoins, l'étude de Fabiani et Friedman (1997) fournit quelques indications quant aux processus utilisés par les participants âgés dans une tâche de jugements de récence. En effet, ces auteurs ont observé des différences liées à l'âge plus importantes dans une tâche de jugements de récence que dans une tâche de reconnaissance lorsque les stimuli étaient composés d'images, mais pas lorsqu'il s'agissait de mots. Ils ont dès lors proposé que les processus basés sur la distance étaient plus efficaces avec les mots qu'avec les images. Dans la mesure où les mots sont oubliés plus rapidement que les images<sup>2</sup>, les deux mots présentés lors des essais de jugements de récence devraient davantage différer en termes de force de leurs traces mnésiques que les images. Il serait donc possible de décider lequel parmi les deux mots est le plus récent en comparant la force du souvenir de chacun d'entre-eux (processus basés sur la distance). De plus, dans certains cas, le mot le plus ancien peut avoir été oublié, de telle sorte que le jugement de récence équivaut à une décision de reconnaissance. En revanche, comme la force des traces mnésiques des images est plus similaire, les processus basés sur la distance ne permettraient pas de décider laquelle est la plus récente. D'autres processus, en particulier des processus basés sur la localisation, devraient dès lors être utilisés. Bien qu'il n'y ait aucune indication

---

<sup>2</sup> Les performances en reconnaissance diminuaient à mesure que le délai entre la présentation d'un stimulus et le test de reconnaissance pour ce stimulus augmentait, et cela de manière plus importante pour les mots que pour les images.

directe des processus réellement utilisés par les participants dans l'étude de Fabiani et Friedman (1997), il se pourrait que les plus grandes difficultés des personnes âgées à effectuer des jugements de récence avec des images par rapport à des mots résultent du fait qu'elles utilisent surtout des processus basés sur la distance, inefficaces pour du matériel composé d'images, et ne puissent pas compenser cette inefficacité en ayant recours à d'autres processus (comme le feraient les participants plus jeunes).

En outre, Friedman et Huttenlocher (1997) ont tenté d'évaluer l'utilisation des processus basés sur la distance chez des personnes ayant soit moins de 60 ans (entre 17 et 60 ans), soit plus de 60 ans (entre 61 et 80 ans). Plus précisément, ils ont demandé aux participants d'indiquer quand ils avaient vu des histoires présentées dans une émission télévisée hebdomadaire. Les auteurs émettaient l'hypothèse que les participants utilisaient principalement des processus basés sur la distance pour déterminer quand une histoire particulière avait été diffusée, car regarder l'émission faisait vraisemblablement partie d'une sorte de routine, ayant toujours lieu dans un même contexte (toujours les dimanches soirs, dans la même pièce, avec les mêmes personnes, ce qui limite l'utilité des processus basés sur la localisation). Quand on leur demandait quel processus ils avaient utilisé pour répondre aux questions, les participants disaient s'être basés sur des estimations de la force du souvenir dans 83 % des cas et sur un lien entre les histoires et d'autres événements dont la date était connue dans 17 % des cas. Par ailleurs, les résultats montrent que les personnes ayant plus de 60 ans étaient aussi efficaces que des personnes ayant moins de 60 ans, ce qui indique une préservation des processus basés sur la distance dans le vieillissement. Cependant, cette étude présente certaines limites. Notamment, les conditions dans lesquelles les participants avaient encodé les histoires n'étaient pas contrôlées et pouvaient fortement varier d'une personne à l'autre.

En résumé, les personnes âgées présentent des difficultés de mémoire du contexte temporel, qui apparaissent plus importantes que les différences liées à l'âge pour la mémoire des items eux-mêmes. Même si l'effet de l'âge sur la mémoire pour l'information temporelle a souvent été attribué au déclin du fonctionnement frontal, la nature exacte de ces difficultés reste à identifier. Les études qui ont examiné l'influence de stratégies d'encodage sur les performances de discrimination de listes ou de reconstruction d'ordre sériel n'ont pas apporté de

réponse claire à cette question. Par ailleurs, les travaux de Fabiani et Friedman (1997) et de Friedman et Huttenlocher (1997) suggèrent une préservation des processus basés sur la distance dans le vieillissement, mais cette possibilité devrait être explorée dans des conditions expérimentales qui contrôlent mieux l'utilisation des différents processus.



# **PARTIE EXPERIMENTALE**



## Objectifs des études

Le but général des recherches qui composent la partie expérimentale de cette thèse est de contribuer à une meilleure compréhension des processus mis en jeu dans la mémoire épisodique ainsi que de leurs sous-basements cérébraux. Cette question a été abordée en explorant deux aspects particuliers de la mémoire épisodique : les processus mis en oeuvre dans les situations de reconnaissance et la mémoire de l'information temporelle.

La première partie de notre travail expérimental vise à aborder la controverse concernant les contributions spécifiques de l'hippocampe et des cortex temporaux internes à la performance mnésique. Ce débat s'est notamment développé autour de la question de l'intégrité de la reconnaissance dans l'amnésie. Certaines études suggèrent en effet qu'une atteinte limitée au circuit de Papez altère sélectivement les performances en rappel tout en laissant intacte la reconnaissance. Ces données ont contribué à appuyer les modèles qui proposent que l'hippocampe et les structures qui y sont reliées seraient indispensables pour un bon fonctionnement de la mémoire épisodique et sous-tendraient spécifiquement les performances en rappel et la recollection en reconnaissance. Les cortex adjacents à l'hippocampe, quant à eux, seraient impliqués dans les processus de familiarité. Ces processus seraient préservés dans l'amnésie, ce qui permettrait aux patients amnésiques, sous certaines conditions, d'atteindre une bonne performance en reconnaissance (Aggleton & Brown, 1999 ; Mishkin et al., 1998 ; Norman & O'Reilly, 2003). D'autres travaux ont par contre suggéré que tant le rappel que la reconnaissance étaient affectés de manière proportionnelle dans l'amnésie. Ces résultats sont dès lors plutôt en accord avec la conception de Squire et ses collaborateurs (Squire & Zola, 1998 ; Zola & Squire, 2000) qui propose que le système de mémoire déclarative, sous-tendant le rappel, la recollection et la familiarité, dépendrait de l'intégrité du lobe temporal interne dans son entièreté. L'objectif de la première partie de notre travail est de contribuer à une clarification de cette question en essayant, au travers des trois premières études, de mieux comprendre les circonstances dans lesquelles les patients amnésiques ayant une lésion du circuit de Papez, ainsi que d'autres personnes qui n'ont plus accès à la recollection, peuvent utiliser efficacement les processus de familiarité. En

particulier, nous nous sommes penchés sur l'hypothèse, énoncée par Aggleton et Shaw (1996), selon laquelle les tâches de reconnaissance à choix forcé constituent précisément une situation de mémoire permettant à la familiarité de servir de base principale aux décisions de reconnaissance.

Le but de l'**étude 1** est d'examiner si le format du test de reconnaissance est une variable qui affecte la contribution de la recollection et de la familiarité à la performance en reconnaissance. Cette question est abordée chez des personnes jeunes, ainsi que chez des personnes âgées, lesquelles montrent un déclin sélectif de la recollection. L'objectif de l'**étude 2** est d'explorer plus en détail l'effet du format du test, ainsi que celui du degré de similarité entre les items-cibles et les items distracteurs sur la contribution des processus de recollection et de familiarité à la performance en reconnaissance. Il s'agit plus précisément de tester une prédiction du modèle de Norman et O'Reilly (2003) qui fournit une description précise de la manière dont l'hippocampe et le cortex temporal interne sous-tendent respectivement les processus de recollection et de familiarité. Ce modèle prédit que la recollection serait indispensable pour discriminer entre des items étudiés et de nouveaux items si le test est de format oui/non et si les nouveaux items sont très similaires aux items-cibles. Par contre, la familiarité, tout comme la recollection, permettrait de réaliser correctement une tâche de reconnaissance de type oui/non lorsque le degré de similarité entre les items-cibles et les distracteurs est faible. Dans les tâches à choix forcé, la ressemblance entre les items étudiés et les nouveaux items n'influencerait pas l'efficacité des deux processus de la reconnaissance. Enfin, l'**étude 3** est une exploration neuropsychologique d'un patient devenu amnésique suite à un empoisonnement au monoxyde de carbone. Nous avons examiné les performances de ce patient en rappel et en reconnaissance, ainsi que ses performances dans des tâches de reconnaissance de type oui/non et à choix forcé. En outre, les processus qui participent aux décisions de reconnaissance chez ce patient ont été évalués au moyen de la procédure de dissociation des processus (Jacoby, 1991).

Une deuxième question abordée dans ce travail de thèse concerne l'effet de lésions frontales sur les processus impliqués dans les tâches de reconnaissance. Plusieurs études ont montré que les patients frontaux pouvaient présenter des déficits en reconnaissance, mais la nature de ces déficits n'est pas clairement établie. Différentes interprétations ont été proposées, et notamment un encodage

insuffisamment détaillé des caractéristiques spécifiques des items, une incapacité à focaliser la description de l'événement à rechercher en mémoire ou une atteinte des processus de vérification post-récupération entraînant la mise en place d'un critère de réponse trop laxiste (Parkin et al., 1999 ; Schacter et al., 1996 ; Swick & Knight, 1999). En outre, certaines études ont suggéré que la localisation de la lésion cérébrale au sein des régions frontales pouvait déterminer la présence ou non d'un trouble de reconnaissance (Alexander et al., 2003). L'**étude 4** poursuit ainsi deux objectifs. Le premier est d'examiner les performances d'un groupe de patients frontaux dans une tâche de reconnaissance qui permet, dans une certaine mesure, de séparer la contribution de la recollection et de la familiarité. Le deuxième objectif est d'explorer un lien éventuel entre la localisation de l'atteinte cérébrale frontale et le type de trouble de reconnaissance observé.

Enfin, la troisième partie de notre travail de thèse s'intéresse aux processus recrutés dans la mémoire du contexte temporel. De nombreuses études ont mis en évidence un effet de l'âge sur la mémoire de l'information temporelle, mais la nature de ces difficultés reste à identifier. Cette question sera abordée dans les études 5 et 6. Dans l'**étude 5**, nous avons exploré l'influence d'un encodage intentionnel par rapport à un encodage incident de l'information temporelle, ainsi que l'influence de l'utilisation de stratégies de récupération de l'ordre temporel, sur les performances en discrimination de listes de personnes jeunes et âgées. L'**étude 6** a quant à elle adopté le cadre théorique proposé par Friedman (1993, 2001), selon lequel les jugements d'ordre temporel repose sur au moins deux processus : une évaluation rapide de la distance dans le temps d'un événement sur base de la force du souvenir et une reconstruction stratégique du moment de survenue impliquant une interprétation des informations contextuelles associées à l'événement-cible par rapport à des connaissances sur les patterns temporels naturels, sociaux ou personnels. L'effet de l'âge sur ces deux types de processus a été examiné au moyen d'une procédure spécifiquement conçue afin de séparer la contribution de chacun d'eux. En outre, nous avons également exploré l'influence de deux facteurs généraux sur les différences liées à l'âge dans la mémoire du contexte temporel, à savoir la vitesse de traitement de l'information et la capacité de la mémoire de travail.

# The Contribution of Recollection and Familiarity to Recognition Memory: A Study of the Effects of Test Format and Aging

Christine Bastin<sup>1</sup> and Martial Van der Linden<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences Cognitives, Université de Liège

<sup>2</sup> Unité de Psychopathologie Cognitive, Université de Genève

*Neuropsychology*, 17(1), 14-24\*

---

\* This work was supported by a grant from the French Community of Belgium: Actions de Recherche Concertées (convention 99/04–246). We thank Stéphane Adam, who provided the material for this experiment, and David Pirene for constructing the tasks.

**ABSTRACT**

Whether the format of a recognition memory task influences the contribution of recollection and familiarity to performance is a matter of debate. The authors investigated this issue by comparing the performance of 64 young (mean age = 21.7 years; mean education = 14.5 years) and 62 older participants (mean age = 64.4 years; mean education = 14.2 years) on a yes–no and a forced-choice recognition task for unfamiliar faces using the remember–know–guess procedure. Familiarity contributed more to forced-choice than to yes–no performance. Moreover, older participants, who showed a decrease in recollection together with an increase in familiarity, performed better on the forced-choice task than on the yes–no task, whereas younger participants showed the opposite pattern.

## INTRODUCTION

Recognition memory refers to the judgment that a stimulus seen presently has previously occurred. An influential theoretical view considers that recognition memory relies on at least two distinct and complementary mechanisms (Gardiner, 1988; Jacoby & Dallas, 1981; Mandler, 1980; Tulving, 1985; Yonelinas, 1994). The first process involves the assessment of the familiarity of the event. The second mechanism, recollection, has usually been described as a recall-like process involving the conscious retrieval of the event together with its specific associative and contextual information (Gardiner, 1988; Gardiner & Java, 1990; Johnston, Dark, & Jacoby, 1985; Tulving, 1985, 1989).

Tulving (1985) and Gardiner (1988) proposed an experiential approach to estimate the contribution of both processes in a recognition task. The procedure requires that participants report their states of awareness while they recognize items. If they recollect some aspects of the context of encounter with the stimulus, they make a remember response. If they simply know that the stimulus had been presented earlier in the absence of recollection, they make a know response. Gardiner, Java, and Richardson-Klavehn (1996) also allowed the participants to guess when they were unsure about their response. In a recent meta-analysis, Gardiner, Ramponi, and Richardson-Klavehn (2002) provided evidence that remembering and knowing reflect two qualitatively different memory processes rather than, respectively, stringent and lenient response criteria. Furthermore, numerous studies have shown that various experimental manipulations influence remembering and knowing in different ways. Some manipulations were found to produce a double dissociation between remember and know responses, whereas others selectively influence one process but not the other (see Gardiner & Java, 1993a; Gardiner & Richardson-Klavehn, 2000; Rajaram & Roediger, 1997, for reviews).

### *Test Format*

Whether recognition performance is affected by how recognition memory is tested has hardly been investigated. Hicks and Marsh (1999) examined whether the characteristics of the test sequence influence the recognition performance and remember–know responses. They compared the performance on a standard yes–



no recognition memory test, on a yes–no recognition test followed by remember–know judgments (Y–N then R–K), and on a test in which remember–know–new decisions were made for each item (R–K–N). Results indicated that, although standard yes–no recognition and Y–N then R–K recognition did not differ from each other, the R–K–N judgments resulted in a more liberal response bias than other test conditions. Indeed, when making R–K–N judgments, participants made more hits and false alarms and labeled more hits and more false alarms as remembered, compared with other conditions.

In the present study, we focus on the test format. Usually, recognition memory is tested by means of either a yes–no recognition task or a forced-choice recognition task. In the former, old or new items are presented in single trials during the test phase. For each item, the participants have to say whether they recognize the item. In a forced-choice task, a target item together with one or more distractors are presented, and the participants have to choose the item they have seen before. The question of whether yes–no and forced-choice recognition differ in terms of the contribution that recollection and familiarity make to the performance is a matter of debate. For some authors, forced-choice recognition depends more on familiarity than on recollection, whereas yes–no recognition memory may require more recollection to achieve good performance (Aggleton & Shaw, 1996; Parkin, Yeomans, & Bindschaedler, 1994). By contrast, for others, recollection and familiarity contribute to the same extent to the performance in both tasks (Kroe, Kroll, Yonelinas, Dobbins, & Knight, 2000).

Aggleton and Shaw (1996) described amnesic patients with selective lesions to the hippocampus or related structures who had preserved familiarity together with a deficit to recollection. These patients were able to reach a normal or near normal recognition level on Warrington's (1984) Recognition Memory Test. The authors suggested that the hippocampal amnesic patients performed relatively well on this test by using solely familiarity-based recognition because it was a forced-choice task and that individuals can accurately perform such a task by relying mainly on familiarity-based decisions. They also predicted that these patients should perform worse on recognition memory tasks that rely relatively more on recollection. This could be the case when yes–no responses are required rather than forced choice, as suggested by Parkin et al. (1994). Parkin et al. reported the case of a patient, CB, who suffered from a rupture of the anterior communicating artery following a

chirurgical operation. This patient with a frontal lobe lesion showed an impaired recall but a preserved recognition memory, a pattern that has been described in several frontal lobe patients (Hanley, Davies, Downes, & Mayes, 1994; Jetter, Poser, Freeman, & Markowitsch, 1986; Volpe & Hirst, 1983; Wheeler, Stuss, & Tulving, 1995). Investigation of the recognition performance of the patient CB revealed that he had a good recognition performance on a test in which all target and distractor items were presented simultaneously on a sheet of paper and on a three-alternative forced-choice task, but he was poor on a yes–no recognition memory task. Parkin et al. interpreted these results by arguing that CB performed normally on recognition memory tests in which familiarity was a sufficient basis for responding correctly, such as the forced-choice tasks, but failed in the tests that required a greater contribution of recollection, such as the yes–no tasks.

However, the assumption that forced-choice recognition memory relies more on the familiarity process than on the recollection process compared with yes–no recognition memory has been challenged by Khoe et al. (2000). In a first experiment, normal young participants studied two lists of 50 words. One of the lists was studied under shallow encoding instructions, and the other was studied under deep encoding instructions. In Experiments 2 and 3, a list of 200 words was presented under a shallow encoding condition. After a retention interval (1 week in Experiment 1, and 30 min in Experiments 2 and 3), performance on a yes–no recognition memory test and a forced-choice recognition memory test were compared. Remember–know judgments were asked for recognized items. The results showed no difference in recognition performance measured by  $d'$  scores between test formats. Additionally, young participants used recollection as frequently in the yes–no task as in the forced-choice task. In a fourth experiment, amnesic patients who exhibited severe deficits in recollection but modest impairment in familiarity did not perform better on the forced-choice task than on the yes–no task. According to Khoe et al. (2000), this suggests that familiarity contributes to the same extent to both types of recognition memory tasks.

#### *Aging and Recognition Memory Processes*

It has been shown that aging affects recollection more than familiarity (Java, 1996; Mäntylä, 1993; Maylor, 1995; Parkin & Walter, 1992; Perfect, Williams, & Anderton-Brown, 1995). Some studies that explored recognition memory in aging by means

of the remember–know procedure found that older adults used more familiarity (know responses) than younger adults and less recollection (remember responses; Parkin & Walter, 1992; Perfect et al., 1995, Experiment 1). Mäntylä (1993) also found less recollection in older adults compared with younger adults but did not find any age-related difference in the number of familiarity-based responses.

As far as we are aware, no study has compared the effect of aging on the two kinds of recognition memory tasks: the yes–no and the forced-choice tasks. The test format in the studies by Parkin and Walter (1992) and Perfect et al. (1995) was an intermediate between the yes–no and the forced-choice procedures. At test, the target items were presented together with the distractors on a sheet of paper, so the participants viewed all of them at the same time. They had to proceed item by item, saying for each item whether they had seen it, as in yes–no recognition memory tasks. But they had the possibility to compare each item with the others. In that sense, the task also resembled a forced-choice task. Parkin et al. (1994) suggested that this type of test facilitates a reliance on familiarity. Therefore, we are interested in examining whether older and younger adults' recognition performance may differ according to the test format.

The main purpose of the current experiment is to reexamine whether the test format (yes–no recognition memory vs. forced-choice recognition memory) influences the relative contribution of recollection and familiarity to recognition memory. Previous studies (Khoe et al., 2000; Parkin et al., 1994) investigated this issue by using words as the task material. We use unfamiliar faces to examine whether previous findings generalize to other material. We explore how recognition processes are influenced by test format with young and older participants. More specifically, young and older participants performed two recognition memory tasks: a yes–no task and a forced-choice task. At test, they were required to make remember–know–guess judgments. On the basis of previous studies, we expected a reduction of recollection in aging together with a preservation of familiarity. If the test format influences the contribution of recognition processes to performance and if forced-choice memory relies more on familiarity, older people should perform better on forced-choice recognition than on yes–no recognition. On the contrary, if the test format does not influence the contribution of recollection and familiarity, there should be no difference in older participants' performance between yes–no and forced-choice recognition memory. Finally, we also included some tests that

are sensitive to frontal alteration to examine whether there is a correlation between these measures and recollective experience in older participants. Indeed, some studies have suggested that the decrease of recollective memory in older adults is related to the decline of frontal functioning associated with aging (Parkin & Walter, 1992). However, other studies (Perfect & Dasgupta, 1997; Perfect et al., 1995) did not find such a correlation.

## METHOD

### Participants

One hundred twenty-eight healthy volunteers took part in the study: 64 young adults, and 64 older adults. In each age group, there were 32 men and 32 women. The young group consisted mostly of undergraduate students from various faculties of the University of Liège, Liège, Belgium, and also included some postgraduate students. Participants in the older group were mainly recruited from various organizations (e.g., ramblers clubs, parish elderly people clubs, language courses, and sports centers for the elderly). During an informal interview before selection, we ensured that participants had no neurological disorders, no psychiatric disorders, and no cognitive complaints and that they did not take any medication interfering with cognitive functioning (e.g., antidepressant, anxiolytic). However, no neuropsychological screening was performed.

The young group ranged in age from 18 to 28 years ( $M = 21.73$ ,  $SD = 2.36$ ), and the older group ranged in age from 60 to 70 years ( $M = 64.36$ ,  $SD = 3.03$ ). The groups were matched for education, with younger adults reporting an average of 14.47 years of education ( $SD = 1.96$ ) and older adults reporting an average of 14.17 years of education ( $SD = 1.81$ ),  $t(126) = 0.89$ ,  $p > .37$ .

### Materials

The stimuli consisted of 72 black-and-white photographs of faces. They represented men between 20 and 50 years old. No face had any distinctive feature, such as a beard, a moustache, glasses, a scar, baldness, or long hair. No background and no item of clothing were visible. The photographs were matched by pairs on the basis of the similarity between them. Six judges were instructed to

pair each face with a face globally similar to it. A majority of pairs were consistently constituted by all six judges. Some face pairs on which there was disagreement were reconsidered until a consensus was obtained. In each pair, one of the faces was designated as the target and the other as the distractor. The 36 pairs were randomly divided into two equal sets.

## Design and Procedure

Participants were tested individually. The photographs of faces were presented in the middle of a personal computer screen. Each face was around 7 cm × 10 cm. Each age group performed two recognition tasks: a yes–no recognition task and a two-alternative forced-choice recognition task. The attribution of each set of faces to both tasks and the order of confrontation to both tasks were counterbalanced across participants.

During the study phase of both tasks, 18 faces were presented 1 at a time. Each face remained 1.5 s on the screen of the computer. Participants were instructed to study the faces. Following a retention interval of 30 s during which the participants performed a visuomotor task (drawing a cross in squares following a route), the participants had to perform either a yes–no recognition test or a forced-choice recognition test. In the yes–no test, 36 faces, comprising the 18 target faces mixed with the 18 distractor faces, were presented in single trials. Participants had to say whether they had seen each face. After each yes response, they had to say whether they recollected the face (remember response), knew that it had been studied (know response), or just guessed (guess response). Participants were instructed that a remember response corresponded to the recollection of specific information relative to the stimulus, encoded at the study phase; that a know response referred to recognition on the basis of familiarity without recollection; and that a guess response could be used when they were unsure that the face had really been presented. In the forced-choice test, 18 pairs, consisting of each target and its distractor, were presented. The two faces were side by side. In half of the trials the target was presented on the right side, and in the other half it was on the left side. Participants had to say which one they had studied. For each response, they were also instructed to make a remember–know–guess response.

Written instructions explaining remember, know, and guess responses were

given to the participants (see Appendix). Additional explanations with more examples were also provided orally. Verbal justifications for each response were asked. In both tasks, participants entered their recognition responses on the computer keyboard and made the remember–know–guess judgments orally. The test stimuli stayed on the screen until yes–no and remember–know–guess judgments had been made.

Some executive function tests were also administered, including a verbal fluency test (semantic and phonemic), a modified version of the Stroop test (Stroop, 1935), and a French version of Burgess and Shallice's (1996) Hayling test (Andrès & Van der Linden, 2000). The phonemic verbal fluency test required the participants to produce in 2 min as many French words as possible beginning with the letter *P*. In the semantic verbal fluency test, participants were required to produce in 2 min as many words as possible belonging to the category of animals. The Stroop test comprised three parts. In the first part, the naming condition, participants had to name as quickly as possible the color of patches. In the second part, they had to read as quickly as possible color names. In the third part, the interference condition, color names printed in nonmatching ink colors were presented. Participants had to name the ink colors for each word as quickly as possible. The time necessary to respond to all the items in each part was recorded. We calculated the interference effect by comparing the response latency in the interference condition with the response latency in the naming condition by means of the following formula:  $(\text{interference time} - \text{naming time}) / (\text{interference time} + \text{naming time})$ . In Part A of the Hayling test, participants read a series of sentences from which the last word was omitted, and they had to give a word that logically completed the sentence. In Part B, they were required to complete a series of sentences by giving a word that made no sense in the context of the sentence. We calculated difference in total response time between Part A and Part B and errors identified according to a correction guide adapted from Burgess and Shallice (1996).

Regarding the choice of the executive measures, we did not include the Wisconsin Card Sorting Test (Milner, 1963) because of its multidetermined nature. Indeed, some imaging studies (e.g., Berman et al., 1995; Nagahama et al., 1996) and neuropsychological studies (Mountain & Snow-William, 1993) have indicated the involvement of cerebral areas other than the frontal lobes, such as the parietal

lobes, in the processing of this task. Involvement of the frontal lobes in the Stroop test has been demonstrated by neuroimaging studies (e.g., Taylor, Kornblum, Lauber, Minoshima, & Koeppel, 1997) and neuropsychological studies (Richer et al., 1993; Vendrell et al., 1995). The Hayling test has also been shown to be sensitive to frontal lobe lesions (Burgess & Shallice, 1996). Furthermore, a recent positron emission tomography study showed an activation of prefrontal areas during execution of the Hayling test (Collette et al., 2001). We included the fluency test because it implies various executive processes, such as strategic retrieval search, inhibition, and performance monitoring, even if other processes may also be involved.

The testing was divided into two sessions. During the first session, the participants performed the first recognition task and the Stroop test. The second session took place at least 24 hr after the first session and consisted of the second recognition test, the fluency test, and the Hayling test.

## RESULTS

Two older participants were excluded from the analysis because they failed to follow the instructions.

### Recognition Accuracy

We calculated hits and false alarms in the yes–no task and the proportion of correct responses in the forced-choice task for each age group. In the yes–no task, the hit rate of young participants ( $M = 0.72$ ,  $SD = 0.14$ ) was higher than that of older participants ( $M = 0.64$ ,  $SD = 0.15$ ),  $t(124) = -2.74$ ,  $p < .01$ . Older adults made more false alarms than did young participants (young,  $M = 0.17$ ,  $SD = 0.12$ ; old,  $M = 0.28$ ,  $SD = 0.14$ ),  $t(124) = 4.88$ ,  $p < .01$ . In the forced-choice task, older adults correctly recognized fewer faces than did young adults (young,  $M = 0.85$ ,  $SD = 0.09$ ; old,  $M = 0.81$ ,  $SD = 0.11$ ),  $t(124) = -2.31$ ,  $p < .05$ . To compare the overall level of recognition accuracy in both tasks, we computed  $d'$  values. The  $d'$  values in the yes–no task were obtained from the hits and false alarms, and the  $d'$  values in the forced-choice task were computed from the proportion of correct responses by

means of a corrected formula<sup>1</sup> (Macmillan & Creelman, 1991). The  $d'$  values for each age group in each task are presented in Figure 1. An analysis of variance (ANOVA) with test format as within-subject variable and age group as between-subjects variable revealed no main effect of test format,  $F(1, 124) < 1.00$ ,  $MSE = 0.30$ . The main effect of age group was significant,  $F(1, 124) = 24.11$ ,  $p < .001$ ,  $MSE = 0.46$ , showing that younger participants had a better recognition performance than did older adults. The Test Format  $\times$  Age Group interaction was also significant,  $F(1, 124) = 10.16$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 0.30$ . Planned comparisons indicated that the impairment of older adults compared with young adults was greater in the yes–no condition ( $p < .01$ ) than in the forced-choice condition ( $p < .05$ ). Additionally, the yes–no  $d'$  tended to be higher than the forced-choice  $d'$  in younger participants (although the difference was only marginally significant,  $p < .08$ ), whereas the forced-choice  $d'$  was superior to the yes–no  $d'$  in older adults ( $p < .01$ ). In the yes–no task, we computed the response bias by means of the  $c$  criterion (Macmillan & Creelman, 1991). The mean  $c$  values for the two age groups did not differ,  $t(124) = -1.59$ ,  $p > .11$  (young,  $M = 0.20$ ,  $SD = 0.29$ ; old,  $M = 0.11$ ,  $SD = 0.37$ ).

---

<sup>1</sup> The  $d'$  score measures the ability to discriminate between target items and distractor items. A  $d'$  value of zero means that the participant is unable to recognize old items and to reject new items. High positive values reflect good discrimination. The signal detection theory predicts that a two-alternative forced-choice procedure yields a performance advantage over a yes–no procedure of about  $\sqrt{2}$ . Thus, it has been proposed to divide the forced-choice  $d'$  score by  $\sqrt{2}$  to compensate for this advantage (Hacker & Ratcliff, 1979; Macmillan & Creelman, 1991).



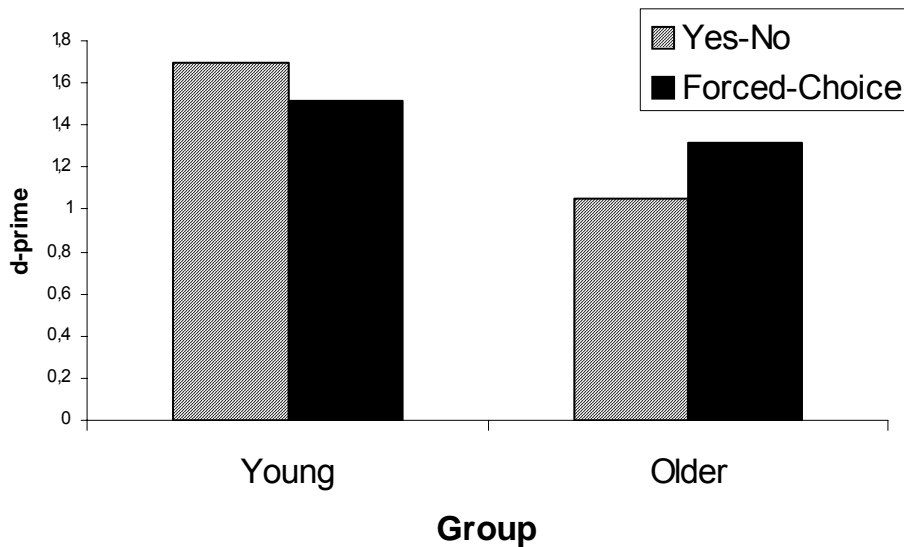


Figure 1. Recognition memory ( $d$ -prime) as a function of test format and age group.

### Remember, Know, and Guess Responses

Figure 2 presents the proportions of old faces that were assigned remember, know, and guess responses in each task for both age groups. Separate ANOVAs with test format as within-subject variable and age group as a between-subjects variable were performed for each response type. Regarding responses for hits, there were slightly more remember responses in the yes–no task than in the forced-choice task. However, this effect was only marginally significant,  $F(1, 124) = 3.04$ ,  $p < .09$ ,  $MSE = 0.02$ . The younger adults reported more remember responses than did older adults,  $F(1, 124) = 7.91$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 0.05$ . The Test Format  $\times$  Age Group interaction was not significant,  $F(1, 124) < 1.00$ ,  $MSE = 0.02$ . As for know responses, there were more in the forced-choice task than in the yes–no task,  $F(1, 124) = 28.05$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 0.02$ . Older adults made significantly more know responses than did younger adults,  $F(1, 124) = 11.46$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 0.03$ . There was also a marginal Test Format  $\times$  Age Group interaction,  $F(1, 124) = 3.06$ ,  $p < .09$ ,  $MSE = 0.02$ . Planned comparisons showed that older adults produced significantly more know responses than did younger adults in the forced-choice task ( $p < .01$ ) but that the difference in the yes–no task was only marginally

significant ( $p < .08$ )<sup>2</sup>. Finally, there were more guess responses in the forced-choice task than in the yes–no task,  $F(1, 124) = 102.18$ ,  $p < .01$ ,  $MSE < 0.01$ . Younger participants made more guess responses than did older adults,  $F(1, 124) = 21.19$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 0.01$ , and this was especially the case in the forced-choice task compared with the yes–no task, as shown by the significant Test Format  $\times$  Age Group interaction,  $F(1, 124) = 5.24$ ,  $p < .05$ ,  $MSE < 0.01$ .

---

<sup>2</sup> According to Jacoby et al. (1997), the proportion of know responses underestimates the contribution of familiarity to performance. They proposed to apply the independence assumption to the remember/know paradigm in order to obtain a more appropriate measure of familiarity. The formula is Familiarity =  $K / (1-R)$ , where K = know responses and R = remember responses. In the present experiment, analysis on correct familiarity-based responses indicated a main effect of Test Format,  $F(1, 124) = 19.82$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = .03$ , showing that there was more familiarity in the forced-choice task than in the yes/no task. There was no main effect of age group,  $F(1, 124) = 2.59$ ,  $p > .11$ ,  $MSE = .04$ . The interaction did not reach significance,  $F(1, 124) = 3.53$ ,  $p < .07$ ,  $MSE = .03$ . However, planned comparisons revealed that older adults made more familiarity-based responses than younger adults in the forced-choice task ( $p < .01$ ), but not in the yes/no task ( $p > .96$ ). Analysis on false familiarity responses yielded similar results to the analysis on know responses. There were a main effect of Test format,  $F(1, 124) = 25.62$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = .01$ , a main effect of Age group,  $F(1, 124) = 23.34$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = .01$ , and no interaction,  $F(1, 124) = 2.21$ ,  $p > .14$ ,  $MSE = .01$ .

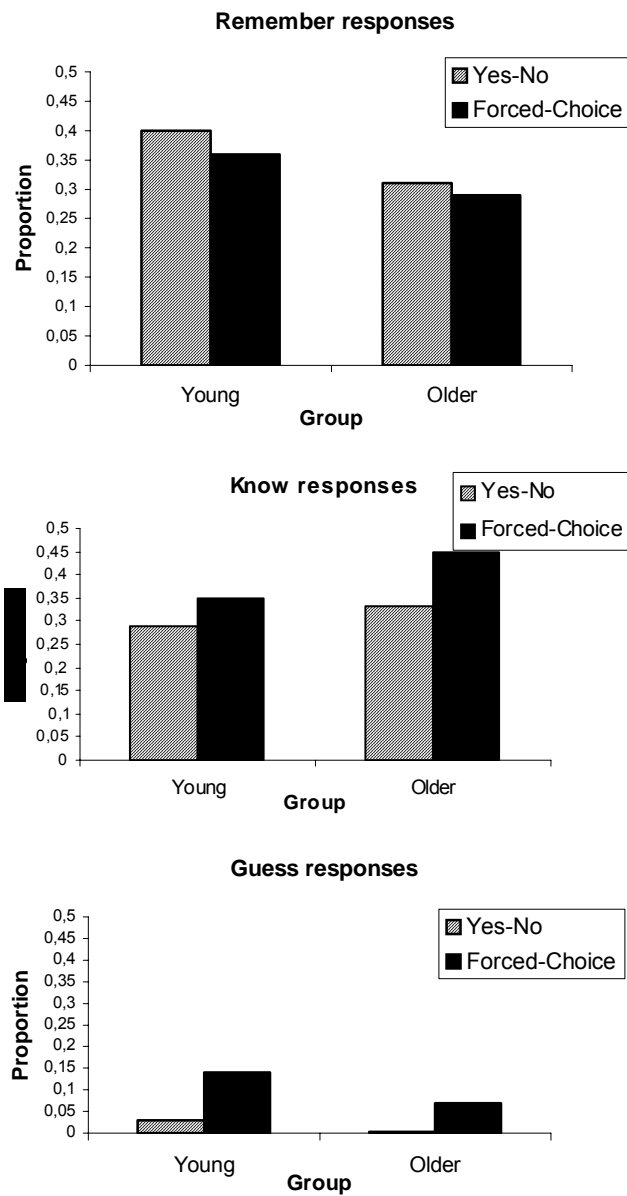


Figure 2. Proportion of remember–know–guess responses for targets as a function of test format and age group.

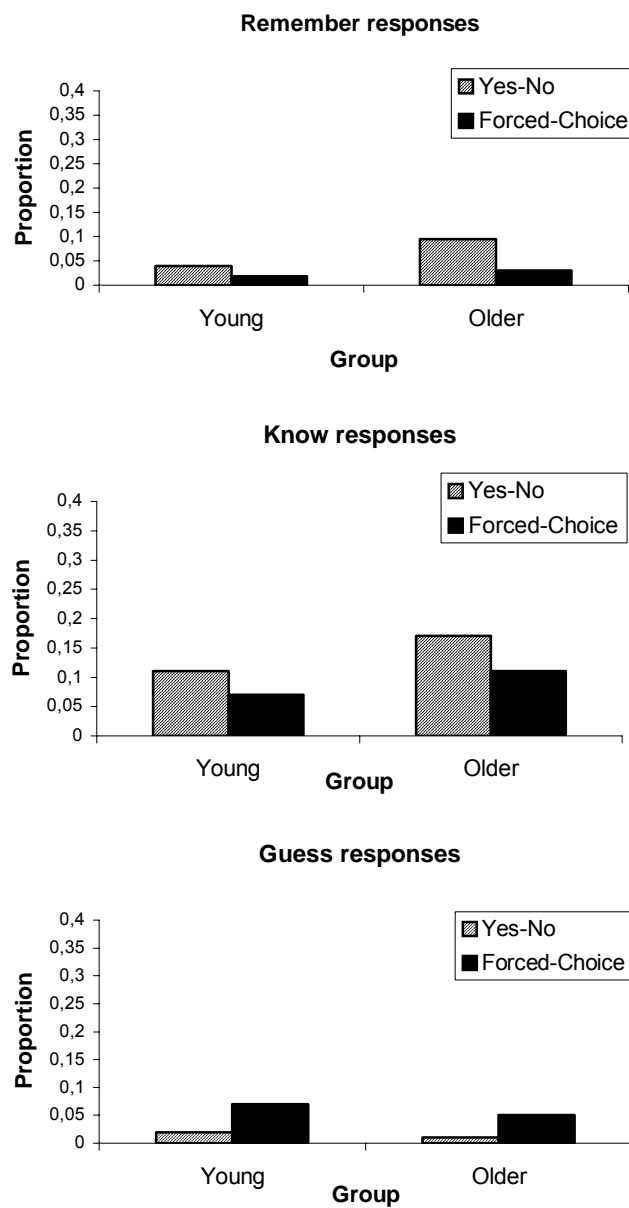


Figure 3. Proportion of remember–know–guess responses for distractors as a function of test format and age group.

Regarding false alarms (see Figure 3), analysis for false remember responses revealed a main effect of test format,  $F(1, 124) = 30.98, p < .01, MSE < 0.01$ , a main effect of age group,  $F(1, 124) = 13.57, p < .01, MSE < 0.01$ , and a significant Test Format  $\times$  Age Group interaction,  $F(1, 124) = 5.98, p < .05, MSE < 0.01$ . The interaction showed that older participants made significantly more false remember responses than did younger adults in the yes–no task (young,  $M = 0.04, SD = 0.09$ ; old,  $M = 0.10, SD = 0.10, p < .01$ ) but that the difference was only marginally significant in the forced-choice task (young,  $M = 0.01, SD = 0.03$ ; old,  $M = 0.03, SD = 0.05, p < .06$ ). Analysis for false know responses showed a main effect of test format,  $F(1, 124) = 20.82, p < .01, MSE = 0.01$ , indicating that there were more false know responses in the yes–no task than in the forced-choice task (yes–no,  $M = 0.14$ ; forced choice,  $M = 0.09$ ). There was also a main effect of age group,  $F(1, 124) = 20.38, p < .01, MSE = 0.01$ . Older adults also produced more false know responses than did younger adults (young,  $M = 0.09$ ; old,  $M = 0.14$ ). The Test Format  $\times$  Age Group interaction was not significant,  $F(1, 124) = 1.33, p > .25, MSE = 0.01$ . As for the guess responses, the main effect of test format was significant,  $F(1, 124) = 42.98, p < .01, MSE < 0.01$ , indicating that there were more false guess responses in the forced-choice task than in the yes–no task (yes–no,  $M = 0.02$ ; forced choice,  $M = 0.06$ ). The false alarms rates for guess responses tended to be higher for younger adults than for older adults (young,  $M = 0.05$ ; old,  $M = 0.03$ ), but the difference was only marginally significant,  $F(1, 124) = 3.06, p < .09, MSE < 0.01$ . There was no significant Test Format  $\times$  Age Group interaction,  $F(1, 124) < 1.00, MSE < 0.01$ .

## Executive Measures

The performance of both age groups on the executive tasks is summarized in Table 1. There was no difference between older and younger adults on the verbal fluency test; phonemic,  $t(124) = -0.71, p > .48$ , and semantic,  $t(124) = 0.73, p > .46$ . Older adults were more sensitive to the interference in the Stroop test, as indicated by the interference index,  $t(124) = 4.07, p < .01$ . On the Hayling test, older adults produced significantly more errors than did younger adults in Part B,  $t(124) = 4.47, p < .01$ , but they did not take more time to respond,  $t(124) = 0.98, p > .33$ . The range of scores is also provided in Table 1. Although we did not perform

neuropsychological screening to ensure that no older participants had a pathological cognitive decline, an anonymous reviewer suggested that the range of scores on the executive measures could indicate whether some older participants had an abnormally low performance. On the basis of a cut-off criterion of three standard deviations below the mean, none of the older participants had an abnormally low performance. The same is true for memory scores, measured by  $d'$ . The range of scores for the yes–no and forced-choice tasks were, respectively,  $-0.13$ – $2.51$  and  $0.21$ – $2.66$ . Even the lowest score was not more than three standard deviations below the mean (yes–no task,  $M = 1.05$ ,  $SD = 0.57$ ; forced-choice task,  $M = 1.32$ ,  $SD = 0.59$ ).

Table 1. Performance of Young and Older adults on Executive Measures

|                     | Young    |           |              | Older    |           |              |
|---------------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|--------------|
|                     | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>Range</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>Range</i> |
| VF Pho.             | 25.12    | 4.66      | 14 – 36      | 24.39    | 6.82      | 12 – 44      |
| VF Sem.             | 33.37    | 7.14      | 17 – 51      | 34.47    | 9.42      | 15 – 56      |
| Stroop Interference | .25      | .08       | .10 – .52    | .31 **   | .08       | .17 – .50    |
| Hayling Time        | 57.14    | 23.63     | 15 – 137     | 61.42    | 25.48     | 11 – 119     |
| Hayling Errors      | 3.18     | 2.26      | 0 – 10       | 5.37 **  | 3.19      | 0 – 13       |

*Note.* VF Pho. = Phonemic Verbal Fluency number of correct responses; VF Sem. = Semantic Verbal Fluency number of correct responses; Stroop Interference = Stroop Interference Index calculated by the formula (interference time - naming time)/(interference time + naming time) (Andrès, 1997); Hayling Time = Difference in total response time between part A and part B in the Hayling test; Hayling errors = error scores following a correction guide adapted from Burgess and Shallice (1996); \*\* = difference significant at  $p < .001$ .

To examine to what extent recollection is related to frontal lobe function, we computed Pearson correlations between the corrected score for remember responses (hits minus false alarms) and the different executive measures in each age group. In the young group, no significant correlation was found. In the older group, a correlation arose between error scores in the Hayling test and the proportion of remember responses in the forced-choice task, but it was only marginally significant ( $r = -.24, p < .06$ ).

## DISCUSSION

In the present study, we examined whether the test format influences the contribution of recollection and familiarity to recognition performance. We compared the performance of healthy young and older adults on a yes–no recognition memory task and a forced-choice recognition memory task using the remember–know–guess paradigm.

There were two main findings. First, there was an effect of test format on the contribution of recognition memory processes to performance. The global recognition level, as measured by  $d'$  scores, did not differ between the yes–no and the forced-choice tasks. However, it appeared that participants tended to use more recollection (remember responses) in the yes–no task than in the forced-choice task. By contrast, participants relied more on familiarity (know responses) in the forced-choice task than in the yes–no task. Additionally, participants guessed more frequently in the forced-choice condition compared with the yes–no condition. There were also more remember and know false alarms in the yes–no task compared with the forced-choice task and more false guess responses in the forced-choice task than in the yes–no task.

The second finding concerns the effect of aging on recognition accuracy and the production of remember and know responses as a function of test format. Older participants correctly recognized fewer faces than did younger participants on both tasks. However, they performed better on the forced-choice task than on the yes–no task. Additionally, they showed a decrease in recollection combined with an increase in familiarity.

*Test Format and Recognition Processes*

The results support the notion that the test format influences the contribution of recollection and familiarity to recognition performance. As suggested by Aggleton and Shaw (1996) and Parkin et al. (1994), it seems that familiarity is the basis for recognition decisions more frequently in forced-choice recognition memory than in yes–no recognition memory. By contrast, yes–no recognition memory tends to elicit more recollection-based judgments than does forced-choice recognition memory. The presence of more guessing in the forced-choice condition than in the yes–no condition seems intuitively plausible. Guessing is more straightforward when there are two alternatives than when there is no possibility to compare items. Some spontaneous comments by the participants during the test suggested that when they were unsure in the yes–no task, they usually preferred to say “no.” By contrast, when they did not recognize faces or hesitated in the forced-choice task, they were obliged to pick up one of them by chance. Verbal justifications revealed that on some occasions in the forced-choice task, participants chose the target face because they were sure that the distractor had not been presented (e.g., “I would have remembered it,” “The distractor face is not familiar at all”). Participants were encouraged to classify these inferences not related to the studied items as guess responses (Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 1998). However, when the nonrecognition of the distractor face was supported by a feeling of familiarity for the target, participants reported the decision as a know response.

We found an effect of the test format on the contribution of recollection and familiarity to recognition performance, whereas Khoe et al. (2000) did not. Khoe et al.’s study and the present experiment differ in various respects (e.g., type of material, length of the study list, duration of the retention interval, encoding instructions). The influence of variables such as study list length, duration of the retention interval, and encoding instructions is difficult to identify in the present study and should be explored in the future. However, the type of material and the similarity between the targets and the distractors may be the most important factors that may interact with the test format. In the current experiment, we manipulated similarity between faces by constituting each target–distractor pair on the basis of subjective global resemblance. In Khoe et al.’s (2000) study, words were not selected as a function of their similarity. Because of this resemblance between faces, the recollection of the specific circumstances of the encounter with



the stimulus may become more important in the yes–no task to avoid false recognition of faces that had some similarity with a target face. By contrast, familiarity-based judgments may provide a sufficient basis for recognition when two faces are presented side by side because the target face produces a stronger feeling of familiarity than does the distractor face. When target and distractor items are not very similar to each other, both recollection and familiarity may adequately support recognition in yes–no tasks as well as in forced-choice tasks (Norman & O'Reilly, 2001). Such an interaction between the test format and the similarity between targets and distractors has been reported in a study by Holdstock et al. (in press). In this study, yes–no and forced-choice recognition memory for pictures were examined in a hippocampal patient. In these tasks, distractors were slightly modified versions of the targets. In some other tests, the target items and the distractors were relatively different. Holdstock et al. found that the recollection deficit of the patient prevented her from succeeding in recognition memory only when the task was a yes–no task in which targets and distractors were very similar.

Changing the test format influenced how participants made their recognition decisions, which suggests that some differences in the processing of information exist between both formats. What these differences consist of remains unclear. Forced-choice decisions might imply additional processes, such as comparing the quality and the strength of the memory related to each test item and making a decision according to some criteria. Participants may also perceive yes–no recognition tasks as more difficult than forced-choice tasks.

#### *Effects of Aging on Yes–No and Forced-Choice Recognition Memory*

We found a global recognition memory deficit in the yes–no and the forced-choice task in the older group compared with the young group, whereas other studies did not find any difference or only a slight decrease (Parkin & Walter, 1992; Perfect et al., 1995). This discrepancy may be due to the material used (unfamiliar faces vs. words or pictures; Parkin & Walter, 1992; Perfect et al., 1995). When young and old participants have been compared on recognition for unfamiliar faces, an age-related deficit has frequently been reported (Bartlett & Fulton, 1991; Bartlett & Leslie, 1986). As suggested earlier, the resemblance between the targets and the distractors may require a greater reliance on recollection to avoid false recognition of distractor faces that resemble targets. Because older adults relied more on

familiarity-based recognition and less on recollection-based recognition, they failed to recognize as many faces as did young participants who relied mainly on recollection. The constitution of the face material may also be partly responsible for the age-related difference on recognition performance. The majority of the stimuli (75%) were young men's faces (20–35 years old). Recognizing this material might have been easier for young participants, whose age overlapped with that of the stimuli, than for older participants, who had to recognize younger faces. Indeed, some studies have revealed an own-age bias, indicating that young participants identify young faces better than older faces (Bartlett & Leslie, 1986; Wright & Davies, 1999; Yarmey, 1993). An explanation might be the greater familiarity and interest that people have toward people of their own age (Yarmey, 1993). Whether such a bias influences mainly recollection-based recognition is not clear and needs further investigation.

The findings of a decrease in recollection combined with an increase in familiarity in older participants confirm previous results (Parkin & Walter, 1992; Perfect et al., 1995). The fact that older participants based their recognition judgments more on familiarity, whereas younger participants reported more recollection and more guessing, cannot be explained by a difference in the response bias. Both groups used a rather conservative criterion and did not differ from each other in that respect. The most interesting finding is that the pattern of remembering and knowing was not exactly the same between yes–no and forced-choice recognition memory. The decrease in recollection occurred in both tasks, but older participants significantly increased the use of familiarity, particularly in the forced-choice task. Moreover, they performed better on the forced-choice task than on the yes–no task. This supports the prediction according to the hypothesis of a greater contribution of familiarity to forced-choice recognition memory.

Regarding the tests sensitive to frontal lobe decline, we found an age effect on two of these measures: the Stroop test and the Hayling test, consistent with previous studies (Andrès & Van der Linden, 2000; Salthouse & Meinz, 1995; Spieler, Balota, & Faust, 1996). However, no significant correlation was found between the remember responses and these measures. This lack of correlation is consistent with the findings of Perfect and Dasgupta (1997) and Perfect et al. (1995) and does not support the assumption that a decline of the frontal lobe function explains the decrease in recollection in older participants (Parkin & Walter,

1992). Perfect and his colleagues (Perfect & Dasgupta, 1997; Perfect et al., 1995) suggested that the decrease of recollection in aging is because older adults did not spontaneously encode items in an elaborative manner, compared with young adults.

The frontal lobes may not be the only cerebral region that plays a role in recollection. Recollection may also depend on the medial temporal lobe, especially the hippocampus (Aggleton & Shaw, 1996; Squire & Zola, 1998; Vargha-Khadem et al., 1997; Verfaellie & Treadwell, 1993). Additionally, Meunier, Bachevalier, and Mishkin (1997) highlighted the role of the orbital frontal cortex in recognition memory. To examine these accounts, researchers should include measures tapping these regions in studies of aging effects on recognition memory. Finally, Perfect (1997) suggested that it is necessary to check that a global cognitive decline is not responsible for the correlation found by some studies between recollection and frontal lobe function (Parkin & Walter, 1992).

#### *Implications for the Neuropsychology of Memory*

The finding that the test format may influence the relative contribution of the recognition memory processes has implications for the neuropsychological exploration of memory. There is currently a debate regarding the effect of amnesia on recognition memory. Many studies have reported that recognition is affected in amnesic patients in the same way as is recall (Haist, Shimamura, & Squire, 1992; Manns & Squire, 1999; Reed & Squire, 1997; Squire & Knowlton, 1995; Squire & Shimamura, 1986). However, some other studies have shown that amnesic patients with a lesion restricted to the hippocampus or related structures (including the fornix, mammillary bodies, anterior thalamus, and possibly some parts of the cingulate cortex) may have a preserved performance on recognition memory (Aggleton & Shaw, 1996; Baxendale, 1997; Hirst et al., 1986; Hirst, Johnson, Phelps, & Volpe, 1988; Mayes et al., 2001; Vargha-Khadem et al., 1997). This dissociation between recognition and recall may be due to a preservation of familiarity and a deficit of recollection. From this, it can be predicted that recognition memory may be relatively preserved in hippocampal amnesic patients, at least when the recognition performance depends primarily on familiarity rather than recollection. Our findings support the assumption that forced-choice recognition memory tasks may rely more on familiarity than do yes–no recognition

memory tasks. Therefore, we could predict a better performance on forced-choice recognition memory tasks than on yes–no recognition memory tasks in patients with lesions restricted to the hippocampus or related structures, at least for material similar to that used in this experiment.

Besides these theoretical considerations, the possibility that this population of patients could recognize previously presented information among others by estimating the familiarity of each may also have some clinical interest. One could facilitate the memory of these individuals in everyday life by providing multiple choices as frequently as possible instead of requiring recall and by encouraging the reliance on familiarity-based estimations in such situations.

In summary, it appears that the test format may influence the contribution of recollection and familiarity to recognition memory performance when unfamiliar faces are used as the task material. As suggested by Aggleton and Shaw (1994) and Parkin et al. (1994), forced-choice recognition memory may rely more heavily on familiarity than does yes–no recognition memory. However, it is necessary to take into account other possible factors, such as the similarity between the targets and the distractors. Such factors may interact with the test format to modulate the contribution of both recognition processes. At least on the tasks we used, people who base their recognition decisions on familiarity rather than on recollection should perform better on the forced-choice task than on the yes–no task. This pattern of results was found in a group of older participants who showed a decrease of recollection and an increase in familiarity. Future research should explore this issue in amnesia.

### Appendix

Remember–Know–Guess Instructions for the Yes–No Task (variations of the instructions for the forced-choice task are presented in parentheses)

#### *Remember*

Often, when you recognize a face, you remember that you have seen it before and you remember in which precise context you have met this face. You can also remember an event, a feeling or a thought that occurred when you first saw this face. For example, when you saw that face for the first time, you found that he looked like your cousin or you noticed a particular feature. So we ask you to classify as “Remember” a “yes” response (a response) for which you retrieve information about the encoding context. An example in everyday life would be the following: you are walking in the street and you meet a person that you recognize because you remember having seen him/her at your sister’s wedding, or because you remember having seen him/her in the bus last week.

#### *Know*

We ask you to classify a “yes” response (a response) as “Know” if you do not remember any information associated with the face. You are sure that you have seen it because you have a strong feeling of familiarity, but you do not remember any information encoded with the face, such as when you saw it or any element that you could have noticed. In everyday life, such a “Know” situation could be: walking in the street and meeting somebody you recognize. You know that you have already seen him/her before, but you cannot remember who this person is, where you first saw him/her, nor when. The only thing you know is that this person seems familiar.

#### *Guess*

It is also possible that you do not remember any information encoded with the face and that you are not sure whether it is familiar. However, neither are you certain that you have not seen it before. In such a case, you can “guess.”

(You can guess if you do not remember any of the faces. If no face seems familiar or if you do not remember any information about the learning context of any of them, you cannot respond that you “remember” or “know.” Because you have to choose one face, you can guess.)

# The effects of the test format and the level of similarity between targets and foils on the contribution of recollection and familiarity to recognition memory

Christine Bastin<sup>1</sup>, Andrew R. Mayes<sup>2</sup>, Daniela Montaldi<sup>2</sup>, Valérie Buscemi<sup>1</sup>, Thérèse Havelle<sup>1</sup>, Tom J. Spencer<sup>2</sup>, and Martial Van der Linden<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences Cognitives, Université de Liège

<sup>2</sup> Department of Psychology, University of Liverpool

<sup>3</sup> Unité de Psychopathologie Cognitive, Université de Genève

---

\* This work was supported by a grant from the French Community of Belgium: "Actions de Recherche Concertées (convention 99/04-246)" and by a Travel Grant from the French Community of Belgium (Concours de bourses de voyage 2002 - n°02-02).

## ABSTRACT

The present study aims to test a prediction from the computational dual-process model of recognition memory proposed by Norman and O'Reilly (2003). In this model, recollection is mediated by the hippocampus and familiarity by the medial temporal lobe cortices (MTLC). The model predicts that the contribution of recollection and familiarity to a recognition memory task should interact with the test format (yes/no versus forced-choice) and the degree of similarity between the targets and the foils. More specifically, when the foils are similar to the targets, only hippocampal recollection should help discriminate between them in a yes/no task. In all other conditions (forced-choice task with similar target-foil pairs and tasks with dissimilar target-foil pairs), both recollection and familiarity should be equally efficient basis for recognition decisions. We tested this prediction, first, by preventing young participants from using recollection in a response deadline, and second, by examining the effects of aging on performance in the different conditions. The results indicated that time pressure at responding affected the tasks with foils similar to the targets more than the tasks with dissimilar pairs, regardless of the test format, but familiarity remained an efficient basis for recognition decisions. In addition, recognition memory in the different tasks was affected in the same way by aging. Therefore, this study does not seem to support the prediction from Norman and O'Reilly's (2003) model. Moreover, the results confirm that the test format can influence the contribution of recollection and familiarity to recognition memory, as familiarity-based decisions were more frequent in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks.

## INTRODUCTION

Dual-process models of recognition memory assume that recognition of prior events depends on two processes: recollection and familiarity (Mandler, 1980; Jacoby & Dallas, 1981; Tulving, 1985; Yonelinas, 1994). Recollection involves the conscious retrieval of the specific details of the event and of contextual information associated with it at encoding, whereas familiarity is a feeling that the event has previously been encountered, produced without any recollection.

From a neurobiological point of view, it is believed that recollection depends on the hippocampus, whereas familiarity may arise in the neocortex surrounding the hippocampus, particularly in the perirhinal cortex (Aggleton & Brown, 1999, but see Squire & Zola, 1998, for an alternative view). Based on McClelland, McNaughton and O'Reilly's (1995) Complementary Learning Systems model, the computational dual-process model of recognition memory developed by Norman and O'Reilly (2003) describes how the hippocampus mediates recollection and how the medial temporal lobe cortices (MTLC) mediate familiarity. According to this model, the hippocampus can learn new episodes rapidly in a manner that allows pattern completion. Pattern completion refers to the ability to reactivate the complete stored representation from partial cues. Critically, the hippocampus stores episodes using pattern separation, that is, by assigning non-overlapping representations to different episodes. This property thus attributes a unique representation to each episode, distinct from the representation of similar episodes. In recognition memory, an item is recollected when the information that is retrieved matches the test probe, while the retrieval of mismatching features leads to the rejection of the test item. By contrast, the MTLC learns new information slowly by discovering progressively, through repetitions, the general structure common to a set of events. The MTLC assigns similar representations to similar stimuli, allowing generalising to novel stimuli depending on their similarity with previously encountered stimuli. However, even if the MTLC can learn only slowly regularities in the environment, as early as the first encounter with an item, small but reliable changes occur in the cortical connections, so that the representations of familiar items become sharper. The MTLC produces a familiarity signal, the strength of which increases as a function of the degree of resemblance of the test probe to the stored representations. Thus, whereas the hippocampus is responsible for the recollection of the specific details of studied items, the MTLC



provide a measure of the familiarity of an item by evaluating holistically the degree of matching between the retrieval cue and stored representations.

The model is particularly interesting because it produces several testable predictions (Norman & O'Reilly, 2003). Here, we focused on the prediction of an interaction between the format of the recognition memory test and the relatedness of foils to studied items when considering the contribution made by recollection and familiarity to performance. According to the model, when foils are unrelated to the targets, recollection as well as familiarity can lead to a good discrimination regardless of the test format. By contrast, only the recollection process should help discriminate between targets and very similar foils in a yes/no task. In this condition, familiarity does not provide a good basis for discrimination because the foils should trigger strong feelings of familiarity, and familiarity would lead to high rates of false recognition. However, as the hippocampus encodes pattern-separated representations of the stimuli, it should be able to reject related foils on the basis of non-matching features. In a forced-choice task with similar foils, the small but reliable and correlated differences in the familiarity signal between a target and its corresponding foil(s) can still be used as a basis for recognition decisions. In summary, the model predicts that recollection should be the only process able to discriminate between targets and very similar foils when the recognition test is a yes/no one, whereas familiarity may be sufficient in all other conditions.

Empirical support for this prediction comes from the study of an amnesic patient (YR) with focal hippocampal damage (Holdstock et al., 2002). This patient was severely impaired on recall tasks, whereas her performance was relatively normal on a large number of yes/no and forced-choice recognition tasks in which the foils were not strongly related to the target items (Mayes, Holdstock, Isaac, Hunkin, & Roberts, 2002). When assessed by means of the Remember/Know procedure (Gardiner, 1988), familiarity appeared to be preserved in YR (Holdstock et al., 2002). This suggested that YR was unable to use recollection, but could still rely on familiarity-based recognition. When tested on yes/no and forced-choice tasks using foils very similar to the targets, YR's performance was impaired on the yes/no task, but not on the forced-choice task, as predicted by Norman & O'Reilly's model.

In the present study, we further tested this prediction in two ways. First, we

examined the performances of young participants who are prevented from using recollection on yes/no and forced-choice recognition tasks varying in terms of the similarity between targets and foils. In order to prevent young participants from using recollection, we exploited the temporal properties of recollection and familiarity. Several studies have suggested that these two processes have different temporal dynamics. More specifically, familiarity appears to be faster than recollection. Indeed, a number of experiments, which examined after how much processing time the performance in a given task exceeds chance (speed-accuracy trade-off method), have found that familiarity-based item recognition was available earlier than the retrieval of specific details, contextual information, and associations (Gronlund & Ratcliff, 1989; Hintzman & Caulton, 1997; Hintzman, Caulton, & Levitin, 1998; Hintzman & Curran, 1994). Moreover, several studies have applied a response deadline method to the process dissociation procedure (Jacoby, 1991), which estimates the contribution of recollection and familiarity to performance within one task. In the response deadline method, performance of participants who are forced to respond within a very short time limit after the presentation of the test item (e.g. within 1 s; speeded condition) are compared with that of participants who have no time limit to respond or a much longer limit (e.g. 2.5 s; non-speeded condition). These studies have shown that recollection decreased in the speeded condition compared to the non-speeded condition. By contrast, familiarity seems unaffected by this response deadline manipulation (Benjamin & Craik, 2001; Jacoby, 1999; Jacoby, Jones, & Dolan, 1998; Toth, 1996; Yonelinas & Jacoby, 1994, experiment 3; Yonelinas & Jacoby, 1996a). It should be noted that one study examined Remember and Know judgments reported after recognition responses made under a speeded or a non-speeded condition (Gardiner, Ramponi & Richardson-Klavehn, 1999). Gardiner et al. found that both Remember and Know responses increased after a long response deadline compared to a short response deadline.

In Experiments 1 and 2, the response deadline method was used to eliminate most of the recollective contribution to performance, so that the observed performance should primarily reflect the contribution of familiarity. Concretely, in Experiment 1, young subjects performed four recognition tasks without time pressure at responding. The four tasks varied in terms of test format and level of similarity between the targets and the foils: there were a yes/no task and a forced-choice task with foils very similar to the targets, and a yes/no task and a forced-

choice task with foils which were not similar to the targets. Experiment 1 thus provided recognition accuracy and response times in a non-speeded condition. In Experiment 2, a short response deadline was applied to the recognition tasks. By comparing the drop of performance between the non-speeded condition and the speeded condition in each of these tasks, it should be possible to identify the condition(s) where familiarity is not a good basis for recognition. According to Norman and O'Reilly's model (2003), recollection would be crucial only in the yes/no task with very similar foils. Hence, we expected a larger decrease in performance in this task compared to the others when speeded responses were required.

Second, we tested the prediction of an interaction between recognition processes, test format and relatedness of the foils to the targets in older adults. In Experiment 3, young and older adults performed the four recognition memory tasks without time pressure at responding. Previous studies have shown that aging decreases recollection, but does not affect familiarity (Clarys, Isingrini, & Gana, 2002; Java, 1996; Mäntylä, 1993; Parkin & Walter, 1992; Perfect & Dasgupta, 1997; Perfect, Williams, & Anderton-Brown, 1995). Therefore, in line with Norman and O'Reilly's prediction, we expected greater age differences on the yes/no task with foils very similar to the targets than on any other conditions. Furthermore, in order to estimate which process the young and older participants used in the four recognition memory tasks, Remember/Know/Guess responses (Gardiner, Java, & Richardson-Klavehn, 1996) were examined.

It should be noted that, in the present study, similarity was manipulated at a perceptual level (Tulving, 1981). The material consisted of unfamiliar morphed faces, whose similarity was manipulated by modifying the percentage of features that target and foil faces had in common.

## **EXPERIMENT 1**

The purpose of this experiment was to measure recognition accuracy in young participants and to obtain the response times in each recognition memory task when response was not constrained by any time pressure (non-speeded condition).

It should be noted that applying the response deadline method on tasks that

differ in terms of difficulty may be problematic because potential differences in the amplitude of the decrease in performance could be masked by low performance on some tasks, leaving little room for downward variation. Therefore, it was necessary to match the performance between the tasks in order to avoid this scaling problem. Based on pilot work, it was found that similar level of performance was achieved when the study list was presented 5 times in the tasks involving foils similar to the targets and twice in the tasks involving foils unrelated to the targets<sup>1</sup>. As both recollection and familiarity appear to increase with study duration (see Yonelinas, 2002 for a review), manipulating the number of presentations of the study list should not affect one process disproportionately compared to the other. Indeed, it was important to enhance the performance level without changing the contribution of recollection and familiarity.

The examination of the response times (RTs) was interesting for two reasons. First, this gave indication about the influence of the test format and of the similarity between targets and foils on the recognition decision times. To our knowledge, this has never been investigated. Second, the RTs in the non-speeded condition served as the basis for choosing the response deadline in Experiment 2.

## Method

### *Participants*

Sixty-four young adults were volunteers in this experiment. There were 32 men and 32 women. Most of them were undergraduate students from the University of Liège, Liège, Belgium. Their mean age was 21.31 years old (SD = 1.91). The participants performed the Doors subtest from the Doors and People test (Baddeley, Emslie, & Nimmo-Smith, 1994), so we could check whether the participants in the different tasks and conditions (speeded versus non-speeded) were equivalent in terms of visual memory abilities. The participant's total score for the two parts of the Doors test (maximum = 24) was  $19.70 \pm 2.27$ .

---

<sup>1</sup> Two presentations of the study list were chosen instead of one presentation for two reasons. First, two presentations of the study list brought the performance to a good level, without being at ceiling. Second, we preferred to make the conditions broadly equivalent by having multiple presentations of the study list in each task, instead of contrasting tasks with a single study trial with tasks with multiple study trials.

### *Materials*

The stimuli consisted of morphed faces. The material was constructed on the basis of 513 black and white pictures of faces from different databases. A set of 336 faces of men without glasses, a beard or a moustache were selected from the FERET database (Phillips, Wechsler, Huang, & Rauss, 1998). Another set of 177 faces, with similar characteristics as those from the FERET database, were selected from an experimental database constituted at the University of Sheffield, UK. By means of the software MorphEditor, pairs of morphed faces were obtained by incorporating the facial features of one “master” face into two other faces, so that the two faces had the features taken for this “master” face in common. For the similar set, 168 faces from the FERET database and 90 faces from the Sheffield database were morphed in order to obtain 86 pairs of faces having 55 % of features in common. That is, 55 % of the features in each face of the pair came from a “master” face. For the dissimilar set, 168 faces from the FERET database and 87 faces from the Sheffield database were morphed in order to obtain 85 pairs of faces having 20 % common features. Because the morphing procedure can create some small detectable artefacts, it was necessary to use morphed faces for the dissimilar set, rather than pairs of unmorphed faces, in order to make the dissimilar set as comparable as possible with the similar set.

In order to select a homogeneous set of items that were neither too easy nor too difficult to discriminate, 60 pairs were retained in each set. The selection was done by means of two matching tasks, one for the similar-pair set and one for the dissimilar-pair set. In each task, three faces were shown: a pair of faces together with a target which was identical to one face from the pair. Thirty-two young participants (different from those who took part in the experiment) had to decide as quickly as possible which of the two faces was the same as the target. In each task, we selected the 60 pairs for which the proportion of correct responses and the reaction times were the closest to the mean.

A comparison of the proportion of correct responses and reaction times for the remaining 60 pairs in each task confirmed that similarity was greater for the similar set compared to the dissimilar set. Indeed, the proportion of correct responses was greater for the dissimilar pairs than for the similar pairs (Dissimilar:  $M = .94$ ,  $SD = .05$ ; Similar:  $M = .88$ ,  $SD = .09$ ,  $t(31) = 3.25$ ,  $p < .01$ ). The response times were

slower for the similar pairs than for the dissimilar pairs (Dissimilar:  $M = 973$  ms,  $SD = 138$ ; Similar:  $M = 1407$  ms,  $SD = 408$ ,  $t(31) = -6.11$ ,  $p < .001$ ).

Each set of 60 pairs of faces was randomly divided into two subsets of 30 pairs. Four recognition memory tasks were constructed: two tasks involving pairs of similar faces (one yes/no and one forced-choice task) and two tasks involving pairs of dissimilar faces (one yes/no and one forced-choice task). Different versions were constructed so that each face from a pair appeared equally often as a target and as a foil and each pair was tested in a forced-choice task as often as in a yes/no task.

In the study phase of the tasks, 26 faces were presented for 2s each. In the tasks involving dissimilar target-foil pairs, when all the 26 faces had been shown, the set was presented a second time in another order. In the tasks involving pairs of similar faces, there were five consecutive presentations of the study list. The order of the items was different for each presentation. During the retention interval, the participants were submitted to a short practice involving four new faces in order to familiarise them to the format of the task (either yes/no or forced-choice). In the test phase of the yes/no task, the participants saw a list consisting of the 26 target faces randomly intermixed with 26 foils. In the test phase of the forced-choice task, 26 target-foil pairs were presented. The faces were presented side by side, the target being on the right in half of the trials.

### *Procedure*

The participants were tested individually. They were divided into four groups of 16 participants. Each group performed a different recognition memory task: a yes/no task with foils similar to the targets (yes/no similar), a yes/no task with dissimilar target-foil pairs (yes/no dissimilar), a forced-choice task with foils similar to the targets (forced-choice similar), and a forced-choice task with dissimilar target-foil pairs (forced-choice dissimilar). Participants in each group were equivalent in terms of age,  $F(3, 60) = 0.94$ ,  $p > .42$ , and Doors score,  $F(3, 60) = 0.19$ ,  $p > .90$ .

The tasks were presented via a portable personal computer. Participants were asked to look carefully at the faces and try to remember them. They were informed about the kind of test that would follow the study phase. Independently of the actual level of similarity of the pairs, the participants were told that, at test, some

new faces might look very similar to the faces they saw at study. They were then advised to try to encode as many features as possible in order to be able to discriminate between very similar faces at test. During the retention interval, an example of the kind of items they might see at test was presented, so the participants knew what level of similarity they could expect between the foils and the targets. In the yes/no task, the participants had to say for each face whether they had seen it before. In the forced-choice task, the instructions were to decide which of the two faces had been presented. The participants were instructed to respond as quickly and accurately as possible by pressing one of two keys on the computer keyboard. The faces stayed on the screen until the response was made.

## Results

### *Recognition accuracy*

Hits and false alarms on the yes/no tasks and the proportion of correct responses on the forced-choice tasks are presented in Table 1. In order to compare the tasks, we calculated  $d'$  scores (see Table 1). For the yes/no tasks, the  $d'$  values were obtained from the hits and false alarms, and for the forced-choice tasks, they were computed from the proportion of correct responses by means of a corrected formula (Macmillan & Creelman, 1991). An ANOVA on the  $d'$  scores with the Test Format (yes/no versus forced-choice) and Similarity of the target-foil pairs (similar versus dissimilar) as between-subject variables did not show any significant effect (Test Format:  $F(1, 60) = 3.86, p > .05$ ; Similarity:  $F(1, 60) = 0.83, p > .36$ ; interaction:  $F(1, 60) = 2.07, p > .15$ ), suggesting that the performances in the tasks were globally matched.

Table 1. Recognition accuracy as a function of the test format and the level of similarity between targets and foils.

| Tasks                    | Hits / Proportion correct | False alarms | d'          |
|--------------------------|---------------------------|--------------|-------------|
| Yes/no similar           | .81 ± .06                 | .14 ± .11    | 2.11 ± 0.55 |
| Yes/no dissimilar        | .76 ± .12                 | .10 ± .10    | 2.18 ± 0.69 |
| Forced-choice similar    | .91 ± .07                 |              | 2.03 ± 0.62 |
| Forced-choice dissimilar | .87 ± .06                 |              | 1.69 ± 0.45 |

### *Response times*

For each participant, the median of the response times across all test items was calculated. The mean total response times as well as the standard deviations and the range in each task are provided in Table 2. An ANOVA with Test Format (yes/no versus forced-choice) and Similarity of the target-foil pairs (similar versus dissimilar) as between-subject variables was conducted on total response time. It showed a main effect of Test Format,  $F(1, 60) = 22.05$ ,  $p < .001$ , due to the longer RTs in the forced-choice tasks compared to the yes/no tasks. Moreover, there was no effect of Similarity,  $F(1, 60) = 0.29$ ,  $p > .59$ , and no Test Format by Similarity interaction,  $F(1, 60) = 0.29$ ,  $p > .59$ .



Table 2. Mean Response time (and standard deviations) expressed in ms as a function of the test format and the level of similarity between targets and foils.

| Tasks                    | Total reaction time | Range       |
|--------------------------|---------------------|-------------|
| Yes/no similar           | 1334 ± 340          | 888 – 1918  |
| Yes/no dissimilar        | 1222 ± 288          | 857 – 1898  |
| Forced-choice similar    | 1768 ± 511          | 1140 – 2713 |
| Forced-choice dissimilar | 1768 ± 488          | 1128 – 2732 |

The wide range of RTs in each task indicated an important inter-individual variability (which reached a between-subject difference of 1604 ms in the forced-choice task with dissimilar target-foil pairs). In order to reduce this variability, the RTs were transformed into a log scale for each participant. The analyses on the logRTs yielded the same results as the analyses previously reported.

## Discussion

The Experiment 1 showed that presenting the study list five times in the tasks with similar target-foil pairs and twice in the tasks with dissimilar target-foil pairs yield equivalent levels of performance across the four recognition tasks. In Experiment 2, these accuracy measures obtained in a non-speeded condition will be compared to the performance in the tasks when a short response deadline method is applied, in order to examine whether preventing the participants from using recollection leads to a greater decrease of performance in the yes/no task with similar target-foil pairs than in the other tasks.

The main result regarding the response times concerns the longer RTs for the forced-choice tasks compared to the yes/no tasks, regardless of the level of similarity between the targets and the foils. One possible explanation refers to the

number of items that the participants have to look at in each test trial. Intuitively, looking at a pair of faces in the forced-choice tasks should take longer than considering a single face in the yes/no tasks. In order to test this hypothesis, we compared the RTs in tasks that resembled the recognition tasks, but which required minimal memory demands and consequently should tap mainly perceptual analysis. For each recognition memory task, a 0 s-delay version was created. In these tasks, 26 faces were presented. Immediately after the presentation of each face (the delay was 250 ms), the participants saw either the same face or its corresponding foils in the yes/no version. They had to decide as quickly as possible whether the face was the same as the one that had appeared just before. In the forced-choice version, each item was followed by a pair, consisting of the target face and its foil. The instructions were to indicate as quickly as possible which of the two faces was the same as the one just presented. A different group of 16 young participants performed each task (varying in terms of test format and similarity between targets and foils). An ANOVA on total RTs with Test Format and Similarity as between-subject variables indicated that the effect of Test Format was not significant,  $F(1, 60) = 0.04$ ,  $p > .84$  (yes/no:  $M = 805$  ms,  $SD = 184$ ; forced-choice:  $M = 814$  ms,  $SD = 236$ ). By contrast, there was a main effect of Similarity,  $F(1, 60) = 15.18$ ,  $p < .001$ , indicating that the RTs were longer for similar target-foil pairs than for dissimilar target-foil pairs (similar:  $M = 902$  ms,  $SD = 213$ ; dissimilar:  $M = 717$  ms,  $SD = 162$ ). The Test Format by Similarity interaction was not significant,  $F(1, 60) = 2.07$ ,  $p > .15$ . Thus, surprisingly, it seems that the time dedicated to the perceptual analysis of the items in the 0 s-delay recognition tasks is not influenced by the number of faces inspected; at least when the number of faces involved is small<sup>2</sup>.

If the participants did not respond more slowly in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks because they needed more time to look at two faces compared to one face, one can suppose that, for some reason, the memory processes (either recollection or familiarity or both) takes more time in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. Whatever the answer to this question, the difference in RTs

---

<sup>2</sup> In order to further explore the effect of the number of faces to look at on RTs, we compared the RTs in the matching task used for the selection of the material (decide which of two faces is the same as a third one), in which each trial consisted of three faces, with the RTs in a matching task in which the trials involved two faces (deciding whether two faces are the same or different). There was no difference related to the number of faces appeared in the RTs.

between both test formats needs to be taken into account when setting the time limit in the speeded condition. Indeed, if the response deadline were the same for all the tasks (say, e.g., respond after 800 ms of presentation of the test item), the actual time pressure would be much more severe in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. Consequently, the speeded condition would affect the recognition processes more in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks, making it impossible to test the prediction. Therefore, in order to apply the same time pressure to all the tasks in Experiment 2, the same amount of time was removed from the median of the response times obtained in Experiment 1.

## EXPERIMENT 2

In Experiment 2, a short response deadline was applied to the four recognition tasks. By forcing the participants to respond quickly, recollection should not be completed, whereas familiarity should already be available (Benjamin & Craik, 2001; Gronlund & Ratcliff, 1989; Hintzman & Caulton, 1997; Hintzman et al., 1998; Hintzman & Curran, 1994; Jacoby, 1999; Jacoby et al., 1998; Toth, 1996; Yonelinas & Jacoby, 1994, experiment 3; Yonelinas & Jacoby, 1996a). More plausibly, as the time course of the two processes may overlap, the time pressure should eliminate most of the recollective contribution and allow most of the familiarity process to be completed.

The objective of this manipulation was to examine in which condition familiarity would be of little use for recognition decisions. According to Norman and O'Reilly's model (2003), familiarity should not be efficient in discriminating between targets and very similar foils in yes/no recognition memory. In this condition, recollection is necessary to reject the foils which should be felt familiar. By contrast, when the format allows a comparison between a target and its corresponding foil, differences in the familiarity values of each of them can be used to choose the studied item. When the foils are not strongly related to the targets, familiarity as well as recollection can be used efficiently in yes/no and forced-choice recognition memory tasks. Therefore, the model predicts that, compared to the non-speeded condition (Experiment 1), performance should drop more dramatically in the yes/no task with similar target-foil pairs (in which familiarity should not provide a sufficient basis for recognition) than in other conditions.

In addition, Experiment 1 showed that there was some variability in the RTs of the participants within each task. Some tended to respond very quickly, whereas others were slower. Thus, the speeded manipulation might not place all the participants in front of the same demands. In order to see whether the performance observed in the speeded condition was related to the “natural” RTs of the participants, an additional recognition memory task of the same format as the speeded task (yes/no or forced-choice) was performed by each subject. Performance in the speeded condition was examined when participants with RTs in the additional recognition task much shorter or much longer than the group’s mean are excluded.

## Method

### *Participants*

Seventy-three young adults (27 men and 46 women) participated to this experiment. Most of them ( $n = 64$ ) were undergraduate students from the University of Liverpool, UK. The other participants were undergraduate students from the University of Liège, Belgium. Their mean age was 21.30 years old ( $SD = 5.73$ ) and their mean score on the Doors test was 20.51 ( $SD = 2.58$ ). They were comparable to the participants from Experiment 1 (age:  $F(1, 129) < .001, p > .97$ ; Doors:  $F(1, 129) = 3.58, p > .06$ ).

### *Materials and Procedure*

*Speeded Recognition Memory Tasks.* The participants were randomly divided into 4 groups depending on the task they performed: yes/no similar ( $n = 18$ ), yes/no dissimilar ( $n = 19$ ), forced-choice similar ( $n = 18$ ) and forced-choice dissimilar ( $n = 18$ ). Participants in each group were equivalent in terms of age,  $F(3, 69) = 0.62, p > .60$  and Doors score,  $F(3, 69) = 0.75, p > .52$ .

As the forced-choice and the yes/no tasks differed in terms of RTs (see Experiment 1), the response deadline in each test format was calculated on the basis of the median of the RTs obtained in Experiment 1. On average, the RTs were 1182 ms in the yes/no task and 1597 ms in the forced-choice task. Based on pilot work, the time pressure was set to 432 ms, so that the participants had to

respond within 750 ms of the presentation of the test item in the yes/no tasks and within 1165 ms in the forced-choice tasks. The 750 ms deadline in the yes/no tasks corresponds broadly to the deadline used in other studies (Benjamin & Craik, 2001; Gardiner, Ramponi, & Richardsdon-Klavehn, 1999; Toth, 1996; Yonelinas & Jacoby, 1994). In the yes/no tasks, the faces were presented for 250 ms, and in the forced-choice tasks, the pairs of faces stayed on the screen for 665 ms. The response signal then appeared and the participants had to make their response within 500 ms.

Prior to the task, the participants were trained to respond within a certain delay. The training task was presented as a task looking at speed of perceptual processing of faces. A list of 60 black and white pictures of faces of men, in a three-quarters pose, was presented. Half of the faces were looking to the right and the other half to the left. The participants were instructed to indicate in which direction the face was looking by pressing one of two keys. The face stayed on the screen for a limited amount of time (either 250 ms or 665 ms). It was then replaced by a row of asterisks which represented the response signal. The participants were asked to make their response as soon as the response signal occurred, but not before. They were also told that, as soon as the signal appeared, they had 400 ms to press the key corresponding to their answer. A feedback, indicating whether the response occurred within the 400 ms delay or not, followed and stayed for 2 s. The participants who were to perform a yes/no task received the training task in which the face stayed 250 ms on the screen, whereas the participants who were to perform a forced-choice task received a training task with a 665 ms delay.

After this training task, the participants performed the speeded recognition memory task. The material, the study phase and the retention interval were similar to that from Experiment 1. The procedure in the test phase was similar to the procedure of the training task. After a 1 s fixation point, each test item was presented for 250 ms in the yes/no tasks and 665 ms in the forced-choice task. Then, the response signal (a row of asterisks) appeared. The participants were instructed to indicate whether they had seen the face (yes/no tasks) or which of the two faces had been presented before (forced-choice tasks) as soon as the signal occurred. They were also told that they had to make their response within 400 ms after the appearance of the signal (the actual cut-off used in the analysis was 500 ms). There was no feedback regarding the fact that the answer was within the 400

ms delay, but participants who tended to wait too long before making a response were asked to try to respond faster.

*Additional Recognition Memory Task.* After the completion of the speeded recognition memory task, the participants performed the Doors test. Finally, they were administered a recognition memory task, which was of the same format as the speeded task. The material consisted of 52 black and white pictures of faces of men. The set was randomly divided into two subsets of 26 faces, one designated as targets and the other as foils. A yes/no recognition memory task and a forced-choice recognition memory task were constructed with this material. In the study phase, the list of 26 faces was presented for 3 s each. The participants were instructed to look carefully at the faces and to try to remember them. Immediately after the presentation of the faces, the test phase began. The participants had to say as quickly and accurately as possible whether they had seen each face presented in the yes/no task or which of two faces they had seen before in the forced-choice task.

## Results

*Speeded recognition memory tasks.* Seven participants failed to respond within 500 ms for more than 50% of the trials. Their data were discarded from the analysis. For the remaining participants (min. 15 in each group), only the trials for which the participant responded within 500 ms after the appearance of the response signal were considered when computing the hit and false alarm rates or proportion of correct responses. This 500 ms RT cut-off excluded 17.5% of the responses (27% in the yes/no similar task, 22% in the yes/no dissimilar task, 9% in the forced-choice similar task, and 12% in the forced-choice dissimilar task).

The hits and false alarms in the yes/no tasks and the proportions of correct responses in the forced-choice tasks are reported in Table 3, together with the  $d'$  scores. An ANOVA on the  $d'$  scores with Test Format (yes/no versus forced-choice) and Similarity of the target-foil pairs (similar versus dissimilar) as between-subject variables indicated no effect of Test Format,  $F(1, 62) < 0.01$ ,  $p > .96$ , no effect of Similarity,  $F(1, 62) = 2.51$ ,  $p > .11$ , and no interaction,  $F(1, 62) = 0.40$ ,  $p > .52$ .

Table 3. Recognition accuracy as a function of the test format and the level of similarity between targets and foils in the speeded recognition memory tasks.

| Tasks                       | Hits /<br>proportion<br>correct | False alarms | d'          | Decrease in<br>performance<br>compared to<br>the non-<br>speeded<br>condition* |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------|-------------|--|
| Yes/no similar              | .78 ± .16                       | .41 ± .19    | 1.13 ± 0.70 | 0.98 ± 0.70  |
| Yes/no<br>dissimilar        | .79 ± .14                       | .30 ± .20    | 1.58 ± 1.03 | 0.60 ± 1.03  |
| Forced-choice<br>similar    | .78 ± .12                       |              | 1.27 ± .73  | 0.76 ± 0.73  |
| Forced-choice<br>dissimilar | .82 ± .14                       |              | 1.46 ± .75  | 0.23 ± 0.75  |

Note. \* difference between the mean d' score in each task in Experiment 1 and the d' scores in Experiment 2.

In order to examine whether performance decreased in the speeded condition compared to the non-speeded condition (Experiment 1), two analyses were carried out. First, the d' scores from this experiment were compared to the scores from the same tasks in the non-speeded condition. An ANOVA with the Condition (speeded versus non-speeded), the Test Format and the Similarity between targets and foils as between-subject variables revealed that performance was globally poorer in the speeded condition than in the non-speeded condition,  $F(1, 122) = 26.23, p < .001$ . There was no other significant effect. Moreover, in the yes/no tasks, the hit rates were not affected by the speeded manipulation,  $F(1, 60) < 0.01, p > .94$ . By contrast, the false alarms increased from around .12 in the non-speeded condition to .35 in the speeded condition,  $F(1, 60) = 35.37, p < .001$ . This effect was the same in both the yes/no tasks with similar pairs and with dissimilar pairs,  $F(1, 60) = 0.90, p > .34$ . In the forced-choice tasks, the proportion of correct responses

decreased from the non-speeded condition ( $M = .89$ ) to the speeded condition ( $M = .80$ ),  $F(1, 62) = 12.77$ ,  $p < .001$ , and this was the case regardless of the level of similarity of the targets and the foils,  $F(1, 62) = 2.02$ ,  $p > .16$ .

Second, the amplitude of the decrease in performance as a result of the time pressure at responding was calculated by subtracting the individual  $d'$  scores from the mean  $d'$  score obtained by the participants in the non-speeded condition. Because they were equivalent in terms of age and visual memory abilities, it is plausible that the participants in Experiment 2 would have achieved a similar performance than the participants in Experiment 1 if they had been tested in a non-speeded condition. An ANOVA with the Test Format and the Similarity between targets and foils as between-subject variables indicated that the amplitude of the drop in performance was greater in the tasks involving similar target-foils pairs than in the tasks involving dissimilar pairs,  $F(1, 62) = 5.08$ ,  $p < .05$ . There was no effect of Test Format,  $F(1, 62) = 2.12$ ,  $p > .14$ , and no interaction,  $F(1, 62) = 0.14$ ,  $p > .70$ .

*Additional Recognition Memory Task.* An ANOVA with the Test Format (yes/no versus forced-choice) on the  $d'$  scores in the additional recognition memory task did not show any difference in performance between the two formats (yes/no:  $1.90 \pm .80$ ; forced-choice:  $1.63 \pm .68$ ),  $F(1, 62) = 2.08$ ,  $p > .15$ . The response times were slower in the forced-choice task ( $M = 1201$  ms) than in the yes/no task ( $M = 886$  ms),  $F(1, 62) = 8.30$ ,  $p < .01$ .

An examination of individual RTs in the additional recognition memory tasks revealed that 3 participants had RTs that were much longer than the group's mean (more than 2 standard deviations from the mean). When these participants were excluded, the analyses yielded similar results to the analyses on all the participants.

## Discussion

Experiment 2 provides a test for the prediction of Norman and O'Reilly's model (2003). The prediction was that forcing participants to respond within a short delay should hinder performance on the yes/no tasks with similar target-foil pairs more



than on the other tasks, if this condition depends crucially on recollection.

The results did not confirm this prediction. The time pressure at responding did not affect the yes/no task with similar target-foil pairs more than the others. In contrast, the amplitude of the drop in performance from the non-speeded condition to the speeded condition seemed greater in the tasks involving similar target-foil pairs than in the tasks involving dissimilar target-foil pairs, regardless of the test format. However, the performance remained globally equivalent across the four tasks in the speeded condition. It is interesting to note that, in the yes/no tasks, the hit rates were not affected by the speeded manipulation, whereas the false alarms were. If we consider that false alarms primarily reflect the action of familiarity (Dobbins, Khoe, Yonelinas, & Kroll, 2000; Yonelinas, Dobbins, Szymanski, Dhaliwal, & King, 1996), this supports the idea that performance was mostly driven by familiarity in the speeded condition. Thus, assuming that the response deadline method was successful in preventing recollection from being completed and leaving familiarity unaffected, Experiment 2 suggests that familiarity was an efficient basis for recognition decisions regardless of the test format and the similarity between targets and foils, as performance was well above chance in all the tasks. Nonetheless, the greater effect of time pressure at responding on the tasks with similar pairs compared to the tasks with dissimilar pairs could mean that, when no constraint was placed on the recognition tasks, the participants tended to base their recognition decisions on familiarity more often in the tasks with dissimilar target-foil pairs than in the other tasks. Alternatively, it may be that recollection was involved to a greater extent in tasks with foils similar to the targets than in tasks with foils unrelated to the targets. Experiment 3 addresses the question of what processes are used by the participants in the unconstrained recognition tasks by means of the Remember/Know procedure (Gardiner, 1988).

Finally, the analyses of the RTs in the additional recognition tasks are consistent with the findings in Experiment 1. Responses were slower in the forced-choice task than in the yes/no task.

### EXPERIMENT 3

In this experiment, the four recognition memory tasks were administered to a group of young adults and a group of older adults. If a face was identified as old, the

subjects were asked to report the state of consciousness associated with their recognition response using the Remember/Know/Guess procedure (Gardiner et al., 1996). Remember responses correspond to the recollection of some specific information associated to the stimulus at the study phase, whereas Know responses refer to a feeling of familiarity in the absence of recollection. Guess responses provided a possibility to indicate that the participant was unsure about whether a face had really been presented or which of two faces appeared.

The main objective of this experiment was to examine how aging affects performance on recognition memory tasks as a function of their test format and the relatedness of the foils to the targets. As it has been shown that recollection decreases with aging, whereas familiarity remains intact (Clarys, Isingrini, & Gana, 2002; Java, 1996; Mäntylä, 1993; Parkin & Walter, 1992; Perfect & Dasgupta, 1997; Perfect, Williams, & Anderton-Brown, 1995), the examination of the conditions in which older participants' performance is particularly affected should indicate the circumstances under which familiarity is not effective and thus require recollection.

Another aim of this experiment was to examine whether the tasks differed in terms of the contribution of the recognition processes as a function of the test format and the similarity between the targets and the foils. Do participants use recollection in the yes/no task with similar target-foil pairs more than in any other condition as predicted by Norman and O'Reilly's model (2003)? Experiment 2 suggested that this might not be the case. Instead, the possibility arose that familiarity may be used particularly often in the tasks with dissimilar pairs. Both hypotheses will be tested in Experiment 3.

## Method

### *Participants*

Sixty-four young adults (32 women) and 64 older adults (32 women) took part in this experiment. In the young group, the mean age was 25.27 years old (SD = 4.64) and in the older group 65.95 (SD = 5.22). Both groups were matched in terms of the number of years of education (young: M = 14.16, SD = 1.90; old: M = 14.73, SD = 2.04,  $F(1, 120) = 2.83, p > .09$ ). On the Vocabulary subtest of the

WAIS-R, the older group performed better than the young group (young:  $M = 39.83$ ,  $SD = 9.00$ ; old:  $M = 48.81$ ,  $SD = 6.98$ ,  $F(1, 120) = 39.95$ ,  $p < .001$ ). In addition, the older participants were screened for dementia by means of the Mini Mental State Examination (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) and no pathological cognitive decline could be suspected in any of the participants ( $M = 29.23$  out of 30,  $SD = 0.83$ ).

### *Materials and procedure*

The participants in each age group were randomly divided into 4 groups of 16 subjects. Each group performed a different task. There was no difference in terms of age, education or vocabulary scores between the participants assigned to the four tasks (age: young,  $F(3, 60) = 1.11$ ,  $p > .35$ , old,  $F(3, 60) = 0.75$ ,  $p > .52$ ; education:  $F(3, 120) = 2.01$ ,  $p > .11$ ; vocabulary:  $F(3, 120) = 1.16$ ,  $p > .32$ ).

The materials and the tasks were identical to the ones used in Experiment 1, with the exception of the test instructions. Whenever the participants recognised a face in the yes/no tasks or chose one of the faces on the forced-choice tasks, they were asked to indicate whether they recollected the item (Remember response), they found it familiar (Know response) or just guessed (Guess response). The instructions defined Remember responses as remembering the encoding context of the face, remembering an event, a feeling or a thought that occurred when the participant first saw the face. Know responses should be used when the participant is sure that he or she has seen a face because it feels familiar, but without recollecting anything about it. Finally, when the participant was unsure, he or she could use Guess responses (see the Appendix of Bastin and Van der Linden, 2003, for exact instructions). The participants were also asked to justify their responses. Justifications were asked because we were interested in what would be recollected for faces, and whether the type of recollection would differ between the tasks.

The participants were tested individually. They were asked to make the recognition decision as quickly and accurately as possible by pressing a key. When the answer was “yes” in the yes/no task and after every answer in the forced-choice task, the face was replaced by a text mentioning “Remember, Know or Guess?”. Then the participants had to indicate orally whether their recognition was

a Remember, a Know or a Guess response, and to justify their response. The instructions insisted on the fact that their judgment had to reflect the basis of the just-made recognition decision.

## Results

*Recognition accuracy.* The hits and false alarms in the yes/no tasks and the proportions of correct responses in the forced-choice tasks in each age group are reported in Table 5. Global recognition accuracy was measured by means of  $d'$  scores (Table 4). An ANOVA with Age group, Test Format and Similarity as between-subject variables indicated a main effect of Age group,  $F(1, 120) = 14.39$ ,  $p < .001$ . Young adults ( $M = 2.03$ ) performed better than older adults ( $M = 1.61$ ). No other effect was significant. The fact that no interaction was significant is, however, surprising as the  $d'$  scores of both groups in the forced-choice task with similar target-foil pairs were very close to each other. In fact, separate ANOVAs on each task revealed that younger participants performed better than older participants in all the tasks, except the forced-choice dissimilar task [ $F(1, 120) = 0.03$ ,  $p > .85$ ]. These inconsistencies between the global ANOVA and the separate simple ANOVAs could result from a lack of statistical power, due to the small number of participants per cell.

Table 4. Recognition accuracy as a function of the task and age group.

| Task                     | $d'$        |             |
|--------------------------|-------------|-------------|
|                          | Young group | Older group |
| Yes/no similar           | 2.14 (0.49) | 1.53 (0.79) |
| Yes/no dissimilar        | 2.08 (0.64) | 1.58 (0.50) |
| Forced-choice similar    | 1.70 (0.56) | 1.74 (0.69) |
| Forced-choice dissimilar | 2.19 (0.67) | 1.60 (0.54) |

*Remember, Know and Guess responses.* Table 5 shows the proportions of Remember, Know and Guess responses for targets and foils in each task and each age group. Corrected scores (hits-false alarms) were calculated for each type of response and submitted to an ANOVA with Age group, Test Format and Similarity between targets and foils as between-subject variables. For Remember responses, the only significant effect was the main effect of Age group,  $F(1, 120) = 56.97, p < .001$ , showing that older adults reported less Remember responses than young adults.

Regarding the Know responses, older adults used more familiarity-based responses than young adults,  $F(1, 120) = 36.76, p < .001$ . In addition, there was a main effect of Test Format,  $F(1, 120) = 23.19, p < .001$ , indicating that Know responses were more frequent in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. Know responses also tended to be more frequent in the tasks involving dissimilar target-foils pairs than in the tasks with similar pairs, but this effect was only marginally significant,  $F(1, 120) = 2.96, p > .08$ . The Age group by Test Format interaction was significant,  $F(1, 120) = 5.62, p < .05$ , due to the fact that the age difference in the use of Know responses was greater in the forced-choice tasks ( $F(1, 120) = 35.56, p < .001$ ) than in the yes/no tasks ( $F(1, 120) = 6.82, p < .05$ ). No other effect was significant.

Table 5. Proportion of “old” responses to targets and foils as a function of the task and age group.

| Task                     |          | Young group |           | Older group |           |
|--------------------------|----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|                          |          | Targets     | Foils     | Targets     | Foils     |
| Yes/no similar           | Remember | .64 (.14)   | .07 (.05) | .46 (.18)   | .13 (.11) |
|                          | Know     | .17 (.09)   | .05 (.05) | .32 (.17)   | .11 (.10) |
|                          | Guess    | .02 (.04)   | .03 (.05) | .02 (.03)   | .05 (.07) |
|                          | Total    | .83 (.11)   | .15 (.09) | .80 (.18)   | .30 (.13) |
| Yes/no dissimilar        | Remember | .56 (.18)   | .06 (.06) | .39 (.13)   | .07 (.09) |
|                          | Know     | .20 (.12)   | .04 (.04) | .35 (.13)   | .09 (.09) |
|                          | Guess    | .03 (.04)   | .03 (.04) | .03 (.03)   | .07 (.07) |
|                          | Total    | .79 (.10)   | .13 (.09) | .77 (.09)   | .23 (.15) |
| Forced-choice similar    | Remember | .63 (.19)   | .04 (.06) | .35 (.16)   | .02 (.03) |
|                          | Know     | .19 (.12)   | .03 (.03) | .47 (.15)   | .06 (.05) |
|                          | Guess    | .05 (.04)   | .06 (.06) | .04 (.05)   | .04 (.05) |
|                          | Total    | .87 (.08)   | .13 (.08) | .86 (.11)   | .12 (.11) |
| Forced-choice dissimilar | Remember | .58 (.17)   | .01 (.02) | .33 (.22)   | .02 (.03) |
|                          | Know     | .24 (.12)   | .01 (.01) | .49 (.20)   | .08 (.05) |
|                          | Guess    | .10 (.08)   | .05 (.06) | .04 (.05)   | .04 (.05) |
|                          | Total    | .92 (.07)   | .07 (.07) | .86 (.08)   | .14 (.08) |

It should be noted that the proportion of Know responses provides a measure of familiarity according to the exclusivity model. However, following the independence assumption, this score underestimates the contribution of familiarity to performance. Jacoby, Yonelinas, and Jennings (1997) proposed to calculate the familiarity score by dividing the proportion of Know responses by the proportions of

trials where recollection was not used [ $F = K / (1 - R)$ ]. This method is referred to as the Independence Remember/Know procedure (IRK). When familiarity scores were computed according to the IRK procedure, the analyses showed a marginal effect of Age group,  $F(1, 120) = 3.24$ ,  $p > .07$ . Older adults tended to use familiarity as a basis for their recognition decisions more often than young adults. The main effect of Test Format was significant,  $F(1, 120) = 18.80$ ,  $p < .001$ , indicating higher familiarity scores in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. No other effect was significant.

Finally, there was a main effect of Age group on the corrected proportions of Guess responses,  $F(1, 120) = 6.07$ ,  $p < .05$ , with young participants guessing more frequently than older adults. There was also a main effect of Test Format,  $F(1, 120) = 6.62$ ,  $p < .05$ , indicating that there were more Guess responses in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. There was no other significant effect.

The justifications provided by the participants when giving correct Remember responses were examined in order to see whether the type of recollection varied between the tasks. Globally, most of the Remember responses (62 %) corresponded to the recollection of physical details of the face or of the picture, which the participants had noticed during the encoding phase: a salient facial feature (86 % of these responses), a combination of features (10 % of these responses) or details of the picture (4 %, e.g. picture blurred, not well framed). The remainder (38% of the Remember responses) consisted of the recollection of specific thoughts and associations that accompanied the presentation of the face (e.g. "I thought he looked like an Asian man", "he was the oldest in the series", "I thought he was handsome", "I imagined him as an actor in a TV series", "he had a blissful smile", "he reminded me of a friend"). An ANOVA with Age Group, Test Format and Similarity between targets and foils on the proportion of each of these types of recollection did not reveal any effect of Age group on,  $F(1, 119) = 0.83$ ,  $p > .36$ . There was no main effect of Test Format,  $F(1, 119) = 1.42$ ,  $p > .23$ . However, there was a main effect of Similarity,  $F(1, 119) = 13.46$ ,  $p < .001$ . Actually, there were less recollection of physical features (and more recollection of thoughts and associations) in the tasks involving similar target-foil pairs (yes/no similar: 51 %; forced-choice similar: 58 %) than in the tasks involving dissimilar pairs (yes/no dissimilar: 68 %; forced-choice dissimilar: 70 %). None of the interaction was significant.

## Discussion

Experiment 3 examined the subjective experience that accompanied recognition as a function of the test format and the level of similarity between the targets and the foils in young and older adults. As previously reported, older adults reported less Remember responses than young participants. By contrast, they used familiarity more often than young adults as a basis for their recognition decision. According to the prediction from Norman and O'Reilly's model (2003), stating that recollection is crucial only in the yes/no task with similar target-foil pairs, we would expect greater age differences in this task than in the others. However, the results did not support the prediction. Indeed, the global analysis indicated that age differences appeared in all the tasks and were not more severe in one task compared to the others. It should be noted however that separate analyses for each task showed that the only task in which there was no age difference was the forced-choice task with similar target-foils pairs. Thus, if this finding can be trusted, this would indicate that familiarity was a more efficient basis for recognition decision in this task than in the others.

Furthermore, the examination of the subjective reports by the participants indicated that recollection was used to the same extent in all the tasks, independently of the test format and the level of similarity. Moreover, the results did not strongly support the hypothesis that participants relied on familiarity more often in the tasks involving dissimilar pairs than in the tasks with similar pairs, as the effect of similarity between targets and foils was only marginally significant for Know responses and was not significant at all for IRK procedure's familiarity scores. By contrast, it appeared that the forced-choice tasks recruited familiarity more than the yes/no tasks. This will be discussed further in the general discussion.

## GENERAL DISCUSSION

The main purpose of this study was to test a prediction from a neurobiological model of recognition memory proposed by Norman & O'Reilly (2003). This model states that recollection of specific details depends on the hippocampus, whereas



familiarity depends on the medial temporal lobe cortices. According to the model, the hippocampus assigns distinct representations to similar episodes, thus allowing storage of the specificities of each episode. By contrast, the MTLC encodes the general structure common to a set of events, by assigning similar representations to similar episodes. This model predicts that recollection is crucial to discriminate between targets and very similar foils when recognition memory is tested by means of a yes/no task. Indeed, in this condition, familiarity would lead to high rates of false recognitions. By contrast, the relatedness of the foils to the targets should not affect the efficiency of familiarity in a forced-choice task, as the familiarity values of targets and foils can be directly compared. When the foils are unrelated to the targets, familiarity as well as recollection should provide a good basis for recognition decisions.

In the present study, this prediction was tested, first, by preventing young participants from using recollection in a response deadline paradigm (Experiments 1 and 2), and, second, by examining the effects of aging on recognition performance (Experiment 3). We expected that young participants whose responding was under time pressure and older participants, who generally show a reduction of recollection, should be more impaired relative to young subjects not responding under time pressure on a yes/no task with similar target-foil pairs than on three other tasks: a yes/no task with dissimilar target-foil pairs, a forced-choice task with similar pairs and a forced-choice task with dissimilar pairs. The results of both experiments did not support the prediction. First, when participants had to respond within a short delay after the presentation of the test item, their performance decreased more in the tasks with similar target-foils pairs than in the tasks with dissimilar pairs, regardless of the test format. This finding could indicate that the relatedness of the foils to the targets slightly reduce the usefulness of familiarity for recognition decisions in the yes/no task as well as in the forced-choice task. But this effect was only mild, as recognition accuracy remained globally good in all the conditions. Second, age differences were similar in all the tasks (with the possible exception of the forced-choice task with similar pairs). As older adults showed a reduction of recollection and based most of their recognition decisions on familiarity, this suggests that familiarity-based recognition was not less useful in the yes/no task with foils similar to the targets compared to the others. Therefore, a preliminary conclusion would be that, contrary to the prediction from Norman and O'Reilly's (2003) model, test format did not interact with the

relatedness of foils to targets when the contribution of recollection and familiarity were examined.

However, it is necessary to consider some aspects of the present experiments which may have confounded the results. If confounds were present, then further experiments will be needed to examine whether the prediction from Norman and O'Reilly's model is convincingly met.

First, the manipulation we used to match performance on the four tasks may have influenced the results. In order to bring performance on the tasks involving similar target-foil pairs to the same level of performance as on the tasks involving dissimilar pairs, the number of presentations of the study list was varied, so that the study list was presented twice in the tasks with dissimilar pairs and five times in the tasks with similar pairs. However, this manipulation could have interfered with the testing of the prediction in Experiment 2, by modifying the time by which recollection becomes available. In a study examining after how much processing time the information about the modality of presentation of words was available, Hintzman and Caulton (1997) showed that increasing the number of presentation of an item shortened the minimal retrieval time for modality judgments, but did not affect the retrieval dynamics of familiarity-based recognition of the item. According to these findings, it could be that, in the tasks involving similar pairs, recollection was available earlier than in the tasks with dissimilar pairs, as a consequence of the greater repetition of the study items. Hence, the response deadline may have been less efficient at removing most of the contribution of recollection to performance in the tasks involving similar pairs than in the tasks with dissimilar pairs. If this were true, Experiment 2 failed to appropriately test the Norman and O'Reilly's prediction. However, it should be noted that the effect of repetition on minimal retrieval time may be limited to the retrieval of some kind of contextual information (i.e. modality). Indeed, Hintzman and Curran (1994) and Hintzman et al. (1998) did not find any effect of repetition on the minimal retrieval time for recalling the plurality of studied words and the list of occurrence of stimuli. In addition, this explanation does not hold for the finding of similar age differences across all the tasks, as no response deadline was used in this experiment.

Moreover, it is possible that, after 5 presentations of the study items, the medial temporal lobe cortices are more efficient at recognising specific details than after 2 presentations of the study list. According to Norman and O'Reilly's (2003)

model, familiarity results from a sharpening of the neural representation of an event. After one presentation, some neural units respond more strongly than others to the stimulus. The more a stimulus is presented, the sharper its representation will be. Therefore, although the model states that the MTLC cannot support retrieval of details from specific events, it could be that a substantially more specific representation of the stimulus is created in the MTLC system after several encounters with this stimulus. Thus, the MTLC would only recognise a test item if it possesses the specific characteristics of a studied stimulus (as does the hippocampus), although it could not reactivate information not present in the test item. This would explain why familiarity-based recognition decisions were still efficient in tasks involving similar pairs. If the response deadline manipulation was applied to the tasks with similar pairs after two presentations of the study list, it might be that the decrease in performance would have been much greater, as familiarity would have been less useful to discriminate between targets and similar foils. It is not clear, however, whether the amplitude of the decrease in performance in these conditions would have differed between the yes/no task with similar pairs and the forced-choice task with similar pairs.

Finally, it might be that the two sets of faces were not sufficiently different in terms of degree of relatedness. In Norman and O'Reilly's model (2003), simulations of the evolution of discrimination capacities in the hippocampal system and the MTLC system as a function of target-foil similarity showed that the hippocampus becomes better at discriminating between targets and foils than the MTLC when the target-foil similarity is higher than 50 % of shared features. Although the present similar set had 55% of shared features and because computer simulations cannot be directly compared to empirical experiments, it should be considered that the prediction might be met only when target and foil faces are more similar than the material used in the present study.

Therefore, although various results in the present study did not support the prediction of an interaction between recognition processes, test format and relatedness of foils to targets, future research should test the prediction in normal subjects by examining the effect of a response deadline manipulation and/or of aging in recognition tasks involving target-foil pairs sharing more than 60% of similarity. In addition, it would be necessary to match performance across all the recognition tasks by means of another manipulation than repeating the study list.

Beyond the examination of the prediction from Norman and O'Reilly's (2003) model, two interesting results emerged from the present study. These results indicate two fundamental differences between the yes/no recognition test format and the forced-choice recognition test format.

First, forced-choice recognition memory may depend more on familiarity than yes/no recognition memory. In Experiment 3, the examination of the states of awareness associated with the recognition decisions indicated that participants relied more on familiarity in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. The idea of an effect of test format on recognition processes was proposed by Parkin, Yeomans and Bindschaedler (1994) to explain why a patient with frontal lobe damage performed well on forced-choice recognition tests, but was impaired in yes/no recognition tests. Parkin et al. suggested that familiarity may be a sufficient basis for good forced-choice recognition performance, whereas recollection was needed in order to perform well on a yes/no recognition task. However, Khoe et al. (2000) provided contradictory findings in a series of experiments examining the effect of test format on the Remember and Know judgments reported by young participants. In these experiments, using words as materials, the participants used recollection as frequently in a yes/no task as in a forced-choice task. Kroll et al. (2002) found similar results in a task involving recognition of pictures. In addition, in a final experiment, Khoe et al. (2000) have shown that amnesic patients, with severe deficits in recollection, but modest impairment in familiarity, performed in the same way on a yes/no task as on a forced-choice task. Thus, Khoe et al. (2000) suggested that familiarity contributes to the same extent to both types of recognition memory tests. Recently, Bastin and Van der Linden (2003) re-examined this issue in recognition of unfamiliar faces. They found that participants reported more familiarity-based decisions in a forced-choice task than in a yes/no task. The present findings further support the idea that the test format influences the contribution of recollection and familiarity to recognition performance, at least when the material consists of unfamiliar faces.

Second, in Experiment 1, the response times were longer in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. Similar results were found when examining the effect of test format on the RTs in the additional recognition tasks in Experiment 2. It appeared that the longer RTs in the forced-choice tasks compared to the yes/no tasks cannot be explained by a difference in the number of faces to look at in each

format. Although counterintuitive, the results of the 0s-delay recognition tasks (Experiment 1) suggested that the responses were not longer when the trials involved two faces compared to one. Alternatively, it could be that either recollection, or familiarity, or both require more time in the forced-choice tasks than in the yes/no tasks. For example, in a forced-choice task, participants may try to recollect something about each face in turn before making a decision. As for familiarity, assessing the familiarity value of each face and comparing them could take longer than comparing the familiarity of one face with the decision criterion. The issue of the temporal dynamics of each process as a function of the test format requires further examination.

Surprisingly, when tasks were matched in terms of difficulty, the RTs were not influenced by the level of similarity between targets and foils (for both test formats, in Experiment 1). Intuitively, one would have predicted that the RTs should be longer in the tasks involving similar pairs than in tasks involving dissimilar pairs, because discriminating an item from a very similar one should be based on the evaluation of more information (e.g. retrieving more features) than discriminating between different items, and this should take longer. There is no ready explanation for this finding. It could be that the participants estimated that retrieving one piece of information was sufficiently diagnostic of having encountered the face before, even when the foils were very similar. Alternatively, they may have been more confident in their responses for the tasks involving similar target-foil pairs than for the tasks with dissimilar pairs, as they saw the targets five times in the former and twice in the latter. Consequently, increased confidence in the tasks with similar foils could have reduced the RTs so that they were closer to that in the tasks with dissimilar foils.

Finally, in Experiment 3 which examined the Remember/Know/Guess judgments made by young and older adults, we were interested in the types of recollection reported by the participants as a function of the task. The justifications provided by the participants for Remember responses indicated that most of these responses were based on a recollection of specific details of the face or picture that the participants had noticed at encoding (usually, a salient facial feature, but also combinations of features and specific details of the photograph). Therefore, although the encoding instructions emphasized the importance of encoding as many features as possible in order to be able to discriminate between very similar

faces, participants relied mainly on one salient facial feature. However, it is important to note that recollection of facial features was less frequent in the tasks with similar target-foil pairs than in the tasks with dissimilar target-foil pairs. By contrast, in tasks involving similar pairs, the participants recollected associated thoughts more often than in the tasks involving dissimilar pairs. For example, participants discriminated a face from a very similar one by remembering a characteristic they associated to it (e.g. "he was the oldest in the series", "he was handsome") or by remembering an association made with a profession ("I imagined him as an actor in a TV series") or with somebody they knew ("he reminded me of a friend"). Therefore, although the four tasks did not differ in terms of the contribution of recollection to performance, there was a qualitative difference in the type of recollection reported by the participants between the tasks. A first possibility may be that the facial features that participants encoded were not always useful to discriminate between targets and very similar foils, as the two faces may have shared the specific features the participants had noticed. In this case, specific thoughts associated to the target face were more helpful to reject the foils. Second, one could wonder whether remembering the specific facial details of a face is really a recollection or rather a form of familiarity. In the present study, the participants were instructed to report a Remember response if they remembered consciously aspects of the physical appearance of the face (see also Rajaram, 1993). These instructions were consistent with Norman and O'Reilly's (2003) view of recollection as involving retrieval of either the specific details of the target item or associated information. Nonetheless, one possibility, which is difficult to assess, is that some participants sometimes only felt a facial feature strongly familiar, without recollecting it, but misclassified their response as a recollection. If this is true, there may be more familiarity (and less recollection) in the tasks involving dissimilar foils than in the tasks involving similar foils, as participants reported more recollection of facial features in the former.

In conclusion, the results of the present study do not support the prediction of a greater reliance on recollection in yes/no recognition memory when the foils are highly related to the targets compared to conditions where foils are unrelated to the targets or forced-choice recognition memory with foils very similar to the targets (Norman and O'Reilly, 2003). However, these findings could be related to the fact that performance was enhanced in the tasks with similar faces by increasing the number of study trials. Alternatively, the effect may only occur when similarity is

higher than the level used in the present experiment. Future research should be conducted before concluding that Norman and O'Reilly's model needs to be revised. Nonetheless, the present study provided evidence for fundamental differences between yes/no and forced-choice recognition memory. Forced-choice tests seem to depend more heavily on familiarity and to be associated to longer response times than yes/no tests.

# Dissociation between recall and recognition memory performance in an amnesic patient following carbon monoxide poisoning

Christine Bastin<sup>1</sup>, Martial Van der Linden<sup>1, 2</sup>, Annik Charnallet<sup>3</sup>,  
Christine Denby<sup>4</sup>, Neil Roberts<sup>5</sup>, and Andrew R. Mayes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences Cognitives, Université de Liège

<sup>2</sup> Unité de Psychopathologie Cognitive, Université de Genève

<sup>3</sup> Département de Neurologie, Unité de Neuropsychologie, CHU de  
Grenoble

<sup>4</sup> Department of Psychology, University of Liverpool

<sup>5</sup> Magnetic Resonance Image Analysis Research Centre, University of  
Liverpool

**Submitted to *Neurocase***\*

---

\* This work was supported by a grant from the French Community of Belgium: "Actions de Recherche Concertées (convention 99/04-246)". We are grateful to Dr. Olivier Moreaud for allowing access to the Neurology Unit facilities and to Dr. Sylvie Grand for MRI scan acquisition. We thank Dr. Claire Bindschaedler for providing the materials for the French version of the Calev procedure and its revision. We also thank Pr. Larry L. Jacoby and Pr. Andrew P. Yonelinas for helpful comments on Experiment 4.



## ABSTRACT

There exists conflicting evidence regarding the possible preservation of recognition memory in amnesia. Some studies have found proportionate recall and recognition deficits in amnesic patients. By contrast, others have demonstrated relatively preserved recognition memory in the face of impaired recall in amnesic patients with damage limited to the hippocampal system. We report here the case of an amnesic patient who suffered carbon monoxide poisoning at the age of 48. On tests matched for difficulty, his recall performance was more severely impaired than his recognition memory, for verbal as well as for visual materials. Moreover, he performed within the range of healthy matched subjects on 9 recognition memory tests out of 10. In a task using the process dissociation procedure (Jacoby, 1991), the patient's recollection-based recognition was also found to be impaired, whereas familiarity was preserved. Globally, these findings are consistent with the view that recall and recognition memory performance can be dissociated in some amnesic patients.

## INTRODUCTION

Recognition memory refers to judgements about the previous occurrence of an item. Dual-process models argue that recognition memory relies on at least two processes: recollection of the contextual information about the episode in which an item was encountered and feeling of familiarity without any recollection (Jacoby, 1991; Mandler, 1980; Yonelinas, 1994, 2002). There is currently a controversy regarding the status of recognition memory in amnesia. A first view considers that recall and recognition memory are dependent on the integrity of the medial temporal lobe and the diencephalic structures, both structures being involved in declarative memory (Squire & Zola, 1996, 1998; Squire & Zola-Morgan, 1991; Zola & Squire, 2000). A lesion to any of these structures should result in impairments of recall, recollection in recognition memory, as well as familiarity-based recognition.

An alternative view suggests that the hippocampus is crucially involved in the creation of associations between the different components of an episode and is necessary for good recall performance and recollection in recognition memory, whereas the surrounding cortex, especially the perirhinal cortex, supports familiarity-based recognition of the individual items (Aggleton & Brown, 1999; Brown & Aggleton, 2001; Mishkin et al., 1998; Vargha-Khadem et al., 1997). According to this view, amnesic patients with lesions limited to part of the “extended hippocampal system” (including the hippocampus, the fornix, the mamillary bodies and the anterior nuclei of the thalamus) should present with deficits of recall and recollection, but their recognition performance should be relatively preserved, provided that it can be well supported by familiarity. If the damage extends to adjacent structures in the parahippocampal gyrus that include the perirhinal cortex, then recall and recognition deficits should occur.

Evidence supporting both views has been reported. A number of studies have shown proportionate deficits of recall and recognition memory in amnesic patients, even when the brain damage appeared to be limited to the hippocampus (Cipolotti et al., 2001; Manns & Squire, 1999; Reed & Squire, 1997; Stark, Bayley, & Squire, 2002; Stark & Squire, 2003). In contrast, several case studies and group studies demonstrated relatively preserved recognition performance in amnesic patients with selective hippocampal lesions, in the context of severe recall deficits (Aggleton

& Shaw, 1996; Baddeley, Vargha-Khadem, & Mishkin, 2001; Mayes et al., 2002; Vargha-Khadem et al., 1997).

In the present study, we explored recall and recognition memory performance in a patient (MR) who became amnesic following carbon monoxide (CO) poisoning. The purpose of Experiment 1 and 2 was to examine whether recognition was spared relative to recall in patient MR on verbal and non-verbal tests, when task difficulty was controlled. Experiment 3 explored recognition memory performance of patient MR as a function of the test format, using either a forced-choice test or a yes/no test. Finally, experiment 4 investigated whether recollection and familiarity, as measured by the process dissociation procedure (Jacoby, 1991), were both impaired or preserved, or dissociated in patient MR.

## CASE DESCRIPTION

MR is a right-handed man, who was 65 years old at the beginning of the present experimental testing (in November 2000). After main stream school, he attended *Arts et métiers* school for three years (for a total of 15 years of education). Before his accident, he used to work as chief of an architect office. In 1983, at the age of 48, he was found seating in his car in the garage, confused and haggard. The car engine was stopped and the door of the garage half-opened. At the entrance in the hospital, a blood analysis revealed a small dose of barbiturate and a level of 10.8 % of carbon monoxide. During the first two weeks after the accident, MR was disoriented, was suffering from mutism, refused food and presented with several cognitive difficulties, including acalculia, anterograde amnesia, perseveration, and language disorders. Four months later, all these symptoms resolved, leaving MR only with memory disorders, which disturbed his functioning in everyday life. MR had to stop working by that time. MR also presented with some degree of retrograde amnesia, when assessed by the Autobiographical Memory Interview (Kopelman, Wilson, & Baddeley, 1989), especially for autobiographical incidents.

MR complaints of memory disorders and reports difficulties such as finding his way (even for places he has known for years), remembering what he has done the previous days and what he should do, following conversations, etc. His awareness of these difficulties represents a painful experience for him and he reports psychological distress and anxiety. He tends to avoid social situations, because he

feels that nobody can understand his disorders and he is afraid of being judged as “not normal”. It should also be noted that the patient never confabulated.

From October 1983, MR was engaged in a rehabilitation program, during which he was trained to use various external aids in order to regain some autonomy in his everyday life. For instance, he learned to use a diary in order to keep a record of all planned activities, to set up an alarm clock to remind him the time of his appointments and to write down which activities had been completed. In addition, he learned to develop some routines, such as always parking the car in the same place. MR was also encouraged to keep a personal diary in order to be able to retrieve any information regarding what he has done. He complied entirely with this solution, which helps him to overcome the anxiety of looking back and remembering nothing. This program allowed the patient to live relatively autonomously. Nonetheless, he remains severely amnesic. He still presents with rapid forgetting of the events and an important spatial and temporal disorientation. Moreover, he could not return to professional life.

### **NEUROPSYCHOLOGICAL EXAMINATION**

Performances of MR on psychometric tests assessing memory function are presented in Table 1. On the Wechsler Memory Scale-Revised (WMS-R, Wechsler, 1987), MR was impaired, especially on recall tests and on delayed memory. Verbal long-term memory was assessed by means of a free and cued recall test adapted from Grober and Buschke (1986). MR’s free recall and cued recall were severely impaired both on immediate and delayed testing. He recognised as many target words as normal subjects but made a lot of false recognitions. In fact, 6 of his false recognitions were given for words that MR actually saw in a parallel version of the task he was administered previously. By contrast, MR showed normal short-term memory span.

Table 1. Neuropsychological examination of memory function.

|   | Patient MR            | Norms          |
|---|-----------------------|----------------|
| WMS-R   |                       |                |
| Verbal Memory   | 74                    | percentile 5   |
| Visual Memory   | 101                   | percentile 50  |
| General Memory  | 83                    | percentile 15  |
| Attention/Concentration   | 95                    | percentile 37  |
| Delayed memory  | 59                    | < percentile 1 |
| Digit span  |                       |                |
| forward   | 5                     | 5.56 ± 1.27    |
| backward  | 5                     | 4.18 ± 1.21    |
| Free recall and cued recall task adapted from Grober and Buschke (1983) |                       |                |
| Total score on the three free recall trials                             | 5                     | 28.9 ± 6.8     |
| Total score on the three recall trials (free recall + cued recall)      | 23                    | 44.7           |
| Recognition   | 15                    | 15.7 ± 0.5     |
|   | 11 false recognitions |                |
| Delayed free recall   | 0                     | 11 ± 2         |
| Total Delayed free + cued recall  | 6                     | 15.2 ± 1.4     |

Besides these memory disorders, which are apparent both in everyday life and on psychometric tests, MR presented with normal visuo-spatial abilities, as measured by mental rotation and identification of degraded letters (see Table 2). Oral and written expression, as well as comprehension, was well preserved. Moreover, MR showed no sign of anomia. MR was also perfectly able to produce significant gestures on verbal command and to reproduce non-significant gestures. In addition, on executive tests (Trail Making Test, verbal fluency, Stroop test and Wisconsin Card Sorting test), there was no sign of any impairment (Table 2). Finally, MR's intellectual abilities, measured by the Wechsler Adult Intelligence

Scale-Revised (WAIS-R), were normal. His full scale WAIS-R score was 122, whereas his Wechsler Memory Scale-Revised score was 83, resulting in a WAIS-WMS difference of 39 points. This difference is greater than the threshold of 30 points proposed by Weiskrantz (1985) for considering that a patient presents with severe memory impairments.

Table 2. Neuropsychological examination of intellectual abilities, language and visuo-spatial abilities.

|   | Patient MR | Norms         |
|---|------------|---------------|
| WAIS-R <sup>a</sup>   |            |               |
| Information   | 12         |               |
| Digit Span  | 9          |               |
| Vocabulary  | 16         |               |
| Arithmetic  | 10         |               |
| Comprehension   | 18         |               |
| Similarities  | 11         |               |
| Picture Completion  | 12         |               |
| Picture Arrangement   | 9          |               |
| Block Design  | 10         |               |
| Object Assembly   | 8          |               |
| Digit symbol  | 11         |               |
| Verbal IQ   | 116        |               |
| Performance IQ  | 123        |               |
| Total IQ  | 122        |               |
| Mental rotation (Shepard & Metzler, 1971)   | 9/10       |               |
| Identification of degraded letters (Visual Object and Space Perception Battery, Warrington & James, 1991) | 19/20      |               |
| Trail Making Test   |            |               |
| Part A  | 20 s       | Percentile 90 |
| Part B  | 60 s       | Percentile 75 |
| Verbal fluency <sup>b</sup>   |            |               |
| Phonemic (letter P)   | 25         | 23.1 ± 6.11   |
| Semantic (animals)  | 23         | 34.51 ± 9.96  |

|  |                    |  |               |
|--|--------------------|--|---------------|
| Stroop test (Stroop, 1935)                 |                    |  |               |
| Naming                                     | 49 s (0 error)     |  | 66.89 ± 13.69 |
| Reading                                    | 37 s (0 error)     |  | 44.14 ± 6.53  |
| Interference time                          | 88 s               |  | 120.51 ± 25.8 |
| Interference errors                        | 5 (self-corrected) |  | 2.56 ± 2.75   |
| Wisconsin Card Sorting Test (Nelson, 1976) |                    |  |               |
| Categories                                 | 6/6                |  |               |
| Nonperseverative errors                    | 1                  |  |               |
| Perseverative errors                       | 0                  |  |               |

Note. <sup>a</sup> scaled scores, <sup>b</sup> in 2 minutes.

## MAGNETIC RESONANCE IMAGING EXAMINATION

A structural magnetic resonance imaging scan performed in 1996 revealed symmetrical lesions to the pallidum. A visual inspection of the hippocampal region did not indicate any macroscopic damage to this region. A second structural magnetic resonance scan was performed in 2001 at the Magnetic Resonance Imaging Unit of the University Hospital of Grenoble, France.

The images acquired in 2001 were submitted to a volumetric analysis, performed at the Magnetic Resonance Image Analysis Research Centre (MARIARC), University of Liverpool. The Cavalieri method of modern design stereology in combination with point counting was used to estimate the volumes of the left and right hemispheres, temporal lobes, hippocampi, amygdala, lateral ventricles and for intra-cranial volume (ICV). Table 3 presents the volumetric measures, as well as the volume estimates corrected by ICV, for the whole hemisphere, the hippocampus, the amygdala, the temporal lobe and the lateral ventricle on the right and on the left for MR and 8 control subjects matched in terms of gender and age (range: 60-70 years old). The volumes for the left and right hemispheres, corrected for intracranial volume, indicated a general atrophy. The corrected volume of the hippocampus was reduced by 42 % on the right and 32 % on the left relative to the mean of control group. The amygdala was also smaller than that of the controls (z-score of -3.86 on the right and -4.35 on the left). The corrected volume of the temporal lobe appeared comparable to that of the controls on the left (z-score of -1.89), but smaller on the right (z-score of -5.86). The lateral ventricle volumes were within the normal range (z-score of -0.89 on the

right and -0.70 on the left).

Table 3. Volumes in cm<sup>3</sup> (and standard deviations) of the whole hemisphere, hippocampus, amygdala, temporal lobe and lateral ventricle (before and after correction for intracranial volume) on the right and on the left for patient MR and 8 healthy control subjects matched for age.

| Structure    | Uncorrected    |         | Corrected              |            |
|--------------|----------------|---------|------------------------|------------|
|              | Control        | MR      | Control                | MR         |
| R Hemisphere | 498.70 (34.90) | 440.20  | 0.4011745<br>(0.02099) | 0.2947439* |
| L Hemisphere | 493.30 (37.70) | 424.10  | 0.3968305<br>(0.01915) | 0.2839638* |
| R Hipp       | 2.47 (0.29)    | 1.26    | 0.001987<br>(0.00030)  | 0.0008437* |
| L Hipp       | 2.27 (0.22)    | 0.89    | 0.0018261<br>(0.00020) | 0.0005959* |
| R Amy        | 1.91 (0.23)    | 1.20    | 0.0015365<br>(0.00019) | 0.0008035* |
| L Amy        | 1.86 (0.22)    | 1.13    | 0.0014963<br>(0.00017) | 0.0007566* |
| R TL         | 70.60 (5.30)   | 54.70   | 0.0567935<br>(0.00344) | 0.0366254* |
| L TL         | 69.80 (5.88)   | 60.80   | 0.0467359<br>(0.00319) | 0.0407097  |
| R L.Vent     | 15.10 (9.19)   | 8.51    | 0.012147<br>(0.00721)  | 0.005698   |
| L L.Vent     | 17.80 (13.3)   | 10.60   | 0.014319<br>(0.01035)  | 0.0070907  |
| ICV          | 1243.10        | 1493.50 |                        |            |

Note. R Hipp = right hippocampus, L Hipp = left hippocampus, R Amy = right amygdale, L Amy = left amygdale, R TL = right temporal lobe, L TL = left temporal lobe, R L.Vent = right lateral ventricle, L L.Vent = left lateral ventricle, ICV = intracranial volume; \* two or more standard deviations below the control mean.



## EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

### Experiment 1: Verbal recall and recognition memory

The first experiment examined verbal recall and verbal recognition memory in patient MR and matched control subjects. In order to exclude that any difference in performance between the tasks could result from one task being more difficult than the other, we selected a paradigm that proposes recall and recognition memory tasks matched for complexity. Thus, we administered to the patient and the controls a French version of Calev's (1984) procedure, which was used to assess verbal recall and recognition memory in frontal lobe patients (Bindschaedler, 1999; Parkin, Yeomans, & Bindschaedler, 1994). In Calev's (1984) procedure, the recall task consisted in free recalling a list of 24 words. The stimuli were frequently used words from 6 categories, which were blocked during the study phase. In the recognition task, the study list comprised 40 unrelated words. At test, the targets words were mixed with 40 distractors, 50 % of which being either rhymes or words with similar meanings. These were shown together on a sheet of paper.

In addition to the Calev's matched-task design, we also included a revised version of this procedure which was proposed by Parkin et al. (1994; Bindschaedler, 1999). This version included a recall task similar to the one from the original procedure, but assessed recognition memory by means of a single probe recognition test, where targets and distractors were presented individually. According to Parkin et al. (1994), the simultaneous presentation of the targets and the distractors in the original Calev's (1984) recognition test (parallel recognition) could facilitate the assessment of the relative familiarity of the test items and the evaluation of the number of "yes" responses already given. By contrast, the revised single probe test reduced the likelihood of parallel comparison of items.

### ***Method***

The stimuli were common French nouns (Hogenraad & Oriane, 1981). There were two versions of the recall test and two versions of the recognition memory test.

For the recall tests, two lists of 24 words, matched for frequency, were used. The mean imagery value was respectively 4.7 and 4.8 respectively (on a 7-point

scale, Hogenraad & Orianne, 1981). Each list consisted of words belonging to 6 categories. The semantic categories differed between version 1 and version 2. During the study phase, the 24 words were presented one every 4 s, and blocked by semantic categories. The subjects were asked to read them aloud and to try to remember them. After the presentation of the study list, the subjects had to remember a three-digit number and to recall it immediately. The test phase then began. The subjects were asked to write down as many words from the study list as possible, in any order.

For the recognition memory tests, two lists of 40 target-distractor pairs of words were used. For 20 pairs, the distractor word was unrelated to the targets; for 10 pairs, the distractor word was semantically related to the target word and for the remaining 10 pairs, the distractor was a rhyme of the target. The two lists and the targets and distractors were matched for frequency and imagery (first list: 4.4 for both targets and distractors; second list: 4.3 and 4.5 respectively, Hogenraad & Orianne, 1981). The procedure for the study phase was similar for both versions. The 40 target words were presented one every 4 s. The subjects read them aloud and tried to remember them. After a retention interval during which the subjects repeated a three-digit number as for the recall tasks, the test phase began. In the first version (parallel recognition), the subjects were given a sheet of paper comprising the 40 target words and the 40 distractor words listed in random order. They had to draw a cross in front of the words they recognised from the study list. In the second version (single probe recognition), the 40 target words and the 40 distractor words were presented in random order one at a time. For each word, the subjects had to say whether they had seen it in the study phase.

The first version of the recall test and the parallel recognition test were administered during one session, whereas the second version of the recall test and the single probe recognition test were performed during another session, on the next day. The recall test was always performed before the recognition test.

### ***Results and Discussion***

The scores of patient MR and that of 6 healthy men matched in terms of age ( $66.33 \pm 1.63$ , MR = 66) and number of years of education ( $15.83 \pm 1.17$ , MR = 15) are reported in Table 4.

Table 4. Verbal recall and recognition memory examined following the Calev's (1984) procedure (Bindschaedler, 1999).

|                                  |   | Patient MR<br>October 2001                                       | Controls     | z-scores           |
|----------------------------------|---|--|--------------|--------------------|
| Recall test,<br>version 1        | Number of<br>Recalled<br>words <sup>a</sup> | 4  | 17.33 ± 3.88 | -3.43*             |
|                                  | Intrusions                                  | 0  | 1.00 ± 1.55  |                    |
| Recall test,<br>version 2        | Number of<br>Recalled<br>words <sup>a</sup> | 2  | 15.00 ± 4.94 | -2.63*             |
|                                  | Intrusions                                  | 0  | 0.33 ± 0.52  |                    |
| Parallel<br>recognition test     | hits <sup>b</sup>                           | 27   | 26.00 ± 6.10 | 0.16               |
|                                  | False<br>recognitions <sup>b</sup>          | 8<br>(3 rhymes, 3<br>semantically<br>related and 2<br>unrelated) | 2.17 ± 1.60  | -3.64 <sup>c</sup> |
|                                  | d'  | 1.28   | 2.11 ± 0.46  | -1.78              |
|                                  | C   | 0.29   | 0.63 ± 0.36  | -0.92              |
| Single probe<br>recognition test | Hits <sup>b</sup>                           | 25   | 27.67 ± 6.95 | -0.38              |
|                                  | False<br>recognitions <sup>b</sup>          | 9<br>(5 semantically<br>related and 4<br>unrelated)              | 4.83 ± 3.06  | -1.36              |
|                                  | d'  | 1.08   | 1.83 ± 0.87  | -0.87              |
|                                  | C   | 0.23   | 0.37 ± 0.22  | -0.62              |

Note. <sup>a</sup> maximum = 24; <sup>b</sup> maximum = 40; <sup>c</sup> For scores, such as the false recognitions, where a value above the control mean indicated a worse performance, we reported the z-score as negative to facilitate the reading of the results; \* indicates an impaired performance in patient MR.

The Calev procedure was designed to create recall and recognition tests that are comparable in terms of difficulty. In order to check this assumption, we compared the number of correct recognitions for 24 items in the recognition tasks with the number of correctly recalled words in the control group, as suggested by Calev (1984). It appeared that the number of hits in the recognition tasks did not differ from the number of recalled items (first recall task: 17.33/24, parallel recognition task: 16.17/24,  $t(5) = 0.55$ ,  $p > .60$ ; second recall task: 15/24, single probe recognition task: 16.67/24,  $t(5) = -0.59$ ,  $p > .57$ ). Therefore, this dissociation can not be attributed to a trend for the recognition test to be easier than the recall test. However, the method used by Calev (1984) to compare the difficulty of both tasks may not be completely appropriate if there are false recognitions. Yes/no recognition performance can indeed be influenced by the response bias of the subject. If a subject uses a liberal criterion, he or she will recognize many target items, but also incorrectly endorse a number of unstudied items. As a consequence, the hit rate alone would not represent an exact picture of recognition performance. In the present study, we found that the control subjects made false recognitions, so the hit rates may have overestimated the actual recognition ability of the participants and thus the recognition tasks may be slightly more difficult than the recall tasks.

In order to compare MR's performance to that of the controls, we calculated the modified  $t$ -test developed for single-case studies (Crawford & Garthwaite, 2002; Crawford, Garthwaite, & Gray, 2003). Compared to the controls, the patient recalled correctly less words on both versions of the verbal recall test (version 1:  $t(5) = -3.18$ ,  $p < .05$ , one-tailed; version 2:  $t(5) = -2.44$ ,  $p < .05$ , one-tailed). By contrast, when global recognition performance was measured by  $d'$  scores, derived from the hit and false recognition rates (see Table 4, Macmillan and Creelman, 1991), MR performed within the normal range, although there is a trend for poorer performance in the parallel recognition test (parallel test:  $t(5) = -1.67$ ,  $p > .07$ ; single probe test:  $t(5) = -0.80$ ,  $p > .23$ ). It should be noted that on the parallel recognition test, MR recognised falsely more distractor words than the normal subjects ( $t(5) = 3.37$ ,  $p < .05$ ). By contrast, on the single probe recognition test, MR's false recognition rate was within the normal range ( $t(5) = 1.26$ ,  $p > .13$ ). On both tests, MR recognised as many target words as the controls (parallel test:  $t(5) = 0.15$ ,  $p > .44$ ; single probe test:  $t(5) = -0.36$ ,  $p > .37$ ). Moreover, in neither recognition test, did the response bias (criterion  $c$ , Macmillan & Creelman, 1991)

differ between MR and the controls.

In addition, z-scores were examined and are reported in Table 4. The patient's performance was considered impaired if it were more than 2 standard deviations worse than the controls' scores. As for the statistical comparison reported above, MR presented with a deficit in recall performance and a normal recognition performance, with the exception of a greater number of false recognitions in the parallel recognition test compared to the normal participants.

Experiment 1 showed relatively normal verbal recognition memory, despite impaired verbal free recall, in patient MR. The fact that MR performed better in the recognition task than in the recall task despite the former being more difficult on this measure further strengthens the evidence for dissociation between the two types of tasks.

It should be noted that recognition memory was not completely normal in MR. Indeed, on the parallel recognition test at least, the patient displayed a greater false recognition rate than the controls. According to Dobbins, Khoe, Yonelinas et Kroll (2000), false recognitions reflect mainly the contribution of familiarity to performance, whereas hits depend on both recollection and familiarity. Therefore, a possibility is that recognition memory in MR relied on preserved familiarity feelings, whereas recollection would be impaired. Contrary to the single probe recognition test in which the test items are presented one by one, in the parallel recognition test, all the target words and the distractor words are listed on a sheet of paper. This procedure, thus, offers the possibility to compare each test item with the others. Hence, MR could have looked briefly over the test list while responding, so that some distractor words could have become strongly familiar. Because of a failure to recollect that he just read these new words, MR may have misattributed this familiarity to the presentation of the word in the study list. By contrast, even if control subjects also used familiarity to compare the items presented on the sheet, as suggested by Parkin et al. (1994), they were able to use recollection to reject new items.

## **Experiment 2: Non verbal recall and recognition memory**

Experiment 1 showed that MR performed relatively well on recognition memory tests, but was impaired on recall tests, when using words as material. In order to

explore whether this dissociation was also present for the visual modality, the Doors and the Shapes subtests from the Doors and People Test (Baddeley et al., 1994) were administered to MR and healthy controls. As for the Calev (1984) procedure, the Doors and People Test was developed to compare recall and recognition memory matched in terms of difficulty. In the present experiment, only the non verbal subtests were administered to the patient, as the People and the Names subtests are not appropriate for French-speakers.

### ***Method***

The Doors subtest from the Doors and People Test (Baddeley et al., 1994) involves in studying 12 photographs of doors, each being presented for 3 s. Immediately after the presentation of the photographs, the subjects were asked to recognise the studied doors in a four-alternative forced-choice recognition test. There were two parts in this subtest, each involving a different set of photographs. In the first part (set A), the distractor doors were relatively different from the target doors. In the second part (set B), the distractor doors were very similar to the targets.

The Shapes subtest is a recall test involving 4 simple line drawings. Each drawing was presented for 5 s and the subjects copied them. After the 4 drawings had been shown, the subjects had to reproduce them from memory, in any order. The same study-test sequence was proposed a maximum of three times if the reproduction was incorrect. However, for the second and third trials, the subjects were not asked to copy the drawings. After a delay of around 8 min., the subjects were asked to draw the four pictures from memory.

### ***Results and Discussion***

The scores of patient MR and 18 healthy male controls, matched to MR in terms of age ( $64.89 \pm 3.23$ , MR = 66) and number of years of education ( $14.22 \pm 1.83$ , MR = 15), are presented in Table 5.

Table 5. Number of correct responses in the Doors and Shapes subtests from the Doors and People Test (Baddeley et al., 1994).

|                             | Patient MR<br>October 2001 | Controls     | z-scores |
|-----------------------------|----------------------------|--------------|----------|
| Doors subtest               |                            |              |          |
| Set A (max. 12)             | 10                         | 11.11 ± 1.08 | -1.03    |
| Set B                       | 3                          | 7.39 ± 1.75  | -2.50*   |
| Total (max. 24)             | 13                         | 18.50 ± 2.53 | -2.17*   |
| Shapes subtest              |                            |              |          |
| Trial 1 (max. 12)           | 7                          |              |          |
| Trial 2                     | 4                          |              |          |
| Trial 3                     | 8                          |              |          |
| Total (max. 36)             | 19                         | 34.72 ± 1.96 | -8.01*   |
| Delayed recall<br>(max. 12) | 4                          | 11.78 ± 0.65 | -12.03*  |

Note. \* indicates an impaired performance in patient MR.

MR's visual recall appeared more severely impaired than his visual recognition memory. On the Shapes subtest (visual recall), MR's performance was very poor, both on the immediate test and on the delayed test (immediate recall:  $t(17) = -7.81$ ,  $p < .001$ ; delayed recall:  $t(17) = -11.65$ ,  $p < .001$ ). By contrast, on the total Doors score (visual recognition), his performance was less dramatically impaired ( $t(17) = -2.12$ ,  $p < .05$ ). Actually, MR performed normally on the set A ( $t(17) = -1.00$ ,  $p > .16$ ). His low total Doors score was due to his impairment on the set B, where he scored at chance (chance level = 3,  $t(17) = -2.44$ ,  $p < .05$ ). In order to examine whether the deficit that MR showed on the recall test was greater than his deficit on the recognition test, the difference between the proportion of correct responses in the Doors subtest and the proportion of correct responses in the delayed recall test was computed. The difference score obtained in patient MR (0.21) was significantly greater than the difference score obtained in the controls ( $M = -0.21 \pm 0.12$ , z-score of -3.54),  $t(17) = 3.41$ ,  $p < .01$ , thus indicating that this measure of recall performance was more impaired in MR than the Doors measure.

Therefore, it appeared that MR's performance was impaired on both nonverbal subtests from the Doors and People test. However, his recall deficit appeared

much more dramatic than his recognition deficit. Although the results of Experiment 2 are less clear-cut, they suggest that the dissociation between recall and recognition memory in patient MR extended to non-verbal material. As for recognition memory, the patient performed normally on the Set A of the Doors test, in which target and distractor doors were unrelated. By contrast, when the three distractor doors were very similar to the targets, MR was unable to decide which one has been shown previously. If the patient relied heavily on familiarity, he might have been disadvantaged when trying to identify the studied doors among very familiar pictures.

### **Experiment 3: Yes/no and forced-choice recognition memory**

Aggleton and Shaw (1996) suggested that preserved recognition memory in amnesic patients with lesions limited to the “hippocampal system” may be related to the use of a forced-choice procedure. Indeed, in this type of test, the subjects could select correctly the more familiar items, without trying to recollect any specific details. By contrast, familiarity may be less useful in the yes/no procedure (Parkin, Yeomans, & Bindschaedler, 1994). However, Khoe et al. (2000) have suggested that the format of the recognition memory test does not influence the contribution of recollection and familiarity to performance. They showed that amnesic patients, who exhibited severely impaired recollection and only modest impairment of familiarity, performed in the same way in a yes/no and a two-alternative forced-choice recognition test, using words as material. Kroll et al. (2002) also demonstrated that young participants reported as much recollection in a forced-choice task as in a yes/no task, when the stimuli consisted in pictures.

Recently, Bastin and Van der Linden (2003) examined the contribution of recollection and familiarity to performance in a yes/no and a forced-choice recognition task involving unfamiliar faces. Contrary to Khoe et al. (2000) and Kroll et al. (2002), they showed that young and older participants relied more often on familiarity in the forced-choice task than in the yes/no task. In Experiment 3, patient MR and matched control subjects performed the yes/no and forced-choice recognition task used by Bastin and Van der Linden (2003).



## **Method**

The stimuli consisted of 72 black-and-white photographs of faces. All the faces represented men between 20 and 50 years old, with no obvious facial details, such as a beard, a moustache, glasses, a scar, baldness, or long hair. No background and no item of clothing were visible. The stimuli were randomly divided into two equal sets, one for the yes/no task and one for the forced-choice task. In each set, half of the faces was designated as the target and the other as the distractor.

The photographs of faces were presented in the middle of a personal computer screen. Each subject performed two recognition tasks: a yes–no recognition task and a two-alternative forced-choice recognition task. During the study phase of both tasks, 18 faces were presented 1 at a time. Each face remained 1.5 s on the screen of the computer. Participants were instructed to study the faces. Following a retention interval of 30 s during which the participants performed a visuomotor task (drawing a cross in squares following a route), the participants were given a recognition test. In the yes–no test, 36 faces, comprising the 18 target faces mixed with the 18 distractor faces, were presented in single trials. Participants had to say whether they had seen each face. In the forced-choice test, 18 pairs, consisting of each target and its distractor, were presented. The two faces were side by side. In half of the trials the target was presented on the right side, and in the other half it was on the left side. Participants had to say which one they had studied.

The subjects performed the forced-choice recognition task first and, after a pause of around 15 min filled with conversation, the yes/no recognition test.

## **Results and Discussion**

MR and 16 healthy male controls matched to the patient in terms of age ( $64.44 \pm 1.50$ , MR = 65) and number of years of education ( $14.75 \pm 1.53$ , MR = 15) performed the two recognition memory tests. The scores are presented in Table 6.

On the forced-choice recognition memory task, MR performed as well as the control subjects. Actually, he recognised correctly numerically more faces than the controls, although this was not significant ( $t(15) = 0.66$ ,  $p > .25$ ). On the yes/no recognition memory task, MR's performance was also normal ( $d'$  score,  $t(15) = -0.90$ ,  $p > .19$ ). His hit rate was almost equivalent to that of the controls ( $t(15) =$

0.11,  $p > .45$ ) and his false recognition rate was within the normal range, although numerically more frequent ( $t(15) = 1.51$ ,  $p > .07$ ). In addition, his response bias did not differ from that of the controls.

Table 6. Performance of patient MR and the controls in the forced-choice and yes/no recognition memory tasks.

|  | Patient MR<br><i>November 2000</i> | Controls     | z-scores |
|--|------------------------------------|--------------|----------|
| Forced-choice recognition test         |                                    |              |          |
| Number of correct responses (max. 18)  | 16                                 | 14.50 ± 2.19 | 0.68     |
| d'                                     | 1.73                               | 1.35 ± 0.73  | 0.53     |
| Yes/no recognition test                |                                    |              |          |
| Number of hits (max. 18)               | 13                                 | 12.62 ± 3.40 | 0.11     |
| Number of false recognitions (max. 18) | 7                                  | 4.25 ± 1.77  | -1.55    |
| d'                                     | 0.86                               | 1.40 ± 0.58  | -0.92    |
| c                                      | -0.15                              | 0.06 ± 0.44  | -0.49    |

Experiment 3 showed that MR performed normally on yes/no and forced-choice recognition of unfamiliar faces. As Bastin and Van der Linden (2003) found that young and older participants used familiarity more often in the forced-choice task than in the yes/no task, the better performance of MR in the forced-choice task than in the yes/no task could be attributed to a greater reliance on familiarity-based recognition, as also suggested in Experiments 1 and 2. When the difference in MR's performance between the forced-choice task and the yes/no task was compared to the score difference in the control group by means of the statistical procedure proposed by Crawford et al. (2003), MR tended to perform better on the forced-choice task than on the yes/no task, although the difference did not reach significance ( $t(15) = -1.38$ ,  $p > .09$ ). Nonetheless, as global recognition accuracy

scores include different proportions of recollection and familiarity, the hypothesis that MR presents with an impairment of recollection, but intact familiarity process should be further examined by means of procedures designed to separately assess the contribution of recollection and familiarity. Hence, in the next experiment, we have tried to directly measure the influences of recollection and familiarity in MR's performance within a same task.

#### **Experiment 4: Process-dissociation procedure**

The first three experiments suggested that MR has a severe recall deficit and relatively normal recognition, at least under certain circumstances. In Experiment 4, we explored the type of process that the patient uses when making recognition decisions. Initially, we planned to do this by applying the Remember/Know procedure, which requires the participants to report their subjective experience while recognising items (Gardiner, 1988; Tulving, 1985). Unfortunately, it appeared that this procedure could not be used with patient MR. In a yes/no recognition task involving words, his hit rate was .68 (Remember responses: .36; Know responses: .32) and his false recognition rate was .43 (Remember responses: .25; Know responses: .18). For 88 % of the Remember responses (to targets as well as to distractors), MR claimed to recollect the word because an associated word came to his mind while reading this test item. He was, however, unable to tell whether he made this association at encoding or created it at test. He acknowledged that the Remember/Know instructions gave him the idea that finding an associate for each word could be a useful way to study the words, but he did not remember whether he used this strategy at encoding.

In the face of the problem with using the Remember/Know procedure, we have adopted another measure, which allow us to estimate the influences of recollection and familiarity in MR's recognition memory, but which is not completely equivalent to the Remember/Know procedure (Gardiner & Richardson-Klavehn, 2000): the process dissociation procedure (Jacoby, 1991). This procedure has been designed to dissociate within one task the contribution of automatic and controlled retrieval processes. In this Experiment, MR and control subjects performed an adaptation of the "repetition task" (d'Honincthun & Adam, 2001) initially developed by Jennings and Jacoby (1997). In this task, subjects first studied a list of items and

then performed a recognition test. At test, old and new items were presented, and each new item was repeated once, after a variable number of intervening items occurred. In an exclusion condition, subjects were asked to identify old items and to reject new items, regardless of whether they occurred for the first or the second time. Thus, recollection and familiarity work in opposition, as recollection of the first presentation of the new items should help correctly rejecting them, whereas increased familiarity due to the previous presentation should lead to incorrectly accepting them as old (repetition error). In an inclusion condition, subjects had to recognise any item that they had seen before (including the new items when they occurred for the second time). In this condition, recollection and familiarity can both lead to good performance. Therefore, the combination of both conditions makes it possible to measure the contribution of each process (Jacoby, 1991).

### ***Method***

The task was adapted from that developed by Jennings and Jacoby (1997). There was a verbal version of the task and a non-verbal version (d'Honincthun & Adam, 2001). For the verbal version, the stimuli were 160 common French words, 4 to 8 letters long. This set was divided into four lists of 40 words, matched in terms of length and frequency. In each list, half of the words were of low frequency and the other half consisted in high frequency words. Two lists served as target words, while the other two lists were used as distractor items. For the visual version, the stimuli were 160 coloured photographs of faces of men and women, aged between 18 and 30. All the faces showed a neutral expression, and no jewellery and no items of clothing were visible on the pictures. The set was divided into four lists of 40 faces, two lists serving as targets and two lists serving as distractors. In each list, half of the photographs represented women.

In each version, the test comprised two conditions, an inclusion condition and an exclusion condition. Each of them consisted in a study phase and a test phase. During the study phase, 40 words/faces were presented for 3 s each. The subjects had to read each word aloud and to try and remember them. For the face stimuli, the subjects were asked to look carefully at them and try to remember them. Immediately after the presentation of the target list, the test phase began. The test consisted in a yes/no recognition task involving the 40 target items intermixed

randomly with 40 distractor items. Each distractor item occurred twice. It was repeated either immediately (interval 0), after 3 intervening items (interval 3) or after 12 intervening items (interval 12). The test instructions differed according to the condition. In the inclusion condition, the subjects had to recognise all the stimuli they had seen at least once before. In other words, they had to say “yes” to target items and to distractor items when they are repeated, but “no” to distractors appearing for the first time. In the exclusion condition, the subjects had to recognise only the studied items, that is they must say “yes” to the targets only and “no” to the distractors during their second occurrence as well as during their first occurrence.

In this test, the contribution of automatic (familiarity) and controlled (recollection) retrieval processes was measured by considering the proportion of “yes” responses made to the distractors during their second presentation (Jennings & Jacoby, 1997). In the inclusion condition, the subjects would correctly respond “yes” to the repeated distractors either because they recollected it was a new word presented for the second time ( $R$ ) or because they felt it familiar without recollecting anything about it ( $F[1 - R]$ ). Thus, the probability of responding “yes” in the inclusion condition ( $Inc$ ) was given by the formula:  $Inc = R + F[1 - R]$ . In the exclusion condition, the subjects would incorrectly recognise a repeated distractor if they found it familiar and failed to recollect the circumstances of its prior presentation (as a new word in the test phase). Therefore, the probability of responding “yes” in the exclusion condition ( $Exc$ ) corresponded to:  $Exc = F[1 - R]$ . In order to obtain an estimate of the influence of controlled processes on performance, the probability of responding “yes” in the exclusion condition was subtracted from the probability of responding “yes” in the inclusion condition ( $R = Inc - Exc$ ). From there, the estimate of the effect of automatic processes was obtained by computing:  $F = Exc / [1 - R]$ .

The subjects performed the inclusion condition of the verbal and the visual versions during a first test session. On the following day, they performed the exclusion condition for the verbal and the visual versions.

### Results and Discussion

The scores obtained by MR and 6 age-matched healthy men (mean age:  $67.17 \pm 2.14$ , MR = 66; number of years of education:  $16.17 \pm 0.75$ , MR = 15) in the verbal version and in the visual version are reported in Tables 7 and 8 respectively.

#### Verbal version

On the verbal version of the task (see Table 7), MR's recognition was poor, especially in the Exclusion condition ( $d'$  scores: Inclusion condition:  $t(5) = -1.56$ ,  $p > .09$ ; Exclusion condition:  $t(5) = -1.84$ ,  $p > .06$ ), but it was still within the normal range. Examination of the hit and false recognition rates revealed that, in the Inclusion condition, MR recognised as many targets as the controls ( $t(5) = 0.53$ ,  $p > .31$ ), but made significantly more false recognitions ( $t(5) = 11.11$ ,  $p < .001$ ). In fact, in this condition, MR used a more liberal response criterion than the controls. In the Exclusion condition, MR's hit rate was within the normal range ( $t(5) = -0.15$ ,  $p > .44$ ), but he tended to produced more false recognitions than the controls ( $t(5) = 1.65$ ,  $p > .08$ ). In addition, there was no difference between MR and the controls in the response bias.

Table 7. Performance of patient MR and the controls in the verbal version of the Process Dissociation Procedure adapted from Jennings and Jacoby (1997).

|                     |                                   | Patient MR          | Controls         | z-scores |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------|----------|
|                     |                                   | <i>Octobre 2001</i> |                  |          |
| Inclusion condition | Hits                              | 0.875               | $0.8 \pm 0.13$   | 0.59     |
|                     | False recognitions                | 0.55                | $0.07 \pm 0.04$  | -12.84*  |
|                     | P(yes) repetition <sup>a</sup> 0  | 1                   | $1 \pm 0$        |          |
|                     | P(yes) repetition <sup>a</sup> 3  | 0.875               | $0.96 \pm 0.05$  | -1.63    |
|                     | P(yes) repetition <sup>a</sup> 12 | 1                   | $0.875 \pm 0.08$ | 1.58     |
|                     | $d'$                              | 1                   | $2.53 \pm 0.91$  | -1.69    |
|                     | C                                 | -0.63               | $0.31 \pm 0.19$  | -4.94*   |
| Exclusion condition | Hits                              | 0.7                 | $0.73 \pm 0.18$  | -0.18    |
|                     | False recognitions                | 0.35                | $0.10 \pm 0.14$  | -1.79    |
|                     | P(yes) repetition <sup>a</sup> 0  | 0                   | $0.08 \pm 0.20$  | 0.41     |
|                     | P(yes) repetition <sup>a</sup> 3  | 0.375               | $0.16 \pm 0.18$  | -1.21    |
|                     | P(yes) repetition <sup>a</sup> 12 | 0.75                | $0.22 \pm 0.18$  | -2.95*   |
|                     | $d'$                              | 0.91                | $2.38 \pm 0.74$  | -1.99    |
|                     | C                                 | -0.07               | $0.40 \pm 0.72$  | -0.64    |

|  |                               |       |             |        |
|--|-------------------------------|-------|-------------|--------|
| Processes estimates  | Automatic interval 3          | 0.75  | 0.64 ± 0.43 | 0.26   |
|  | Automatic interval 12         | 1     | 0.55 ± 0.38 | 1.18   |
|  | Automatic total <sup>b</sup>  | 0.9   | 0.61 ± 0.32 | 0.91   |
|  | Controlled interval 3         | 0.5   | 0.80 ± 0.15 | -1.95  |
|  | Controlled interval 12        | 0.25  | 0.66 ± 0.13 | -3.13* |
|  | Controlled total <sup>b</sup> | 0.375 | 0.73 ± 0.13 | -2.71* |
| Estimates according to the dual-process signal detection model (Yonelinas & Jacoby, 1996b) |                               |       |             |        |
|  | Recollection interval 3       | 0.39  | 0.78 ± 0.16 | -2.47* |
|  | Recollection interval 12      | 0.23  | 0.66 ± 0.12 | -3.45* |
|  | Familiarity (d') interval 3   | 0.69  | 2.81 ± 1.87 | -1.13  |
|  | Familiarity (d') interval 12  | 2.28  | 2.00 ± 1.12 | 0.24   |

Note. <sup>a</sup> P(yes) repetition = probability of responding yes to repeated new items, <sup>b</sup> total = including intervals 3 and 12; \* indicates an impaired performance in patient MR.

The proportions of yes responses to repetitions of the distractors were examined in the Inclusion condition and the Exclusion condition. In the Inclusion condition, MR responded yes to the second presentation of the new items as correctly as the controls (interval 0: proportion = 1 for all the subjects and the patient; interval 3:  $t(5) = -1.57$ ,  $p > .08$ ; interval 12:  $t(5) = 1.44$ ,  $p > .10$ ). In the Exclusion condition, the proportion of (incorrect) yes responses to repeated new items (repetition errors) was similar in the patient and the control group after no intervening item (the proportion was equal to 0 in all the subjects except in 1 normal subject) and after 3 intervening items ( $t(5) = 1.11$ ,  $p > .16$ ). After 12 intervening items, however, MR made more repetition errors than the controls ( $t(5) = 2.73$ ,  $p < .05$ ). The almost perfect score at interval 0 showed that all the subjects were following the instructions properly. The results from the exclusion condition suggest that the patient may present with a deficit of recollection, but intact familiarity-based recognition memory. Indeed, his reliance on familiarity, unopposed by recollection, led him to accept significantly more repeated new items as old after a lag of 12 intervening items. After 3 intervening items, MR made

numerically more repetition errors than the controls, but this difference was not significant.

Estimates of the automatic influences on recognition memory (familiarity) did not differ between the patient and the control group (interval 3:  $t(5) = 0.24$ ,  $p > .41$ ; interval 12:  $t(5) = 1.10$ ,  $p > .16$ ). When the estimates from the two intervals were collapsed in order to increase power, MR's automatic estimate was numerically higher than that of the controls, but was not significantly different from the controls' mean ( $t(5) = 0.84$ ,  $p > .22$ ). An examination of the estimates of the controlled influences on recognition memory (recollection) indicated that recollection was impaired in MR, especially at interval 12 ( $t(5) = -2.92$ ,  $p < .05$ ). At interval 3, the recollection estimate did not differ significantly between MR and the control group, although there was a trend for a lower score in MR ( $t(5) = -1.85$ ,  $p > .06$ ). An analysis of total estimated recollection, collapsed across both intervals, also showed an impairment in the patient ( $t(5) = -2.53$ ,  $p < .05$ ).

However, these estimates should be taken with caution for three reasons. First, the patient produced more false recognitions than the controls and showed a bias toward responding "yes" in the Inclusion condition. According to Jacoby (1991), the subject must behave similarly in both conditions for the process dissociation equations to be applied successfully. Second, as identification of the repeated new items at the different lags was perfect or almost perfect in the Inclusion condition in the patient as well as in the control participants, ceiling effects could have distorted the process-dissociation estimates (Yonelinas, 2002). Third, the calculations assume that there is stochastic independence between familiarity and recollection in the task, and this is likely to be only approximately true.

Different approaches have been developed to correct for differences in response bias when calculating the contribution of recollection and familiarity to performance. Yonelinas and Jacoby (1996b) demonstrated that the dual-process signal detection model (Yonelinas, 1994) provides one of the best methods for obtaining unbiased estimates. When recollection and familiarity estimates were calculated following the dual-process signal detection model<sup>1</sup> (see Table 7),

---

<sup>1</sup> The dual process signal detection model takes the baseline responding into account by including false recognitions in the measure of recollection and familiarity. In this model, recollection is assumed to be a high-threshold process and can be measured by a probability, in which guessing (i.e. false recognitions) are removed from the proportion of hits. As for familiarity, it is assumed to be a signal detection process and is calculated in



recollection appeared to be impaired at both intervals (interval 3:  $t(5) = -2.29$ ,  $p < .05$ ; interval 12:  $t(5) = -3.19$ ,  $p < .05$ ), whereas familiarity (as measured by  $d'$ ) was preserved (interval 3:  $t(5) = -1.05$ ,  $p > .17$ ; interval 12:  $t(5) = 0.23$ ,  $p > .41$ ).

Therefore, the results from the exclusion condition together with the estimation of the recognition processes by means of the dual-process signal detection method (Yonelinas & Jacoby, 1996b) suggests that patient MR shows impaired recollection, but relatively preserved familiarity. This finding is consistent with the hypothesis that good recognition performance in patient MR -and in hippocampal patients in general, according to Aggleton and Shaw (1996)- can often rely on an intact familiarity process.

#### Visual version

On the visual version (see Table 8), MR's recognition accuracy was equivalent to that of the controls subjects. His  $d'$  scores did not differ from those of the controls on the Inclusion ( $t(5) = -1.13$ ,  $p > .15$ ) and Exclusion condition ( $t(5) = -1.54$ ,  $p > .09$ ). On each condition, the hit rates and the false recognition rates did not differ between the patient and the control group (all  $p$ s  $> .15$ ). In addition, MR used a response bias similar to that of the controls in the Inclusion condition as well as in the Exclusion condition.

Table 8. Performance of patient MR and the controls in the visual version of the Process Dissociation Procedure adapted from Jennings and Jacoby (1997).

|                        |                                   | Patient MR   | Controls    | z-scores |
|------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|----------|
|                        |                                   | Octobre 2001 |             |          |
| Inclusion<br>condition | Hits                              | 0.425        | 0.65 ± 0.21 | -1.05    |
|                        | False recognitions                | 0.25         | 0.17 ± 0.11 | -0.76    |
|                        | P(yes) repetition <sup>a</sup> 0  | 1            | 0.92 ± 0.15 | 0.55     |
|                        | P(yes) repetition <sup>a</sup> 3  | 0.94         | 0.78 ± 0.20 | 0.79     |
|                        | P(yes) repetition <sup>a</sup> 12 | 0.81         | 0.83 ± 0.15 | -0.13    |
|                        | $d'$                              | 0.472        | 1.56 ± 0.89 | -1.22    |
|                        | C                                 | 0.44         | 0.32 ± 0.40 | 0.29     |

terms of  $d'$  (which measure the ability to discriminate between target and distractor item regardless of the response bias, Macmillan & Creelman, 1991). In addition, the model postulates that both processes are independent. For a detailed mathematical description of the application of the dual process signal detection model to the process dissociation procedure, see Yonelinas and Jacoby (1996b).

|  |                                   |       |             |        |
|--|-----------------------------------|-------|-------------|--------|
| Exclusion condition  | Hits                              | 0.25  | 0.55 ± 0.25 | -1.19  |
|  | False recognitions                | 0.20  | 0.20 ± 0.15 | 0      |
|  | P(yes) repetition <sup>a</sup> 0  | 0     | 0.12 ± 0.21 | 0.60   |
|  | P(yes) repetition <sup>a</sup> 3  | 0.31  | 0.25 ± 0.22 | -0.28  |
|  | P(yes) repetition <sup>a</sup> 12 | 0.625 | 0.33 ± 0.22 | -1.33  |
|  | d'                                | 0,168 | 1.25 ± 0.65 | -1.66  |
|  | C                                 | 0.76  | 0.48 ± 0.71 | 0.39   |
| Processes  | Automatic interval 3              | 0.83  | 0.49 ± 0.42 | 0.83   |
|  | Automatic interval 12             | 0.77  | 0.63 ± 0.31 | 0.45   |
|  | Automatic total <sup>b</sup>      | 0.79  | 0.56 ± 0.36 | 0.63   |
|  | Controlled interval 3             | 0.625 | 0.53 ± 0.16 | 0.58   |
|  | Controlled interval 12            | 0.19  | 0.5 ± 0.20  | -1.52  |
|  | Controlled total <sup>b</sup>     | 0.41  | 0.52 ± 0.17 | -0.63  |
| Estimates according to the dual-process signal detection model (Yonelinas & Jacoby, 1996b) |                                   |       |             |        |
|  | Recollection interval 3           | 0.61  | 0.54 ± 0.14 | 0.43   |
|  | Recollection interval 12          | 0.14  | 0.49 ± 0.14 | -2.38* |
|  | Familiarity (d') interval 3       | 1.67  | 1.18 ± 1.15 | 0.43   |
|  | Familiarity (d') interval 12      | 1.45  | 1.79 ± 0.71 | -0.48  |

Note. <sup>a</sup> P(yes) repetition = probability of responding yes to repeated new items, <sup>b</sup> total = including intervals 3 and 12; \* indicates an impaired performance in patient MR.

MR was as likely as the controls to respond yes to new items during their second presentations in both the Inclusion and Exclusion conditions (Inclusion condition, interval 0:  $t(5) = 0.49$ ,  $p > .32$ ; interval 3:  $t(5) = 0.74$ ,  $p > .24$ ; interval 12:  $t(5) = -0.25$ ,  $p > .40$ ; Exclusion condition, interval 0:  $t(5) = -0.53$ ,  $p > .31$ ; interval 3:  $t(5) = 0.25$ ,  $p > .40$ ; interval 12:  $t(5) = 1.24$ ,  $p > .13$ ). Patient MR as well as the control group complied with the instructions, as indicated by the scores at interval 0 close to ceiling in the inclusion condition and close to floor in the exclusion condition.

As in the verbal part of the task, there was no difference between familiarity estimates obtained in MR and those obtained in the controls (interval 3: ( $t(5) =$

0.75,  $p > .24$ ; interval 12:  $t(5) = 0.42$ ,  $p > .35$ ; total:  $t(5) = 0.59$ ,  $p > .29$ ). In the nonverbal task, MR's recollection estimates did not significantly differ from those of the controls, although it was slightly poorer at interval 12 (interval 3,  $t(5) = 0.55$ ,  $p > .30$ ; interval 12,  $t(5) = -1.43$ ,  $p > .10$ ; total:  $t(5) = -0.60$ ,  $p > .28$ ).

As for the verbal task, performance in the Inclusion condition was close to ceiling at intervals 0 and 3, thus making process-dissociation estimates less reliable. When recollection and familiarity were measured by means of the dual-process signal detection model (Yonelinas & Jacoby, 1996b), MR displayed impaired recollection at interval 12 ( $t(5) = -2.20$ ,  $p < .05$ ), but not at interval 3 ( $t(5) = 0.98$ ,  $p > .18$ ). As for familiarity, it was normal at both intervals (interval 3:  $t(5) = 0.40$ ,  $p > .35$ ; interval 12:  $t(5) = -0.44$ ,  $p > .34$ ). Therefore, the results from the visual part of the task support the dissociation between poor recollection and good familiarity also found in the verbal part, at least at the longest delay.

## GENERAL DISCUSSION

The purpose of the present study was to explore the status of recognition memory in an amnesic patient (MR) who suffered from carbon monoxide poisoning. There has been considerable debate regarding whether there can be preserved recognition memory in the presence of severe recall deficits in some amnesic patients. Some studies showed that recognition and recall were both similarly impaired in amnesia (Manns & Squire, 1999; Reed & Squire, 1997; Stark, Bayley, & Squire, 2002; Stark & Squire, 2003), whereas others suggested that relatively good recognition memory can be observed in amnesic patients with damage limited primarily to the hippocampal system (Aggleton & Shaw, 1996; Mayes et al., 2002; Vargha-Khadem et al., 1997; Yonelinas et al., 2002). In the latter cases, recognition memory may have relied on a preserved familiarity process. For example, Yonelinas et al. (2002) showed that both recollection and familiarity were disrupted after damage involving the hippocampus and the parahippocampal gyrus, but that only recollection was impaired following hypoxia induced by cardiac arrest, which is supposed to damage primarily the hippocampus.

Globally, the results from the current study suggest that MR presents with a dissociation between recall and recognition memory. In Experiments 1 and 2, MR demonstrated severely disrupted recall performance and less dramatically impaired

recognition memory, on verbal as well as on non-verbal tasks. A comparison of all the tasks included in this study further supports this finding. Across the four recall tests included in this study, MR's recall score fell 6.52 standard deviations below the controls' mean. By contrast, his recognition score, averaged across the 10 recognition tests, was 1.27 standard deviations below the controls' mean. Moreover, MR's recall and recognition performances (converted into z-scores) differed significantly from each other ( $F(1, 12) = 14.65, p < .01$ ). The dissociation between MR's recall and recognition performance is inconsistent with the view that amnesia disrupts all measures of declarative memory in the same way (Squire & Zola, 1998). In contrast, this supports the proposition that recognition memory can be relatively preserved in some amnesic patients (Aggleton & Brown, 1999; Brown & Aggleton, 2001; Mishkin et al., 1998; Vargha-Khadem et al., 1997). According to this view, relatively normal recognition performance in these amnesic patients was based on intact familiarity, while recollection was impaired. Therefore, we hypothesized that MR may be able to use familiarity feelings despite a deficit of recollection.

However, some of the results of the patient in the recognition tasks are puzzling. Indeed, in the present study, patient MR performed relatively normally, although usually slightly below the controls' mean, on all the recognition tasks, except on two tasks. First, he produced a lot of false recognitions in the parallel recognition task. Second, his performance was clearly impaired on the second part of the Doors subtest. Before interpreting these intriguing data, we have to consider the conditions under which a normal recognition performance is predicted in a patient presenting with impaired recollection, but intact familiarity. As pointed out by Mayes et al. (2002), whether an amnesic patient, who relies mainly on familiarity, will demonstrate completely normal recognition memory depends on which process normal people use to perform the task, on the relationship between recollection and familiarity, and on the efficiency of familiarity as a basis for recognition decisions. A widely held view concerning the relationship between recollection and familiarity states that they are two independent processes (Jacoby, 1991; Jacoby, Yonelinas, & Jennings, 1997; Yonelinas, 1994). According to the independence model, it is not possible to reach the same level of performance by using familiarity alone as by using both recollection and familiarity. Nonetheless, normal recognition memory in a patient who uses only familiarity would be predicted if normal participants also rely heavily on familiarity for their judgments in

the recognition memory task. Alternatively, only slightly impaired recognition memory performance should be seen in such a patient if familiarity provides a basis for recognition judgments as efficient as the recollective process that normal participants would use more often. Therefore, under this condition, one should expect clearly impaired recognition memory only when familiarity is not effective to perform correctly on a given task.

Thus, if recollection and familiarity are independent and if the control subjects used mainly recollection in most of the tasks of the current study, it may be that familiarity was an efficient basis for achieving relatively good performance on these tests. The forced-choice recognition task with unfamiliar faces may be an example of a situation in which normal participants used mainly familiarity in their recognition decisions. Indeed, previous results obtained with older adults, who were around the same age as MR (65 years old), indicated that they relied more on familiarity than on recollection to decide which face had been presented (Bastin & Van der Linden, 2003). Thus, in this task, the completely normal performance of MR and his slightly better score in this test than on the yes/no task (though this latter finding was only a trend) could be due to the fact that he relied mainly on familiarity as did the normal elderly participants.

In this theoretical perspective, how can we understand the results of MR in the parallel recognition test and the second part of the Doors subtest? His poorer performance suggests that familiarity may not be sufficient to achieve good performance on these tasks. First, on the parallel recognition test from the Calev's (1984) procedure, MR falsely recognised more distractor words than the control subjects. An interpretation could be that MR failed to use recollection to oppose a sense of familiarity for new items that he read while comparing a test item with the others. Second, the patient was impaired on the Doors subtest, when the participants must choose the studied doors among three very similar foils. Therefore, it may be that high similarity between targets and foils required recollection for achieving good performance. However, Holdstock et al. (2002) have shown that familiarity can still be used when targets and foils are highly related, provided that the test uses a forced-choice format, as in the second part of the Doors subtest. Thus, if this is true, it is surprising that MR could not perform this task correctly. In addition, two hippocampal patients with preserved familiarity (YR and Jon) had normal performance on both parts of the Doors subtests

(Baddeley et al., 2001; Mayes et al., 2002). The reason of this discrepancy is unclear. A possibility is that the manner the patients encoded the pictures of the doors in the second part of the test might have influenced their performance at test. Patients who encoded each picture holistically might have been able to use familiarity to discriminate between very similar pictures at test. By contrast, if MR tried to remember some specific details of the pictures, this information may be lost by the time of the test.

Nonetheless, these interpretations are made a posteriori and no clear conclusion regarding the type of process that MR used when he successfully performed recognition memory tasks can be drawn from the above findings. Indeed, global recognition accuracy does not provide any indication of the actual proportion of recollection and familiarity involved in the task. That is why we tried to directly measure the contribution of recollection and familiarity to MR's performance within a same task. A first attempt was made by applying the Remember/Know procedure (Gardiner, 1988; Tulving, 1985). However, this procedure proved difficult to use with patient MR, as it has been with some other amnesic patients (Baddeley et al., 2001). Indeed, the patient reported Remember responses when an association came to his mind for a test item, but he was actually unable to recollect forming this association at study.

Second, we used the process dissociation procedure (Jacoby, 1991), which also allows to evaluate the contribution of recollection and familiarity to MR's recognition performance, even if it is not equivalent to the Remember/Know procedure (Gardiner & Richardson-Klavehn, 2000). MR performed a verbal and a non verbal version of the repetition paradigm developed by Jennings and Jacoby (1997; d'Honincthun & Adam, 2001). When the influences of recollection and familiarity in each task was estimated by means of the dual-process signal detection model (Yonelinas & Jacoby, 1996b), which correct for differences in response bias, the results supported the idea that MR's relatively preserved recognition relied on intact familiarity processes, whereas his recollection was impaired, especially at the longest retention intervals. Few studies have examined the effects of amnesia on recollection and familiarity by means of the process dissociation procedure (Hanley, Davies, Downes, Roberts, Gong, & Mayes, 2001; Verfaellie & Treadwell, 1993). Verfaellie and Treadwell (1993) found that amnesic patients with relatively extensive temporal or diencephalic lesions demonstrated a

deficit of recollection, but normal familiarity. However, when these data were reanalysed according to the dual-process signal detection model in order to control for differences in false recognition rates, the results indicated that the patients showed a severe deficit of recollection and a milder, but significant, deficit of familiarity (Yonelinas et al., 1998). More recently, Hanley et al. (2001) explored the status of recollection and familiarity in a patient, ROB, who displayed preserved recognition and impaired recall following damage to the fornix and anterior thalamus in the left hemisphere. In a verbal task where recollection and familiarity worked in opposition to one another (Jacoby, Woloshyn, & Kelley, 1989), ROB relied on recollection and familiarity to the same extent as normal subjects. It might be, however, that the preservation of both recognition processes in this patient was a consequence of her lesion being unilateral and her visual memory being spared. Thus, the present findings of dissociation between severely impaired recollection and relatively normal familiarity in patient MR are new and promising. Future work should further explore the contribution of recollection and familiarity to amnesic patients' recognition memory for different types of material.

It remains to consider the relationship between the brain damage observed in the patient and his recall and recognition performance. Structural and quantitative magnetic resonance imaging analyses indicated that patient MR presented with bilateral damage to the globus pallidus, diffuse cortical atrophy and reduced hippocampal volume, a pattern of lesions which has previously been described following CO poisoning (Gale, Hopkins, Weaver, Bigler, Booth, & Blatter, 1999; Henke et al., 1999; Hopkins, Weaver, & Kesner, 1993; Reynolds, Hopkins, & Bigler, 1999). As the globus pallidus is not known to play a role in episodic memory (Brown, Schneider, & Lidsky, 1997; White, 1997), it is plausible that MR's severely impaired recall performance in the face of less affected recognition memory has been caused by his hippocampal damage. If this is true, the results of patient MR add to other evidence of dissociation between recall and recognition memory in amnesic patients with adult-onset hippocampal damage (Holdstock et al., 2002; Mayes et al., 2002). According to Aggleton and Brown (1999), familiarity-based item recognition memory should depend mainly on the structures surrounding the hippocampus, most notably the perirhinal cortex. It could therefore be that the relatively preserved recognition performance of patient MR relied on intact medial temporal cortices. Unfortunately, information regarding volumetric measures of these regions was not available, although their appearance was normal.

In summary, this study presents the case of the patient MR who became amnesic following carbon monoxide poisoning. On tests matched for difficulty, he showed a dissociation between severely impaired recall and less impaired recognition memory, which could be related to bilateral hippocampal atrophy. On a total of 10 recognition memory tests, MR performed within the range of the matched control subjects on most of the tasks, but his performance was impaired in the Doors subtest (Baddeley et al., 1994) when very similar distractors items were presented with the target item at test and he made many false recognitions in the parallel recognition task from Calev's (1984) procedure. It has been hypothesized that the relatively good recognition performance of this patient could be based on preserved familiarity feelings. This hypothesis received some support from the finding that the patient normally used automatic familiarity influences in recognition memory, but was impaired at using controlled recollection processes in a task applying the process dissociation procedure, at least when the contribution of both processes was calculated following the dual-process signal detection model (Jennings & Jacoby, 1997; Yonelinas & Jacoby, 1996b). Altogether, these results are consistent with the hypothesis that recall and recognition memory can be dissociated in some types of amnesic patients (Aggleton & Brown, 1999; Brown & Aggleton, 2001; Mishkin et al., 1998; Vargha-Khadem et al., 1997).



# Variability in the impairment of recognition memory in patients with frontal lobe lesions

Christine Bastin<sup>1</sup>, Martial Van der Linden<sup>1,2</sup>, Françoise Lekeu<sup>3</sup>, Pilar Andrès<sup>4</sup>, and Eric Salmon<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences Cognitives, Université de Liège

<sup>2</sup> Unité de Psychopathologie Cognitive, Université de Genève

<sup>3</sup> Centre de Recherches du Cyclotron, Université de Liège

<sup>4</sup> Department of Psychology, University of Plymouth, Plymouth, UK

**Submitted to *Cortex***\*

---

\* This work was supported by a grant from the French Community of Belgium: Actions de Recherche Concertées (convention 99/04–246). We thank Jacqueline Rolland for her assistance in the selection of the patients with frontal lobe damage, and Anne Galloux, Benoît Guimard and Corinne Sylvain who collected the data.

**ABSTRACT**

Fourteen patients with frontal lobe lesions and 14 controls were tested on a recognition memory task that required discriminating between target words, new words that are synonyms of the targets and unrelated distractors. A deficit was found in 12 of the patients. Moreover, three different patterns of recognition impairment were found: (I) poor memory for targets, (II) normal hits but increased false recognitions for both types of distractors, (III) normal hit rates, but increased false recognitions for synonyms only. Differences in terms of location of the damage and behavioral characteristics between these subgroups were examined. An encoding deficit was proposed to explain the performance of patients in subgroup I. The behavioral patterns of the patients in subgroups II and III could be interpreted as a deficit in semantically-guided information production and a deficit in monitoring processes, respectively (Cabeza, Lacantore, & Anderson, 2003).

## INTRODUCTION

A number of neuropsychological studies have demonstrated that the frontal lobes play an important role in episodic memory. Evidence for this comes from studies showing that patients with lesions of the frontal lobes are impaired in free recall (Gershberg & Shimamura, 1995; Incisa della Rocchetta, 1986; Jetter, Poser, Freeman, & Markowitsch, 1986; Stuss et al., 1994), as well as in memory for contextual information (Janowsky, Shimamura, & Squire, 1989b; Kesner, Hopkins, & Fineman, 1994; Kopelman, Stanhope, & Kingsley, 1997; McAndrews & Milner, 1991; Milner, Corsi, & Leonard, 1991). Initially, it was believed that recognition memory was relatively unaffected by frontal lobe damage (Jetter et al., 1986; Milner, Corsi & Leonard, 1991). In their meta-analysis, Wheeler, Stuss and Tulving (1995) suggested that frontal lobe patients were more frequently impaired on free recall (80 % of the cases) than on cued recall (50 %), and that cued recall itself was more often impaired than recognition memory (8 %). This was attributed to the greater demands that recall places on strategic retrieval processes, compared to recognition memory. Consistently, Gershberg and Shimamura (1995, see also Stuss et al., 1994) have demonstrated that the frontal lobe patients failed to initiate and use organizational strategies at encoding and at retrieval during free recall tasks.

However, recent case studies and group studies have shown that recognition memory can also be impaired following frontal lobe lesions. Moreover, it appears that there is some variability in the recognition performances of frontal lobe patients.

First, the presence of a recognition memory deficit following damage to the frontal lobes may depend on the kind of recognition test used. Parkin, Yeomans and Bindschaedler (1994) reported that a patient (C.B.) who had suffered from a rupture of an Anterior Communicating Artery (ACoA) aneurysm was impaired on recall tasks, performed well on forced-choice recognition memory tests, but showed lower scores on yes/no recognition tasks. This can be interpreted by reference to dual-process models of recognition memory (Mandler, 1980; Yonelinas, 1994), which suggest that at least two processes contribute to recognition memory: recollection and familiarity. Recollection has been described

as a recall-like process, involving the conscious retrieval of an event together with its encoding context. By contrast, familiarity refers to knowing that an event has previously occurred, without any recollection. Parkin et al. suggested that C.B. was able to use familiarity to discriminate between targets and distractors presented simultaneously, but failed to recollect the items in the yes/no tasks. Consistently, a recent study by Bastin and Van der Linden (2003) have shown that familiarity makes a greater contribution to forced-choice than to yes/no recognition memory, whereas yes/no recognition memory tends to require more recollection.

Second, several case studies have documented a particular pattern consisting of relatively good recall performance (although marked by many intrusions) and impaired yes/no recognition memory performance, with a normal hit rate and a great amount of false recognitions (Delbecq-Derouesné, Beauvois & Shallice, 1990; Parkin, Bindschaedler, Harsent, & Metzler, 1996; Schacter, Curran, Galluccio, Milberg, & Bates, 1996; Ward & Parkin, 2000). Schacter et al. (1996; Curran, Schacter, Norman, & Galluccio, 1997) have reported the case of a patient (B.G.) with damage to the right frontal lobe who produced a lot of false recognitions and classified those as Remember responses when the Remember/Know paradigm was used (Gardiner, 1988; Rajaram, 1993). Encoding instructions that enhance recollection of specific information eliminated Remember false recognitions, but B.G. still made a lot of false recognitions, now accompanied by Know responses. Importantly, the patient did not produce any false recognition when the targets and the distractors belonged to different taxonomic categories. The nature of B.G.'s difficulty was identified as a failure to build descriptions of sought-after episodes that are focused enough (Norman & Schacter, 1996). This led to an over-reliance on general characteristics common to both targets and distractors and an inability to use memory for item-specific information to overcome the familiarity felt for unstudied items. In addition, B.G. appeared to have an abnormally liberal response bias (Curran et al., 1997). A similar interpretation may account for the recognition performance of R.W., an ACoA patient described by Delbecq-Derouesné et al. (1990). This patient accepted almost as many distractors as targets in yes/no recognition memory tasks. Notably, he claimed high confidence in his errors and this chance performance occurred after semantic encoding.

By contrast, Parkin and colleagues (Parkin, 1997; Parkin et al., 1996; Parkin,

Ward, Bindschaedler, Squires, and Powell, 1999; Ward & Parkin, 2000) suggested that the pathological false recognitions observed in yes/no tasks in two patients (J.B. and M.R.) with a left-sided frontal lesion was a consequence of an encoding deficit. Both patients had a normal hit rate and a great amount of false recognitions. Importantly, their productions of false recognitions were not affected by retrieval manipulations, such as taking the targets and the distractors from different categories or constraining the number of possible “yes” responses. By contrast, encoding manipulations, such as providing deep encoding instructions compared to free encoding, did improve their ability to reject distractors. Therefore, Parkin et al. (1999) and Ward and Parkin (2000) suggested that the disorder in these patients may affect the selection of the pertinent information to be encoded, leading to the creation of general memory representations which lack item-specific details.

Third, a pattern of verbal yes/no recognition memory impairment characterized by a poor hit rate and a high false recognition rate was found in a group of patients having a unilateral left frontal damage or a bilateral frontal damage (Stuss et al., 1994). In addition, the response bias did not differ between the groups. Stuss et al. suggested that, in these cases, this deficit could be related to either a mild residual aphasia –as evidenced by a reduced score on the Boston Naming Test– or to the fact that the damage extended to the basal forebrain, which is highly connected with the medial temporal lobe structures (see Brosutzky, Brand, & Fujiwara, 2000 for a review). In the former hypothesis, the mild language disorder may have interfered with the encoding of the verbal material. In the latter, the deficit may reflect an alteration of the memory processes depending on the medial temporal lobe, whose damage is known to produce amnesia (Mayes, 2002).

Finally, Swick and Knight (1999) examined the performance of a group of patients with dorsolateral frontal lesions in a continuous yes/no recognition test and also recorded the electrophysiological neural activity of the patients during the memory test. The behavioral results indicated that the frontal patients had an increased false recognition rate, together with a normal hit rate. Moreover, their response bias was abnormally liberal. In addition, the patients as well as the controls did show event-related potential modulations which have been associated with memory retrieval, and more particularly with recollection (Düzel, Yonelinas, Mangun, Heinze, & Tulving, 1997; Smith, 1993). As the event-related potential

effect was normal in the frontal lobe patients, Swick and Knight suggested that the memory retrieval process itself was preserved. They proposed that the pattern of recognition memory impairment observed in these patients, with increased false recognitions and a shift in the response criterion, was a consequence of impaired strategic post-retrieval processes, by reference to the notion of a prefrontal *working-with-memory system* (Moscovitch, 1992) which monitors the products of the memory retrieval processes.

To sum up, following frontal lobe damage, yes/no recognition memory can be impaired for different reasons: an over-reliance on familiarity, a difficulty to build a description of the to-be-retrieved episode containing item-specific information, an impaired selection of appropriate information during the encoding phase or an excessively liberal response bias. In addition, it appeared that a deficit in recognition memory can occur after lesions to the dorsolateral prefrontal cortex (Swick & Knight, 1999; Schacter et al., 1996), the medial parts of the frontal lobes (R.W., Delbecq-Derouesné et al., 1990) and the basal forebrain (Stuss et al., 1994).

Recently, Verfaellie, Rapcsak, Keane and Alexander (in press) have shown that different patterns of yes/no recognition memory performance after frontal lobe damage were related to different behavioral and brain damage characteristics. Verfaellie et al. measured general memory abilities of a group of 36 patients by means of the Recognition Memory Test of Warrington (1984). In addition, the patients and a group of controls performed a verbal yes/no recognition task. In this task, the study list consisted of words from various semantic categories and the number of words belonging to a category varied from 1 to 8. Verfaellie et al. found that, in the controls, this manipulation affected the contribution of recollection of item-specific details during the recognition test. Indeed, recollection, which was measured by the ability to discriminate target words from distractors belonging to studied categories, was greater when the related distractors came from categories with one studied exemplar than when they came from categories with several studied exemplars. Further, the results revealed that the 11 patients who performed poorly on the Recognition Memory Test ("amnesic frontal lobe patients") had a decreased hit rate and an increased false recognition rate on the verbal yes/no recognition task, especially in the condition where normal participants relied primarily on recollection (that is, in the one-exemplar condition). Moreover, no

change in the response bias was visible in these patients. Therefore, the recognition deficit of the amnesic frontal patients was interpreted as reflecting mainly an impaired memory for item-specific details. From a neuroanatomical point of view, some amnesic frontal lobe patients presented with lesions affecting the posterior ventromedial frontal region, possibly extending to the basal forebrain. Hence, the recognition memory deficit of these patients could be part of memory disorders associated with basal forebrain damage (Brosutzky et al., 2000). In the other amnesic frontal patients, left dorsolateral frontal damage was identified. In these cases, Verfaellie et al. proposed that the memory deficit could result from mild lexical or semantic impairments.

By contrast, the 25 patients who were normal on the Recognition Memory Test performed, as a group, as well as the controls on the yes/no recognition memory task. However, three of these patients produced an excessive number of false recognitions in the context of a normal hit rate and this appeared to be due to an abnormally liberal response bias. Verfaellie et al. (in press) underlined the fact that all three had left-sided damage. The authors proposed that this could reflect either material-specific hemispheric specialization of retrieval processes or the involvement of the left frontal regions in very demanding retrieval tasks (Nolde, Johnson, & D'Esposito, 1998).

Another recent study has shown that the presence of a verbal yes/no recognition memory deficit depends on the location of the damage (Alexander, Stuss, & Fansabedian, 2003). Among various groups of patients presenting unilateral or bilateral lesions to distinct frontal regions, only the group of patients with lesions to the left posterior dorsolateral frontal regions was impaired on yes/no recognition memory. Their recognition performance was characterized by an increased false recognition rate and a normal hit rate, together with an excessively liberal response bias. These patients were also impaired on naming and verbal fluency. Hence, Alexander et al. proposed that a mild semantic deficit may have interfered with encoding of the verbal material and with the setting of an appropriate criterion.

The present study re-examined the effects of frontal lobe lesions on yes/no recognition memory. A group of frontal lobe patients and a group of matched controls performed a recognition memory task that required discriminating between targets, distractors that are synonyms to the targets and unrelated distractors. This

task allowed examining familiarity-based and recollection-based recognition memory. Indeed, while rejecting unrelated distractors can be done mainly on the basis of familiarity, recollection becomes particularly useful in the presence of the synonyms (Parkin, Dunn, Lee, O'Hara, & Nussbaum, 1993; Parkin, 1997). In addition to hit rates and false recognition rates for each type of distractors, we measured discrimination ability and response bias by means of Signal Detection  $d'$  and  $c$  measures (Macmillan & Creelman, 1991).

Thus, the purpose of the present study was to explore whether there was variability in the patients' performances and whether the pattern of recognition performance could be related to particular lesion sites. First, the effect of the lateralization of the lesions was tested. Indeed, the Hemispheric Encoding-Retrieval Asymmetry (HERA) model suggests that the left prefrontal regions are preferentially involved in encoding operations, whereas the right prefrontal regions are involved in the retrieval processes (Nyberg, Cabeza, & Tulving, 1996; Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch, & Houle, 1994). According to this model, we could expect the frontal patients with left-sided lesions to present recognition difficulties consistent with an encoding disorder (like the patient J.B., Parkin et al., 1999), whereas right frontal patients could show a type of recognition impairment suggesting a retrieval difficulty (like B.G., Curran et al., 1997). Second, we adopted an approach consisting in grouping the patients according to their pattern of performance on the task and in looking for characteristics of the subgroups in terms of location of the lesions (Stuss et al., 2003).

## METHOD

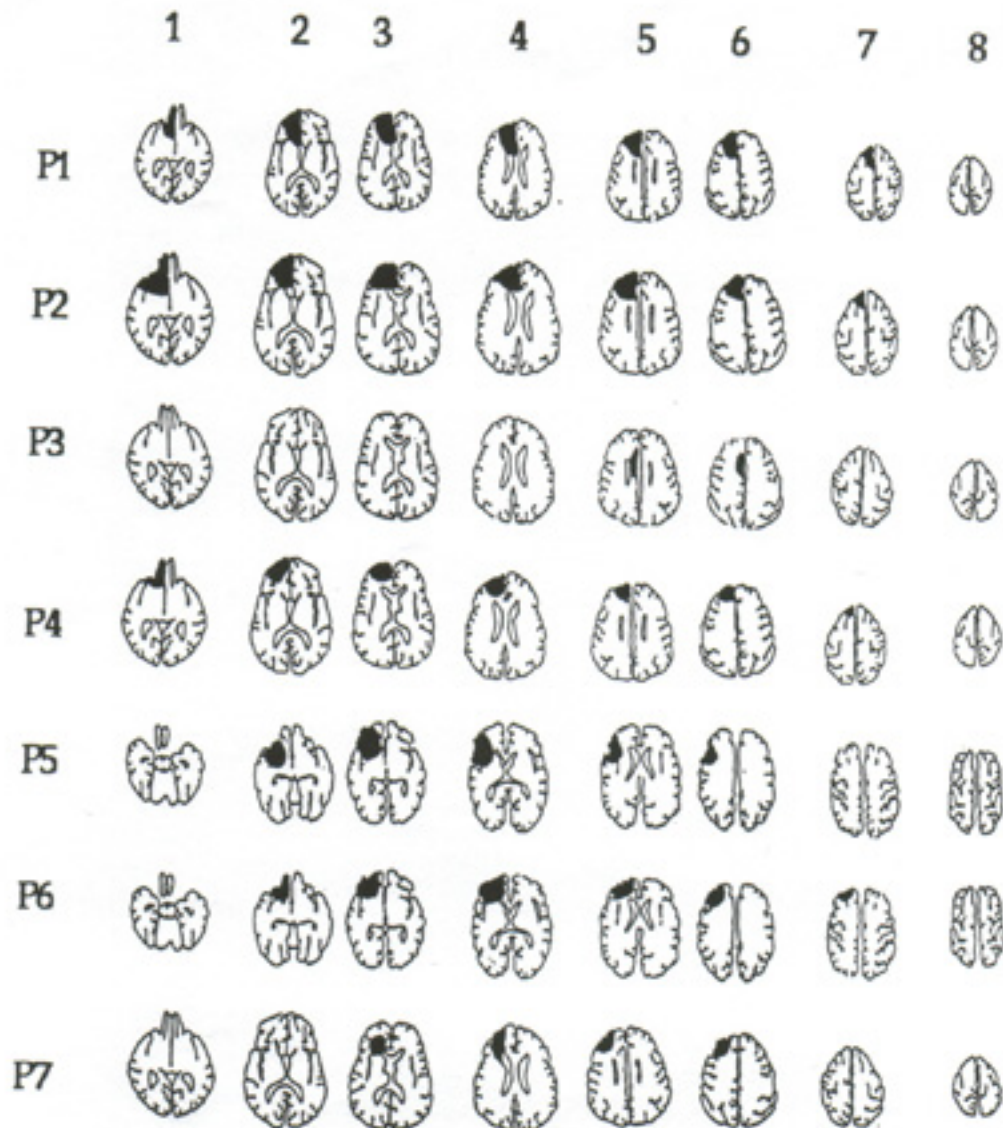
### **General clinical and neuropsychological characteristics of the subjects**

Fourteen patients with lesions of the frontal lobes and 14 healthy control subjects were selected for this study. All the patients underwent neurosurgical intervention at the University Hospital of Tours, France, two to three weeks before the testing. Thirteen of the patients had suffered from a tumor that had been removed by surgery and one patient had suffered from the rupture of an ACoA aneurysm that had been repaired. The patients were included only if they had a lesion restricted to the frontal lobes, as observed on computed tomography (CT) or magnetic



resonance (MR) scans. In no case did the macroscopic lesions identified from the neuroimaging data extend into the basal forebrain. Of the 14 patients, 12 had unilateral frontal lobe lesions (5 right and 7 left) and two had bilateral lesions. Figure 1 illustrates the location and the extent of the lesions for each patient, as reconstructed from CT or MR scans following the atlas of Damasio and Damasio (1989). The patients had no known history of other medical diseases likely to affect cognition or to interfere with participation in the study, such as psychiatric disorders, dementia or alcoholism. The patients' mean age was 51.14 years old (range = 20–73, see Table 1).

Figure 1. Reconstruction of the lesions from CT and MR scans. Figure 1a presents the left-sided lesions and Figure 1b shows the right-sided and bilateral lesions.  
1 (a)



1 (b)

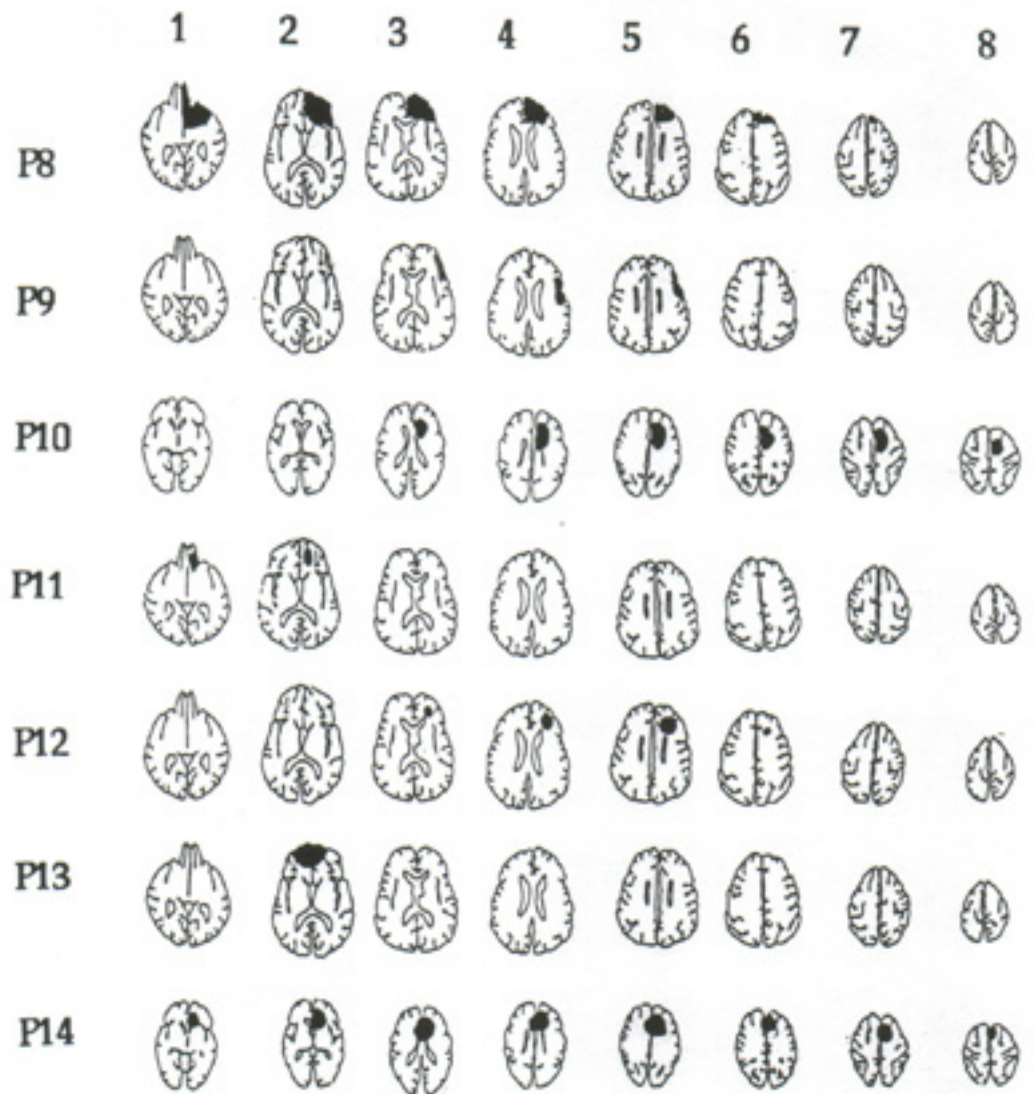


Table 1. Characterization of the Frontal Lobe Patients

| Patients      | Lesion side | Etiology | Age           | Sex       | Handed-ness | Socio-economic level <sup>a</sup> |
|---------------|-------------|----------|---------------|-----------|-------------|-----------------------------------|
| P1            | Left        | Tumor    | 37            | F         | Right       | 3                                 |
| P2            | Left        | Tumor    | 44            | M         | Right       | 3                                 |
| P3            | Left        | Tumor    | 37            | M         | Right       | 2                                 |
| P4            | Left        | Tumor    | 54            | F         | Right       | 3                                 |
| P5            | Left        | Tumor    | 61            | M         | Right       | 2                                 |
| P6            | Left        | Tumor    | 73            | M         | Right       | 3                                 |
| P7            | Left        | Tumor    | 71            | F         | Right       | 1                                 |
| P8            | Right       | Tumor    | 28            | F         | Right       | 1                                 |
| P9            | Right       | Tumor    | 20            | F         | Right       | 2                                 |
| P10           | Right       | Tumor    | 53            | F         | Right       | 3                                 |
| P11           | Right       | AcoA     | 54            | F         | Right       | 2                                 |
| P12           | Right       | Tumor    | 63            | F         | Left        | 1                                 |
| P13           | Bilateral   | Tumor    | 58            | F         | Right       | 2                                 |
| P14           | Bilateral   | Tumor    | 63            | F         | Right       | 3                                 |
| Control group | –           | –        | 51.71 ± 15.34 | 11 F, 3 M |             | 2.07 ± 0.83                       |

Note. <sup>a</sup>Socio-economic level: 1 = primary school diploma; 2 = secondary school diploma; 3 = college or university diploma.

The fourteen normal control subjects were matched to the frontal patients with respect to gender, age ( $t(26) = -0.10, p > .92$ ) and socio-economic level ( $t(26) = 0.46, p > .65$ ).

Both the frontal brain-lesioned patients and the control group performed the

Mattis Dementia Rating Scale (Mattis, 1973). The frontal patients were impaired compared to the control subjects on a frontal index, due to poorer performance on the Verbal and Motor Initiation subtest,  $t(26) = -2.94$ ,  $p < .01$ , and a marginal impairment on the Concepts subtest,  $t(26) = -2.05$ ,  $p < .06$ , but they were normal on the other subtests (see Table 2).

Table 2. Mean Scores (and Standard Deviations) of the Frontal Lobe Patients and the Normal Control Subjects on the Mattis Scale, the WCST, the Verbal Fluency Test and the Stroop Test.

|  | Frontal lobe patients | Control subjects |
|--|-----------------------|------------------|
| Mattis scale   |                       |                  |
| Global score   | 127.21 (9.14)         | 135.14 (5.60)*   |
| Attention  | 35.43 (0.85)          | 36 (1.18)        |
| Verbal and Motor Initiation                                  | 29.64 (5.17)          | 34.14 (2.48) **  |
| Construction   | 6 (0)                 | 6 (0)            |
| Concepts   | 32.93 (3.50)          | 35.28 (2.49)     |
| Memory   | 23.21 (2.01)          | 23.64 (1.45)     |
| Frontal index <sup>a</sup>                                   | 62.57 (7.50)          | 70.92 (2.99) **  |
| Wisconsin Card Sorting Test                                  |                       |                  |
| Number of categories   | 3.94 (1.59)           | 5.64 (1.34) **   |
| Perseverative errors   | 1.5 (1.45)            | 0 **             |
| Phonemic fluency   |                       |                  |
| (total number of words for letters P, R and V)               | 25.79 (10.11)         | 57.36 (12.36) ** |
| Semantic fluency   |                       |                  |
| (total number of exemplars of animals, furniture and fruits) | 39.50 (10.50)         | 61.28 (11.40) ** |

| Stroop test (score in s)        |                |                  |
|---------------------------------|----------------|------------------|
| Naming time                     | 95.43 (27.81)  | 62.00 (7.86) *   |
| Naming errors                   | 0.21 (0.58)    | 0                |
| Reading time                    | 66.78 (23.63)  | 54.21 (10.93)    |
| Reading errors                  | 0.21 (0.42)    | 0                |
| Interference time               | 191.57 (89.31) | 117.43 (15.86) * |
| Interference errors             | 4.86 (7.59)    | 0.14 (0.36)*     |
| Interference Index <sup>b</sup> | .31 (.17)      | .31 (.06)        |

Note. <sup>a</sup>Frontal index : sum of scores at Verbal-Motor Initiation and Concepts; <sup>b</sup>Interference index = Interference - naming / Interference + naming; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ .

On tests measuring executive functioning, frontal brain-lesioned patients' performance was impaired relative to that of control subjects (see mean scores and standard deviations in Table 2). On the Wisconsin Card Sorting Test (Nelson, 1976), the frontal lobe patients achieved fewer categories,  $t(26) = -3.09$ ,  $p < .01$ , and made more perseverative errors,  $t(26) = 3.86$ ,  $p < .01$ . On semantic and phonemic verbal fluency (Cardebat, Doyon, Puel, Goulet, & Joanette, 1990), the patients produced significantly fewer correct responses than the controls (semantic:  $t(26) = -5.16$ ,  $p < .01$ , phonemic:  $t(26) = -7.4$ ,  $p < .01$ ). Finally, on the Stroop test (Stroop, 1935), the patients were slower than the controls in the naming condition,  $t(26) = 4.33$ ,  $p < .01$ , and in the interference condition,  $t(26) = 3.06$ ,  $p < .01$ , but not in the reading condition,  $t(26) = 1.81$ ,  $p > .08$ . However, there was no difference between both groups on the interference index, calculated by the formula (interference time - naming time)/(interference time + naming time),  $t(26) = -0.08$ ,  $p > .94$ . Regarding errors in the naming and reading conditions, most of the frontal lobe patients and all the controls did not make any errors (two patients made respectively one and two errors in the naming condition and three patients made one error in the reading condition). In the interference condition, there were more uncorrected errors in the frontal lobe group than in the control group,  $t(26) = 2.32$ ,  $p < .05$ .

## Materials and Procedure

The patients and the control subjects performed the synonym distractor task, which was adapted from the study by Parkin et al. (1993). The material consisted in three sets of 24 concrete nouns, matched in terms of frequency of occurrence in French (on average, 5085 occurrences per 100 000 000, according to the Brulex database, Content, Mousty, & Radeau, 1990) and length (from 3 to 13 letters). Two sets of words consisted of pairs of synonyms, with each word from the first set being a synonym of a word in the second set. One of these sets was designated as target list and the other as distractor list. The third set comprised unrelated words that served as distractors.

During the study phase, the list of 24 target words was presented visually on small cards and each word was shown for 3 s. Subjects were asked to try and remember the words in order to recognize them later among others. After a 10-min delay (during which the subjects performed the Stroop test), memory was tested by a yes/no recognition task. The test list comprised 72 words, consisting of the 24 target words, the 24 synonyms and the 24 unrelated distractors. The words were presented one by one, on cards. The subjects had to say for each word whether it has been presented in the study phase.

## RESULTS

### Group comparisons

The proportions of hits and false recognitions for both groups are presented in Table 3. The frontal patients recognized significantly fewer target words than the controls,  $t(26) = -3.38$ ,  $p < .01$ . An ANOVA on proportion of false recognitions as a function of the Type of Distractors (synonyms vs. unrelated) and Group (frontal lobe patients vs. controls) indicated that the frontal lobe group globally made more false recognitions than the controls [ $F(1, 26) = 9.67$ ,  $p < .01$ ] and that false recognitions were more frequent for synonyms than for unrelated distractors [ $F(1, 26) = 26.41$ ,  $p < .01$ ]. The significant interaction [ $F(1, 26) = 14.54$ ,  $p < .01$ ] showed that the frontal lobe patients made more false recognitions on synonyms than on unrelated distractors ( $p < .01$ ), whereas the controls falsely recognized as many

synonyms as unrelated distractors ( $p > .36$ ). In addition, the frontal lobe patients produced significantly more false recognitions for synonyms than the controls ( $p < .01$ ), whereas the difference was only marginal for the unrelated distractors ( $p < .10$ ).

Table 3. Mean Recognition Accuracy (and SD) for the Frontal Lobe Patients and the Control Subjects on the Synonyms Distractor Task.

|                    | Frontal lobe patients | Control subjects |
|--------------------|-----------------------|------------------|
| Hits               | .72 (.17)             | .90 (.11)        |
| False recognitions | .19 (.17)             | .04 (.03)        |
| Synonyms           | .27 (.20)             | .06 (.06)        |
| Unrelated          | .11 (.17)             | .03 (.03)        |
| $d'$               | 1.70 (0.60)           | 3.25 (0.74)      |
| $c$                | .22 (.52)             | .17 (.28)        |

Global discrimination performance was calculated by means of  $d'$  scores on the basis of hits and false recognitions (Macmillan & Creelman, 1991) and appeared to be poorer in the frontal group than in the control group,  $t(26) = -6.11$ ,  $p < .01$  (see Table 3). Moreover, the two groups did not differ regarding response bias (criterion  $c$ , Macmillan & Creelman, 1991),  $t(26) = 0.33$ ,  $p > .74$ . The ability to discriminate between the targets and the synonyms was measured by the  $d'$  scores calculated on the basis of the hits and the false recognitions for synonyms ( $d'$  *synonyms*), whereas the ability to discriminate between the targets and the unrelated distractors was measured by the  $d'$  scores based on the hits and the false recognitions for unrelated words ( $d'$  *unrelated*). The first measure ( $d'$  *synonyms*) should reflect discrimination primarily based on recollection of specific information, whereas the second measure ( $d'$  *unrelated*) provided an index of discrimination ability based mainly on familiarity. An ANOVA on these scores as a function of the group confirmed that global recognition accuracy was poorer in the frontal group [ $F(1, 26) = 38.98$ ,  $p < .01$ ] and that the subjects discriminated better between targets and unrelated distractors than between targets and synonyms [ $F(1, 26) = 23.14$ ,  $p < .01$ ]. Moreover, the interaction [ $F(1, 26) = 9.95$ ,  $p < .01$ ] showed that the frontal lobe patients were particularly poor at discriminating



between targets and synonyms ( $M = 1.39$ ), compared to unrelated distractors ( $M = 2.12$ ,  $p < .01$ ), whereas controls were not affected by the type of distractors ( $d'$  synonyms,  $M = 3.11$ ,  $d'$  unrelated,  $M = 3.26$ ,  $p > .25$ ). Moreover, the frontal lobe group showed impaired discrimination ability on both scores ( $ps < .01$ ).

### Lateralization of the lesions

In order to examine whether the performance of the frontal lobe patients differed according to the side of the lesion, we compared the performance of the 7 patients with left-sided frontal lesions with that of the 5 patients with right-sided frontal lesion, using non-parametric Mann-Whitney tests. No significant effect of the lesion side appeared on the various recognition measures: hits ( $U = 13$ ,  $Z = -0.73$ ,  $p > .46$ ), false recognitions of synonyms ( $U = 7$ ,  $Z = -1.70$ ,  $p > .08$ ), false recognitions of unrelated distractors ( $U = 9.5$ ,  $Z = -1.30$ ,  $p > .19$ ), global  $d'$  scores ( $U = 6$ ,  $Z = 1.87$ ,  $p > .06$ ), response bias ( $U = 6$ ,  $Z = 1.87$ ,  $p > .06$ ),  $d'$  unrelated scores ( $U = 8.5$ ,  $Z = 1.46$ ,  $p > .14$ ) and  $d'$  synonyms scores ( $U = 9.5$ ,  $Z = 1.30$ ,  $p > .19$ ). Note however that the marginal difference observed for global  $d'$  scores, false recognitions for synonyms and response bias suggested that the patients with left frontal damage tended to have a poorer discrimination ability on the task ( $d'$ , left:  $M = 1.51$ , right:  $M = 2.06$ ) and to produce more false recognitions to synonyms ( $M = .38$ ) than the right frontal-lesioned patients ( $M = .17$ ) and that the response bias tended to be more liberal for the left frontal patients ( $M = -.04$ ) than for the right frontal patients ( $M = .46$ ).

In addition, some differences appeared between the left and the right frontal lobe patients on executive measures. The left frontal patients produced fewer correct responses in the semantic fluency task ( $M = 35$ ) than the right frontal patients ( $M = 45.6$ ;  $U = 5$ ,  $Z = 0.41$ ,  $p < .05$ ). They were also slower in the naming condition of the Stroop test (left: 105.36 s; right: 69 s;  $U = 0$ ,  $Z = -2.84$ ,  $p < .01$ ).

### Variability in performance in the frontal lobe patients

*Hit and false recognition rates.* We compared the performance of each frontal lobe patients (see Table 4) to the controls' mean by calculating the modified  $t$ -test developed for single-case studies (Crawford & Garthwaite, 2002; Crawford, Garthwaite, & Gray, 2003). The controls' mean could be used as a reference, although the control subjects differed from each other in terms of age, because

their performance did not correlate with age (all  $ps > .18$  on the different measures). The patient was considered as impaired on a score if his or her performance was significantly poorer than that of the controls when the alpha level was set at .05 (two-tailed).

Table 4. Proportions of Hit and False Recognition and Discrimination Performance as a Function of the Type of Distractors for each Frontal Lobe Patient.

| patient             | Hits  | False recognitions for synonyms | False recognitions for unrelated distractors | d' synonyms | d' unrelated | Criterion c |
|---------------------|-------|---------------------------------|--|-------------|--------------|-------------|
| <b>Subgroup I</b>   |       |                                 |  |             |              |             |
| P2                  | .63*  | .38*                            | .04  | 0.64*       | 2.08°        | .24         |
| P3                  | .54*  | .17                             | .00  | 1.05*       | 2.15°        | .65         |
| P7                  | .63*  | .21*                            | .00  | 1.14*       | 2.39         | .47         |
| P10                 | .54*  | .13                             | .00  | 1.23*       | 2.15°        | .73°        |
| P13                 | .33*  | .08                             | .04  | 0.97*       | 1.31*        | .99*        |
| <b>Subgroup II</b>  |       |                                 |  |             |              |             |
| P1                  | .92   | .33*                            | .25*   | 1.85        | 2.08°        | -.43°       |
| P4                  | .96   | .38*                            | .13*   | 2.06        | 2.88         | -.04        |
| P5                  | .83   | .75*                            | .58*   | 0.28*       | 0.75*        | -.70*       |
| P6                  | .88   | .46*                            | .33*   | 1.28*       | 1.62*        | -.46*       |
| <b>Subgroup III</b> |       |                                 |  |             |              |             |
| P11                 | .71   | .21*                            | .04  | 1.36°       | 2.30         | .29         |
| P12                 | .83   | .46*                            | .04  | 1.05*       | 2.71         | -.14        |
| P14                 | .79   | .25*                            | .08  | 1.48°       | 2.21         | .07         |
| <b>Subgroup IV</b>  |       |                                 |  |             |              |             |
| P8                  | .75   | .04                             | .00  | 2.43        | 2.73         | .69         |
| P9                  | .71   | .00                             | .04  | 2.61        | 2.30         | .75°        |
|                     | .90   |                                 |  |             |              |             |
| Controls            | (.11) | .06 (.06)                       | .03 (.03)                                    | 3.11 (.81)  | 3.26 (.56)   | .17 (.28)   |

Note. \* modified  $t$ -test (Crawford et al., 2003) significant at  $p < .05$ , two-tailed, °  $p < .08$

It appeared that the patients could be divided into two subgroups according to their hit rate: 5 patients (P2, P3, P7, P10 and P13) recognized fewer targets than the controls and 9 patients (P1, P4, P5, P6, P8, P9, P11, P12, and P14) had a normal hit rate. Furthermore, within each of these groups, there was some variability in the false alarm rates. Among the 5 patients with impaired hit rate (subgroup I), 2 patients (P2 and P7) falsely recognized synonyms more often than the controls, but did not differ from the controls regarding the false recognitions to unrelated distractors. The remaining 3 patients (P3, P10 and P13) produced the same number of false recognitions as the controls. However, it should be noted that they produced numerically more false recognitions for synonyms than for unrelated distractors.

Among the 9 patients with a normal hit rate, 4 patients (P1, P4, P5, and P6) had a pathological false alarm rate for synonyms as well as for unrelated distractors (subgroup II). Three patients (P11, P12, P14) made a lot of false recognitions for synonyms, but not for unrelated distractors (subgroup III). The other 2 patients (P8 and P9) did not produce more false recognitions than the controls, and thus performed completely normally on the task (subgroup IV).

*Discriminability scores and response bias.* The 5 frontal lobe patients who had a decreased hit rate (subgroup I, see Table 4) presented an impaired ability to discriminate between targets and synonyms ( $d'$  synonyms). As for the discrimination between targets and unrelated distractors ( $d'$  unrelated), it was clearly impaired in patient P13, but only marginally impaired in P2, P3 and P10 and unimpaired in P7. The response bias did not significantly differ between most of these patients and the controls, with the exception of P13 whose criterion appeared more conservative than that of the controls. The criterion was also marginally more conservative in P10.

Among the 4 patients who showed an impaired hit rate and an increased false recognition rate (subgroup II), discrimination between targets and both types of distractors was impaired on 2 patients (P5 and P6) and preserved in the other 2 (P1 and P4). In P1, however, the  $d'$  unrelated scores appeared marginally lower than in the controls. Moreover, the response bias was excessively liberal in P5 and P6 and tended to be too liberal in P1. But there was no shift in the response bias in P4.

The three patients with a normal hit rate and a pathological number of false recognitions for synonyms (subgroup III) had lower ability to discriminate between targets and synonyms (the difference was marginally significant for P11 and P14). None of them showed impaired ability to discriminate between targets and unrelated distractors. Moreover, their response bias did not differ from that of the controls.

Finally, as already observed with the hits and false recognitions, P8 and P9 (subgroup IV) had normal discrimination scores. In addition, P8 had the same response bias as the controls, whereas P9 tended to be more conservative.

*Comparisons of the subgroups on neuropsychological measures and age.* Compared to the other patients, the patients in subgroup I (showing impaired hit rate) did not differ in terms of age ( $U = 21.5$ ,  $Z = -0.13$ ,  $p > .89$ ), performance to the Mattis ( $ps > .23$ ) or performance on the various executive tests ( $ps > .23$ ). Similarly, the patients with a normal hit rate and a high number of false recognitions for both types of distractors (subgroup II) did not differ from the others with respect to age or neuropsychological measures.

As for the three patients who made false recognitions for the synonyms only (subgroup III), they produced more items in the semantic and phonemic fluency tasks than the others (semantic:  $M = 53.67$ ; other patients = 35.64,  $U = 0.5$ ,  $Z = -2.49$ ,  $p < .05$ ; phonemic:  $M = 37.67$ , other patients = 22.54,  $U = 2$ ,  $Z = -2.26$ ,  $p < .05$ ). Actually, this was the only subgroup to perform normally on the semantic fluency task ( $U = 10.5$ ,  $Z = 1.32$ ,  $p > .18$ ) There were no other differences.

Finally, the two patients who performed normally (subgroup IV) were younger ( $M = 24$  years old) than the others ( $M = 55.67$ ;  $U = 0$ ,  $Z = 2.19$ ,  $p < .05$ ) and responded more quickly to the naming condition of the Stroop test ( $M = 66.5$  s; other patients:  $M = 100.25$ ;  $U = 0.5$ ,  $Z = 2.10$ ,  $p < .05$ ). In addition, they performed similarly to the other patients on the other neuropsychological measures.

*Comparisons of the subgroups in terms of location of the brain damage.* The location of the lesions in each patient is presented in Table 5. It appears that within each subgroup, the patients tended to have similar types of lesions, at least in terms of lateralization.

Table 5. Location of the Lesion of the Frontal Lobe Patients

| Patients  | Orbital gyrus | Anterior cingulate cortex | Fronto-polar region | Inferior frontal gyrus | Middle frontal gyrus | Superior frontal gyrus |              |
|---|---------------|---------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--------------|
|   |               |                           |                     |                        |                      | Medial part            | Lateral part |
| <b><i>I. Impaired hit rate</i></b>  |               |                           |                     |                        |                      |                        |              |
| P2  | L             | L                         | L                   | L                      | L                    | L                      | L            |
| P3  |               | L                         |                     |                        |                      |                        |              |
| P7  |               |                           |                     | L-                     | L                    |                        | L            |
| P10   |               | R                         |                     |                        |                      | R                      | R-           |
| P13   | B             | B-                        | B                   | B                      |                      |                        |              |
| <b><i>II. Normal hit rate and increased false recognitions for synonyms and unrelated distractors</i></b> |               |                           |                     |                        |                      |                        |              |
| P1  | L             | L                         | L                   | L                      | L                    | L                      | L            |
| P4  | L             | L                         | L                   | L                      | L                    | L                      | L            |
| P5  | L-            |                           | L-                  | L                      | L                    |                        |              |
| P6  | L             | L-                        | L                   | L                      | L                    |                        | L            |
| <b><i>III. Normal hit rate and increased false recognitions for synonyms</i></b>                          |               |                           |                     |                        |                      |                        |              |
| P11   | R             |                           |                     |                        |                      |                        |              |
| P12   |               | R-                        |                     | R                      | R-                   |                        |              |
| P14   |               | B                         |                     |                        |                      | B                      | R            |
| <b><i>IV. Normal recognition memory</i></b>   |               |                           |                     |                        |                      |                        |              |
| P8  | R             | R                         | R                   | R                      | R                    | R                      | R            |
| P9  |               |                           |                     | R                      | R                    |                        |              |

Note. L = left hemisphere; R = right hemisphere; B = bilateral; - = partial lesion of the gyrus.

Among the patients with an impaired hit rate (subgroup I), the damage was left-sided in three patients, bilateral in one patient, and right-sided in another one. Interestingly, all the patients in subgroup II (presenting with normal hit rate and increase of false recognitions for both types of distractors) had left-sided lesions. Moreover, the damage involved the orbital gyrus, the fronto-polar region, the

inferior frontal gyrus and the middle frontal gyrus in all of them. The patients with a high number of false recognitions for synonyms only (subgroup III) had right-sided lesions (except for P14 whose damage was bilateral)<sup>1</sup>, as well as the two patients who performed normally on the task (subgroup IV).

## DISCUSSION

The present study examined recognition memory performance in a group of frontal lobe patients. First of all, the group analysis confirmed that frontal lobe lesions can induce a deficit of recognition memory, as suggested by previous studies (Delbecq-Derouesné et al., 1990; Parkin, Yeomans, & Bindschaedler, 1994; Parkin et al., 1996; Schacter et al., 1996; Swick & Knight, 1999; Verfaellie et al., in press). As a group, the frontal lobe patients recognized correctly fewer targets than the controls. In addition, they made more false recognitions than the controls, especially for unstudied words that are synonyms to the targets. Because synonyms can appear strongly familiar, the control subjects probably recollected specific information about the targets in order to reject the synonyms (Dobbins, Kroll, Yonelinas, & Liu, 1998). By contrast, the detection of the difference in familiarity between the targets and unrelated distractors should be useful to discriminate between them. The performance of the frontal patients suggests that they failed to use recollection of specific details and were better at discriminating between targets and unrelated distractors on the basis of familiarity, although familiarity also seems impaired.

The comparison of the yes/no recognition performance as a function of the lesion side in the frontal group did not reach significance. The results only showed a nonsignificant trend towards more false recognitions for synonyms and a more liberal response bias in the left frontal patients compared to the right frontal patients. This may be due partly to a lack of power of the statistical analysis. However, it also appeared that the pattern of recognition performance varied among the patients with left-sided frontal damage, as well as among the patients with right-sided lesions.

Indeed, several subgroups could be distinguished on the basis of the hit and false recognition rates of the patients. Five patients had a decreased hit rate,

---

<sup>1</sup> It should be noted that, in subgroup III, one of the patient (P12) was a left-hander, but she had a profile of performance comparable to the other patients of the subgroup.

combined with a tendency to produce more false recognitions for synonyms (subgroup I). Four patients had a normal hit rate, but increased false recognition rate for both types of distractors (subgroup II). Three patients had the same hit rate as the controls, but an excessive number of false recognitions for synonyms only (subgroup III). Finally, two patients performed normally (subgroup IV).

In subgroup I, memory for the targets appeared to be poor. The fact that these patients failed to discriminate between targets and synonyms suggests that they were unable to use recollection of specific details and were only left with familiarity to recognize the items. In most of them, the ability to discriminate between targets and unrelated distractors tended to be impaired, thus suggesting that familiarity-based discrimination was also poor. In addition, the response bias of these patients did not differ from that of the controls, except for P13. But the more conservative response criterion of this patient seems to result from her very low hit rate. These patients thus resembled the amnesic frontal lobe patients described by Verfaellie et al. (in press), who had an impaired hit rate and a particularly high number of false recognitions in a condition where controls relied primarily on recollection to discriminate between targets and related distractors.

The patients in subgroup I contrasted with the three patients who also produced many false recognitions for synonyms, but in the context of normal hit rate (subgroup III). Examination of the lesion sites revealed that the lateralization of the lesion could at least partly be responsible for the distinct patterns of recognition impairment observed in these two subgroups. Indeed, in subgroup I, four patients out of five had a damage affecting the left frontal lobe. By contrast, in subgroup III, the damage was right-sided in two of the patients and bilateral in the third one. A chi-square analysis on the contingency table based on the number of left- versus right-sided lesions in subgroup I and III showed a significant difference ( $\chi^2 = 5$ ,  $p < .05$ ). Further, a direct comparison of the two subgroups indicated that the patients in subgroup I had lower verbal fluency performance than the patients in subgroup III ( $p < .05$ ). Therefore, it may be that the patients who had an impaired hit rate (subgroup I) presents with difficulties to retrieve information from semantic memory. Such difficulties may in turn lead to impoverished encoding of verbal material in episodic memory (Tulving et al., 1994), resulting in poor memory for the targets. By contrast, the patients with a normal hit rate and increased false recognitions for synonyms (subgroup III) may have, following damage to the right

frontal lobe, a specific difficulty of episodic memory retrieval, preventing them from using recollection of item details. The case of patient P10 deserves some comments. P10 was the only patient in subgroup I who showed decreased memory for the targets in the context of right-sided frontal damage. We have no ready explanation for these findings. A possible interpretation could be that this patient presented with an atypical language right-hemisphere dominance, as has been found in some healthy right-handers (Knecht et al., 2000, 2001, 2003).

Some left frontal lobe patients presented with a completely different pattern from the patients in subgroup I, consisting in a normal hit rate, but a pathological number of false recognitions (subgroup II). In addition, these patients produced a lot of false recognitions for synonyms as well as for unrelated distractors. Thus, these patients appeared to have a recognition memory performance broadly similar to the cases described by Parkin et al. (1999), Schacter et al. (1996) and Ward and Parkin (2000). In the patients B.G. (Schacter et al., 1996; Curran et al., 1997), J.B. (Parkin et al., 1999) and M.R. (Ward & Parkin, 2000), the production of false recognitions was not influenced by the level of semantic similarity between the targets and the distractors. They appeared rather to rely on general characteristics common to both targets and distractors, such as the fact that all of them were words. Two interpretations have been proposed to account for this recognition memory deficit. First, a difficulty to build descriptions of the to-be-remembered events containing item-specific information at the retrieval stage was put forward in the case of B.G. (Curran et al., 1997; Schacter et al., 1996). This hypothesis was based on the observation that B.G. improved his discrimination ability only when the distractors were maximally different from the targets, as for example when they came from different categories. The authors suggested that B.G. set a very liberal response criterion which led him to accept many distractors which seemed to match a very general description. Second, an encoding difficulty was hypothesized in the cases of J.B. and M.R. (Parkin et al., 1999; Ward & Parkin, 2000). As the performance of the patients was insensitive to retrieval manipulations, but improved when deep encoding was encouraged, the authors proposed that J.B. and M.R. failed to encode item-specific details and therefore could not use this information to discriminate between targets and distractors. In addition, contrary to B.G., their response bias was similar to that of the controls.

In the present study, the four patients in subgroup II showed, like B.G., a shift



in their response bias. This one was excessively liberal (except for P4). Thus, the recognition memory deficit of these patients could be due to impaired strategic verification processes, affecting the setting of an appropriate verification criterion (Norman & Schacter, 1996; Schacter, Norman, & Kouststaal, 1998). Alternatively, they could fail to build a focused description of the sought-after memory and consequently, accept many distractors corresponding to a very general description.

The two patterns of recognition deficit observed in subgroup II and subgroup III may be consistent with the Production-Monitoring hypothesis proposed by Cabeza, Locantore and Anderson (2003). According to this hypothesis, during verbal episodic memory retrieval, the left prefrontal cortex is preferentially involved in semantically-guided information production, whereas the right prefrontal cortex is more involved in monitoring and verification processes. We have proposed that the patients in subgroup II had a particular difficulty in setting an appropriate verification criterion or in building a focused description of the sought-after memory. By contrast, the patients in subgroup III produced more false recognitions for synonyms because a deficit of recollection of item-specific details. It is interesting to note that these two subgroups differed in terms of the lateralization of their lesion: all the patients in subgroup II did have a left-sided frontal damage and most of the patients in subgroup III had a right-sided lesion ( $\chi^2 = 5, p < .05$ ). In line with the Production-Monitoring hypothesis, it can be hypothesized that the patients in subgroup II have a general deficit in semantically-guided cue specification, thus preventing the selection of pertinent information for the verification criterion (that is selecting the most relevant characteristics that a retrieved item must have to be accepted as the sought-after memory) or for the description of the to-be-retrieved memory (that is building the most appropriate retrieval cue for reactivating a memory). As for the patients in subgroup III, they may have a specific monitoring and verification deficit, which prevented them from rejecting the related distractors.

Finally, two frontal brain-damaged patients had normal recognition memory performance. This represents a small proportion of the frontal group compared to Verfaellie et al.'s (in press) study. In the present experiment, the only points which distinguished these two patients from the others were their age (they were the two youngest patients of the group, P8 was 28 years old and P9 20) and the speed of information processing, as measured by the naming time in the Stroop. Future research should clarify whether age at the damage onset is a determinant factor for

the severity of the memory disorders following focal frontal lobe lesions. The fact that P8 and P9 showed a faster processing time than the other patients may be related to their young age. Indeed, longer reaction times in the other patients, whose mean age was around 55 years old, could reflect age-related slowing of processing speed (Salthouse, 1996). Moreover, it is interesting to note that both patients had a right-sided frontal damage. It could be that having a preserved left frontal lobe is a necessary condition for achieving normal recognition performance. However, this hypothesis is not supported by the data from Alexander et al. (2003) and Verfaellie et al. (in press), who showed normal recognition memory in left frontal-lesioned patients.

In summary, the present findings suggest that, after damage to frontal regions, recognition memory can be affected. Only two patients out of 14 did not show any recognition memory deficit. As they appeared to be the two youngest patients of the group, age at the onset of the lesion might be a factor modulating the effects of frontal damage on memory. However, this possibility needs further exploration. Importantly, among the frontal lobe patients who exhibited an impaired recognition performance, different types of difficulty emerged. Some patients showed poor memory for the targets. They may have an encoding difficulty, resulting from impaired semantic processing. Another subgroup recognized as many targets as the controls, but produced a lot of false recognitions for both types of distractors. Their response bias was also abnormally liberal, suggesting impaired strategic verification processes. According to the Production-Monitoring hypothesis (Cabeza et al., 2003), these patients could present with a deficit in semantically-guided information production following left prefrontal damage. Finally, the recognition deficit of a last subgroup was only due to a high rate of false recognitions for synonyms. These patients thus relied mainly on familiarity and could not use recollection of specific details to reject highly familiar distractors. Their deficit could result from impaired post-retrieval monitoring processing, associated with right prefrontal lesions (Cabeza et al., 2003). Although the lateralization of the lesion may contribute to the production of these different types of difficulty, further research should be conducted in order to identify potential demographic and/or cognitive variables that could interact with the frontal damage in order to produce each of these patterns. In addition, future work should include larger groups of patients, as one limitation of the present work is the small number of patients in each subgroup.

# Memory for temporal context: effects of aging, encoding instructions and retrieval strategies

Christine Bastin<sup>1</sup> and Martial Van der Linden<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences Cognitives, Université de Liège

<sup>2</sup> Unité de Psychopathologie Cognitive, Université de Genève

In press in *Memory*\*

---

\* This work was supported by a grant from the French Community of Belgium: "Actions de Recherche Concertées (convention 99/04-246)".

**ABSTRACT**

Young and older adults were compared on a list discrimination task. In Experiment 1, performance declined with aging after incidental and intentional encoding of the temporal context. Moreover, there was no benefit for intentional encoding in either group. In Experiment 2, each list was associated with a different encoding context. There were age differences in performance when participants tried to retrieve the encoding context of the items as a cue for their list of occurrence, but not when participants evaluated temporal distance from the strength of the memory trace. This suggests that the age-related decrease in list discrimination could be at least partly due to a difficulty to infer strategically the temporal context of the items from information encoded in the same time.

## INTRODUCTION

Episodic memory refers to memory for personally experienced events in particular spatial and temporal contexts (Tulving, 1995). The memory trace for such events includes the event itself (content or item) as well as information regarding the conditions under which the event was encountered (source information, including the spatial, temporal and emotional context, Johnson, Hashtroudi, & Lindsay, 1993). It is widely accepted that normal aging adversely affects episodic memory capacities. However, some aspects of episodic memory seem more vulnerable to aging than others. For example, age-related differences are greater on memory for spatio-temporal context than on memory for content (Spencer & Raz, 1995). However, very few studies have explored whether the age-related decline on memory for context is due to a difficulty at the encoding stage or at the retrieval stage. By contrast, the literature on item memory has revealed that both stages may be affected by aging. On one hand, it has been suggested that item memory performance decreases with aging because older adults encode information more poorly than young adults. For example, Perfect and Dasgupta (1997) have demonstrated that the decrease of recollection (remembering an item and its encoding context) in older adults was related to the lack of elaborative encoding. When deep encoding was encouraged, the age difference on recollection disappeared. On the other hand, the retrieval stage in itself can also be affected by aging, especially when it requires effortful retrieval operations. Indeed, some studies that have directly compared recall and recognition memory tasks have shown that age differences were greater for recall than for recognition ( Craik & McDowd, 1987; La Voie & Light, 1994; Nyberg et al., 2003; Whiting & Smith, 1997). As recall critically depends on the initiation of retrieval strategies, whereas recognition does to a lesser extent, it has been proposed that aging interferes with active search in memory.

Regarding memory for context, Glisky, Polster and Routhieaux (1995) and Glisky, Rubin and Davidson (2001) have shown that the effect of aging on source memory was related to the degree of frontal dysfunction and that the nature of the difficulty was mainly one of encoding. Glisky et al. (1995) administered to a group of older participants a task assessing memory for the voice (either male or female) speaking a sentence. When the group was divided according to the performance

on measures sensitive to frontal lobe dysfunction, participants with low-frontal function performed more poorly on memory for the voice (source) than participants with high-frontal function, but both groups did not differ on memory for the sentence (item). In Glisky et al.'s (2001) study, a similar pattern was observed in a task where the source was the sentence spoken by different voices (Experiment 1) and in a task assessing memory for the room in which different chairs were photographed (Experiment 2). In Experiments 3 and 4, encoding instructions encouraged the integration of item and source information. In Experiment 3, participants had to judge how well a chair fit in a room, whereas in Experiment 4, they had to judge how likely it was that a voice would have spoken a particular sentence. In both experiments, low-frontal function participants performed as well as high-frontal function participants on source memory. This suggests that older adults with reduced frontal lobe function failed to engage spontaneously in an integrative encoding of item and source information.

In the present experiment, we were interested in memory for temporal context. Different types of temporal information have been distinguished: the duration of events, the relative recency between two events and the position in time of an event among others (Tzeng & Cotton, 1980). Here we focused on the temporal order of events, as assessed by tasks such as recency judgments and list discrimination. Many studies have reported that older adults have more difficulty than younger adults in remembering the time of occurrence of events (Daum, Gräber, Schugens, & Mayes, 1996; Fabiani & Friedman, 1997; Kausler, Salthouse & Sauls, 1988; McCormack, 1982, 1984; Naveh-Benjamin, 1990; Newman, Allen, & Kaszniak, 2001; Parkin, Walter, & Hunkin, 1995; Spencer & Raz, 1994; Vakil & Tweedy, 1994; Wegesin, Jacobs, Zubin, Ventura, & Stern, 2000; but see Perlmutter, Metzger, Nezworski & Miller, 1981, for contradictory findings). Particularly, Fabiani and Friedman (1997), Newman et al. (2001), and Parkin et al. (1995) demonstrated a disproportionate decline of memory for temporal context compared to memory for items in older adults.

Do older participants fail to encode the temporal order of events or does aging interfere with the retrieval of the time of occurrence of items, or both? Few studies examining memory for temporal context in aging have suggested an answer to this question. Spencer and Raz (1994) proposed that, because of age differences on working memory capacities (Salthouse, 1992), older adults might concentrate their

diminished resources on the encoding of the events themselves at the expense of contextual information. Recently, an attempt to address this issue has been made by Wegesin, Jacobs, Zubin, Ventura and Stern (2000) who examined the relationships between encoding strategy and list discrimination performance. They presented two lists of words from 4 semantic categories to young and older participants. In one list, words were blocked into their categories, while in the other, categories were intermixed. Recall and recognition of the words were tested, as well as memory for the list. The results indicated greater age differences on temporal context memory than on item recognition. Semantic blocking enhanced item recognition performance in older adults, whereas young adults performed as well on both lists. Spontaneous semantic clustering during recall decreased with aging and correlated with list discrimination performance, suggesting that older participants who developed a semantic clustering strategy remembered better in which list a word was presented compared to those who did not use this strategy. However, it is difficult to say whether these findings provide strong evidence for the idea that an encoding difficulty can explain age-related changes on memory for temporal context. A first reason is that the decline in semantic clustering and list discrimination performance appeared to be related to an age effect on semantic knowledge. Indeed, regression analysis revealed that category fluency and naming significantly predicted semantic clustering and list discrimination scores. Second, performance on the temporal memory task was close to ceiling in young adults and to floor in older participants.

To summarize, little is known about whether age-related differences on memory for temporal context is due to an encoding or a retrieval problem. Therefore, the aim of the present study was to explore this issue. In the first experiment, we tested the hypothesis that age-related difference on temporal context memory is due to a difficulty in older adults to develop strategies at the encoding stage. More specifically, the first experiment examined the role of strategic encoding on memory for temporal context in young and older participants by comparing incidental and intentional encoding of temporal information. In the second experiment, we explored whether the age difference on memory for temporal context may be due to a difficulty at the retrieval stage.

## EXPERIMENT 1

In this experiment, young and older adults performed a list discrimination task following either an intentional or an incidental encoding of temporal context, using faces as material. In the intentional encoding condition (Intentional condition), participants were asked to try and remember the target items and their list of occurrence and were informed about the format of the subsequent memory test. By contrast, the incidental encoding instructions (Incidental condition) require the encoding of target information in order to perform a memory task without any reference to the contextual information (incidental encoding of context, but intentional encoding of target information). However, according to Mandler, Seegmiller, and Day (1977), this does not prevent the participants from using contextual information (in their study, spatial location information) in order to help them remember the target items. Thus, they suggested that it would be better to use “true” incidental encoding instructions, in which no reference at all is made to a memory test. In the domain of memory for temporal context, Naveh-Benjamin (1990) also encouraged the use of “true” incidental encoding instructions, as standard incidental instructions cannot guarantee that participants do not deliberately use temporal information in order to facilitate the learning of the items. Therefore, in addition to the Intentional and the Incidental encoding conditions, we also included a third condition in our procedure, namely, a “true” incidental encoding condition (True incidental condition), in which the participants performed an orienting task and were not informed about any subsequent memory test.

We hypothesized that older adults would not be able to develop strategies in order to encode the temporal context of the items. Following this hypothesis, under incidental encoding conditions, there should be no age differences on list discrimination performance because neither young nor older participants would engage in strategic encoding of temporal context when they did not expect to be tested on temporal information. In contrast, under intentional encoding condition, it is hypothesized that young participants are more likely than older adults to use strategies to help them encode which list the items occurred in. Therefore, we should see a greater age-related decline in this condition. It should also be noted that, if young participants deliberately tried to use temporal information to help them remember the target items in the Incidental condition (Mandler et al., 1977;



Naveh-Benjamin, 1990), one would expect relatively similar results in this condition and in the intentional encoding condition.

As for item recognition, previous studies found that recognition memory for faces was better or equal following judgments about a personality trait than following intentional encoding of faces without any judgment (see Coin & Tiberghien, 1997, for a review). Thus, one could expect equivalent or better face recognition performance in the true incidental encoding condition than in the other two conditions.

## Method

### *Participants*

Forty-eight young subjects and 48 older adults were volunteers in this experiment. The young group, aged from 18 to 26 years old (mean age = 21.81,  $SD = 2.51$ ), comprised 25 males and 23 females. Most of them were undergraduate students from the University of Liège, Belgium. There were 26 males and 22 females in the older group. Their age ranged from 60 to 70 years old, with a mean of 64.08 ( $SD = 2.94$ ). The older participants were mainly recruited in rambler's clubs, Church organizations and sports centers for the elderly. All participants reported to be free of neurological or psychiatric disorders and medication interfering with cognitive functioning. The participants were randomly attributed to three different conditions according to the encoding instructions they received. There were 16 young and 16 older participants in each condition. Young and old participants were age-matched across conditions (young group:  $F(2, 45) = 2.69, p > .08$ , older group:  $F(2, 45) = 0.21, p > .81$ ). Both groups were matched on the number of years of education they had received (young group:  $14.31 \pm 1.73$ ; older group:  $14.12 \pm 1.70, F(1, 90) = 0.29, p > .59$ ). There was no difference in education between the three conditions,  $F(2, 90) = 1.56, p > .21$ , and no interaction between age group and encoding condition,  $F(2, 90) = 0.33, p > .72$ .

### *Materials and Procedure*

The participants were tested individually. The stimuli consisted of 40 black and white photographs of faces. They represented men aged between 20 and 50 years

old. No face had any distinctive feature such as a beard, a moustache, glasses, a scar, baldness or long hair. Twenty faces were designated as targets and the others as lures.

During the study phase, two lists of 10 faces were presented via a personal computer. Each face appeared for 6 s. After the presentation of the first list, participants performed a visual distracting task. In this task that lasted 3 min, they had to select three specific designs among several others. Following this filler task, the second list was presented. There were three different encoding conditions. A different group of participants were tested for each condition. In a first condition (True incidental), the encoding of both faces and lists (temporal context) was incidental. Participants were asked to say for each face whether they found the man likeable or not. In a second condition (Incidental), faces were encoded intentionally, but the encoding of the temporal context was incidental. Participants were instructed to study the faces, but no mention was made of a temporal judgment task. In a third condition (Intentional), participants had to try to remember the faces and the list in which each face appeared and were informed about the subsequent list discrimination task. This study phase was followed by a retention interval of 30 s during which participants had to draw a cross in squares following a route. The test phase then began. Forty faces comprising the 20 targets and 20 lures were presented in a random order fixed for all participants. The faces were presented one at a time and participants had to indicate whether they recognized it or not. When responding "yes", they were asked to indicate in which list the face appeared (List 1 or 2).

## Results

### *Recognition Accuracy*

Recognition performance, expressed by hits and false alarms, was calculated for each age group in each condition (see mean scores and standard deviations in Table 1). A  $2 \times 3$  analysis of variance (ANOVA), with Age Group (young vs. older group) and Encoding Condition (True incidental, Incidental, and Intentional) as between-subject variables, was conducted on each score. For the hit rates, there was no age difference,  $F(1, 90) = 1.43, p > .23$ , no effect of Encoding Condition,  $F(2, 90) = 2.36, p > .09$ , and no interaction,  $F(2, 90) = 0.31, p > .73$ .

Older participants made more false alarms than younger participants,  $F(1, 90) = 47.86$ ,  $p < .01$ . There was no effect of Encoding Condition,  $F(2, 90) = 2.56$ ,  $p > .08$ , and no Age Group  $\times$  Encoding Condition interaction,  $F(2, 90) = 1.55$ ,  $p > .22$ .

Table 1. Mean Proportions (and Standard Deviations) of Hits, False Alarms and Correct Discrimination as a Function of Age Group and Encoding Condition in Experiment 1.

| Condition   | Hits      |           | False alarms |           | List discrimination |           |
|-------------|-----------|-----------|--------------|-----------|---------------------|-----------|
|             | Young     | Older     | Young        | Older     | Young               | Older     |
| True incid. | .83 (.11) | .81 (.12) | .08 (.05)    | .22 (.10) | .71 (.16)           | .56 (.11) |
| Incidental  | .79 (.12) | .78 (.14) | .10 (.11)    | .23 (.11) | .67 (.10)           | .58 (.14) |
| Intentional | .88 (.09) | .82 (.10) | .10 (.10)    | .33 (.19) | .73 (.14)           | .63 (.11) |

Note. True incid. = true incidental encoding; Incidental = incidental encoding of context.

In order to measure global recognition performance,  $d'$  scores were computed for each participant from the hit and false alarm rates (Macmillan & Creelman, 1991). An ANOVA, with Age Group and Encoding Condition as between-subject variables, revealed a main effect of Age Group,  $F(1, 90) = 33.60$ ,  $p < .01$ , showing that older adults ( $M = 1.68$ ) had worse recognition performance than younger adults ( $M = 2.49$ ). There was no main effect of Encoding Condition,  $F(2, 90) = 0.26$ ,  $p > .77$ , and no interaction,  $F(2, 90) = 0.97$ ,  $p > .38$ . Response bias was also analyzed, by means of the criterion  $c$  (Macmillan & Creelman, 1991). There was an Age Group effect,  $F(1, 90) = 16.98$ ,  $p < .01$ . Young adults used more severe response criteria than older participants (young:  $M = .16$ ; older:  $M = -.13$ ). Neither the effect of Encoding Condition,  $F(2, 90) = 2.52$ ,  $p > .08$ , nor the interaction,  $F(2, 90) = 0.03$ ,  $p > .97$ , were significant.

### *List Discrimination Performance*

List discrimination performance can be calculated by means of two measures. The first is the proportion of correctly recognized items that are attributed to the proper list. The second is a z score that takes into account the probability of obtaining a given score by chance<sup>1</sup> (Hunkin, Parkin, & Longmore, 1994). Analyses were performed on both measures and yielded similar results. Therefore, we report here only the analysis on z scores. Nonetheless, discrimination performance expressed as proportion of correct discrimination is reported in Table 1.

List discrimination performance was submitted to an ANOVA with Age Group (young vs. older group) and Encoding Condition (True incidental, Incidental, and Intentional) as between-subject variables. This ANOVA showed a main effect of Age Group,  $F(1, 90) = 18.98, p < .01$ . Young participants ( $M = 1.68$ ) were better at remembering the list of appearance of the faces than were the older participants ( $M = 0.74$ ). There were no main effect of Encoding Condition,  $F(2, 90) = 1.79, p > .17$ , and no interaction,  $F(2, 90) = 0.34, p > .71$ .

Because the decrease of list discrimination performance in older adults occurred in the context of poorer item memory, it is not clear whether there were disproportionate age-related differences on memory for the temporal context. In order to address this issue, we compared subgroups constituted of 29 young and 29 older adults matched on item memory performance (mean  $d'$  scores, young = 2.20, older = 2.04,  $F(1, 52) = 0.79, p > .37$ ). These two subgroups differed in terms of list discrimination performance measured by z scores ( $F(1, 52) = 4.06, p < .05$ ), with older adults remembering the temporal context less well than the younger adults (young,  $M = 1.45$ , older,  $M = 0.87$ ). There were no effect of the Encoding Condition,  $F(2, 52) = 1.44, p > .24$ , and no interaction,  $F(2, 52) = 1.57, p > .21$ . When performance was measured by the proportion of correct discriminations, older adults tended to show a poorer performance than young adults, but the difference did not reach statistical significance,  $F(1, 52) = 3.82, p < .06$ .

---

<sup>1</sup> Z-score formula:  $z = (r - x)/SD$ , where  $r$  = number discriminated correctly,  $n$  = number recognized,  $p$  = probability of discriminating a recognized item correctly by chance,  $x = n.p$ ,  $SD$  = square root of  $(n.p.q)$ , and  $q = (1-p)$ .

## Discussion

The first experiment examined whether encoding instructions influenced the performance of young and older adults on a list discrimination task. The results showed that recognition accuracy decreased with aging. More specifically, older participants made more false alarms, although they correctly recognized as many target faces as younger participants, which is consistent with other studies using unfamiliar faces as material (Bartlett & Leslie, 1986; Bartlett & Fulton, 1991). There was also an effect of age on list discrimination performance, which persisted when young and older adults were matched on item memory performance. Older participants had more difficulty than younger adults to retrieve in which list a face occurred. This age difference was present independently of the encoding instructions. Additionally, intentional encoding instructions did not improve performance compared to incidental encoding conditions either in young adults or in older adults.

The fact that list discrimination performance was not better following intentional encoding compared to incidental encoding in young adults suggests that temporal information is encoded automatically (Hasher & Zacks, 1979). Several studies reported no improvement from incidental to intentional encoding condition (Auday, Sullivan, & Cross, 1988; Azari, Auday, & Cross, 1989; McCormack, 1984; Toglia & Kimble, 1976). It should be noted that, in these studies, the incidental encoding instructions did not mention the temporal judgment task, but asked to study the stimulus. When comparing “true” incidental encoding and intentional encoding, Naveh-Benjamin (1990) found a significant increase when subjects knew about the subsequent test (in the event, serial order reconstruction). In the present study, there was no difference under any condition. The discrepancy between Naveh-Benjamin’s findings and the present results could be due to methodological differences. Whereas Naveh-Benjamin (1990) provided the same orienting task in the “true” incidental and the intentional encoding conditions, in the current study, the orienting task was used only for the “true” incidental encoding condition. Therefore, the absence of an effect of intentionality could have been due to the difference between the conditions in terms of the presence of the orienting task. However, Mangels (1997) found an effect of intentionality on serial order reconstruction when comparing true incidental encoding and intentional encoding conditions, despite the fact that she provided an orienting task only in the true

incidental condition. Alternatively, the type of task used to assess memory for time might determine the effect of intentionality. It could be that serial order reconstruction (Mangels, 1997; Naveh-Benjamin, 1990) benefits more from intentional encoding than list discrimination.

Face recognition performance was not influenced by encoding instructions in either group. This is consistent with previous findings showing that judgments about a personality trait and intentional learning of the faces without any judgment lead to similar levels of recognition performance (e.g. Biber, Butters, Rosen, Gerstman, & Mattis, 1981; Deffenbacher, Leu, & Brown, 1981; Sporer, 1991).

In the line of Hasher and Zacks' (1979) framework, the finding that intentional encoding of temporal context did not improve list discrimination performance suggests that some temporal information is automatically associated to the events when they enter memory. This account has been referred to as time-tagging theory (Bowers, Verfaellie, Valenstein & Heilman, 1988; Hasher & Zacks, 1979; Yntema & Trask, 1963). In this context, the present results indicate that older adults failed to automatically attach this specific temporal marker to the target information at encoding. However, time-tagging theories are not completely satisfactory, as suggested by Friedman (1993). First, some criteria proposed by Hasher and Zacks (1979) to determine that the encoding of temporal context is automatic have not been met. For example, one of these criteria is that performance should not be affected by practice. Nonetheless, practice seems to improve performance on list discrimination and recency judgments (Underwood & Malmi, 1978b; Zacks, Hasher, Alba, Sanft, & Rose, 1984). Second, from a theoretical point of view, the exact nature of the time marker is unclear. It is unlikely that this consists of a label expressed in terms of conventional time, such as the year, month, date and hour, or some indication regarding a kind of internal clock. Alternatively, it might be that some general information representing the list is automatically associated with each item. However, such a list tag would act more like a contextual index than like a timing attribute. Retrieving when an item occurred would then depend on retrieving the information attached to it and remembering which list was characterized by this information.

An alternative theoretical account is that no specific time marker is encoded together with the event, but that the time of occurrence is reconstructed at retrieval. Friedman (1993, 2001) proposed that at least two processes would be available to

retrieve the temporal context of an event. First, the time elapsed since the event occurred may be assessed by the strength, the accessibility or the elaborateness of the memory trace (Hinrichs, 1970). For example, if the memory of an event is vivid, we judge it as recent compared to a weaker memory. According to Friedman (1993, 2001), these distance-based processes require little effort, are rapid, but do not allow precise dating. A second type of process depends on the contextual information encoded at the same time as the event. By interpreting this information in reference to our knowledge about temporal patterns, we can infer as precisely as possible when the event occurred (Friedman & Wilking, 1985; Hintzman, Block & Summers, 1973). For example, one might remember that some excursion occurred when we were in first year at university, because we remember the presence of a teacher who was the tutor of that year. Note that the notion of a time-tagging in which the tag comprises contextual information encoded with the event is similar to these contextual reconstructive processes (Friedman, 1993). These location-based processes<sup>2</sup> are slow, strategic and allow more precise dating. As laboratory experiments require precise time estimations, location-based processes may be favored by participants (Friedman, 1993).

In this prospect, the difficulty of older adults may be mainly one of retrieval. Aging may affect either location-based processes or distance-based processes or both. Because location-based processes are effortful and require strategic retrieval of information from memory as well as inferences, it is plausible to hypothesize that aging primarily interferes with these contextual reconstruction processes. Older adults may fail to retrieve the list of occurrence of the faces by relating contextual information encoded in the same time as the face to the temporal structure of the experiment. We do not rule out the possibility that aging also affects distance-based processes. However, the exact nature of these processes is still unclear, and it is difficult to identify components that could be sensitive to aging.

The absence of an effect of encoding instructions is consistent with the idea that the temporal context is reconstructed at retrieval. Indeed, according to this account, intentional encoding does not necessarily improve performance compared to incidental learning because deliberate attempts to code the time of occurrence

---

<sup>2</sup> The term "location" refers to the fact that the events belong to a particular period of time. Each event can be located in one part of natural, personal or conventional time patterns, such as the cold season, when we were at the university or the weekend (Friedman, 1993, 2001).

add little to the contextual information that is naturally acquired when we process an item.

Finally, because recognition accuracy was poorer in older adults, it may be that older adults only encode the items superficially and then lack information to reconstruct the time of occurrence of the items. Nonetheless, the finding that age differences on list discrimination remained significant when subgroups matched on item recognition accuracy were examined speaks in favor of a difficulty at the retrieval stage. However, even if older adults fail to use reconstruction processes to retrieve the temporal context of events, one cannot exclude that age differences on list discrimination could be explained at least partly by an encoding difficulty.

In the second experiment, we explored whether older adults can use location-based processes as well as young adults in order to perform a list discrimination task.

## EXPERIMENT 2

In this experiment, we attempted to see whether older adults were able to use a reconstructive strategy when they were encouraged to rely on it. We associated a different context to each list by manipulating the encoding instructions. The aim of this manipulation was to provide different contextual information for each list, so that this information could be used to retrieve in which list a given face was presented.

For one list of faces, participants had to say whether the man on the photograph looked intelligent or not. For the other list, they had to say whether each man looked honest or not. Judgments on personality traits produce higher recognition memory than judgments about facial features (e.g. Bower & Karlin, 1974; Parkin & Hayward, 1983, see Coin & Tiberghien, 1997 for a review). Judgments on honesty and intelligence should result in relatively equivalent memory performance.

Young and older adults performed this task and half of them were encouraged to remember the condition under which they encoded the face as a cue to retrieve its list of occurrence. The other half did not receive any particular instructions regarding how to retrieve the list of occurrence. Additionally, we assessed how well the participants remembered the encoding context and we related this to the list



discrimination performance. We predicted that greater age differences should be observed when participants used the proposed reconstructive strategy, because this condition places increased demands on cognitive resources which may be reduced in older participants (Light, 1991).

## Method

### *Participants*

Forty young subjects (21 men and 19 women) and 39 older adults (20 men and 19 women) took part to this experiment. The young group consisted mainly of undergraduate students from the University of Liège, Belgium. The mean age was 20.82 years old ( $SD = 2.11$ ) (range from 18 to 28). The mean age of the older group was 63.77 years old ( $SD = 3.26$ ) (range from 60 to 70). All participants reported to be free of neurological or psychiatric disorders and medication interfering with cognitive functioning. Both groups were matched on the number of years of education they had received (young group:  $13.35 \pm 1.31$ ; older group:  $13 \pm 1.43$ ,  $t(77) = 1.13$ ,  $p > .26$ ). On a vocabulary test (Mill Hill, part B, 33 items; Deltour, 1993), older adults performed better than young adults, young group:  $22.92 \pm 3.73$ ; old group:  $25.10 \pm 5.37$ ,  $t(75) = -2.06$ ,  $p < .05$ .

### *Materials and Procedure*

The stimuli and the procedure were identical to those in Experiment 1, except with the encoding and retrieval instructions. During the study phase, each list of 10 faces was encoded under a different condition. For one of the list, participants were instructed to rate how intelligent the person on the photograph looked. For their judgments, they used a 5-point scale, from 1 (*very intelligent*) to 5 (*not intelligent at all*). For the other list, participant had to rate how honest the person looked (from 1 *very honest* to 5 *not honest at all*). The attribution of each type of judgment to each list was counterbalanced across participants.

During the test phase, there were two retrieval instructions. Half of the participants in each group were asked to say whether they recognized the faces or not, and to say in which list the face appeared (List 1 or 2) every time they recognized it ("No strategy"). The other half of the participants were additionally

encouraged to remember the type of judgment they made at encoding to retrieve the list of occurrence of the faces (“Strategy”).

After the task, we asked the participants how they discriminated between list 1 and 2. Additionally, when participants in the group with the reconstruction strategy reported that they used the proposed strategy, they were asked how often they had used it (on a 3-point scale: 1 *for a few faces*, 2 *for most faces*, and 3 *for all the faces*) and whether they had found it useful (on a 5-point scale from 1 *not useful at all* to 5 *very useful*).

Finally, memory for the type of judgment made at encoding was assessed. The 20 target faces were presented in a random order. Participants were informed that they had seen all the faces and that the task consisted in saying for each face whether they made an “honesty” or an “intelligence” judgment when they saw it during the study phase. The purpose of that task was to check whether the contextual information associated to each list was available for young and older adults to use as a cue in the list discrimination task.

## Results

### *Retrieval Strategy Manipulation*

Responses to the post-task questionnaire revealed that, in the condition where the reconstruction strategy was proposed, 18 young participants out of 20 and 16 older participants out of 20 used it. In the “No Strategy” condition, 7 young participants out of 20 and 8 older participants out of 19 tried to remember the type of judgment made at encoding to retrieve the list, although no mention to this strategy was made, while 13 young participants and 11 older participants tried to retrieve the list by means of other processes than the reconstruction of the encoding context of the list. Comments revealed that they usually referred to the strength of the memory for the item to situate it in time (e.g. “I tried to see whether it seemed far in time or not”, “I judged how recent it was”, “I do not remember the first list very well”).

Among participants who used the reconstruction strategy, young adults did not report using it for more faces than older participants,  $F(1, 37) = 0.59$ ,  $p > .44$  (young,  $M = 2.1$  and old,  $M = 1.89$  on the 3-point scale). Moreover, young and older participants found the strategy equally useful,  $F(1, 37) = 2.37$ ,  $p > .13$  (young,

$M = 3.05$  and old,  $M = 2.53$  on the 5-point scale).

*Recognition Accuracy.* The top rows of Table 2 present recognition performance, expressed by hits and false alarms rates, for each age group in each condition. A  $2 \times 2$  ANOVA, with Age Group (young vs. older group) and Retrieval Instructions (“No Strategy” vs. “Strategy”) as between-subject variables, was conducted on each score. For hit rates, there was no age difference,  $F(1, 75) = 0.01, p > .93$ , no effect of Retrieval Instructions,  $F(1, 75) = 1.87, p > .17$ , and no interaction,  $F(1, 75) = 0.14, p > .70$ . Regarding the false alarms, older participants incorrectly recognized more new faces than did the younger participants,  $F(1, 75) = 6.24, p < .05$ . There was no effect of Retrieval Instructions,  $F(1, 75) = 0.01, p > .94$ , and no Age Group  $\times$  Retrieval Instructions interaction,  $F(1, 75) = 1.14, p > .28$ .

In order to see whether one type of encoding judgment led to better recognition performance than the other, we conducted an ANOVA on hits with Age Group and Retrieval Instructions as between-subject variables and Type of Judgment (honesty vs. intelligence) as within-subject variable. No effect was significant.

Global recognition performance, as measured by  $d'$  scores, was submitted to an ANOVA with Age Group and Retrieval Instructions as between-subject variables. The analysis showed no main effect of Age Group,  $F(1, 75) = 2.12, p > .14$ , (young:  $M = 1.85$ ; older:  $M = 1.62$ ), no main effect of Retrieval Instructions,  $F(1, 75) = 0.97, p > .32$ , and no interaction,  $F(1, 75) = 0.69, p > .40$ . Response bias ( $c$ ) analysis showed no main effect of Age Group,  $F(1, 75) = 1.99, p > .16$ , (young:  $M = .21$ ; older:  $M = .07$ ), no effect of Retrieval Instructions,  $F(1, 75) = 1.56, p > .21$ , and no interaction,  $F(1, 75) = 0.04, p > .82$ .

Table 2. Mean Proportions (and Standard Deviations) of Hits, False Alarms and Correct Discrimination as a Function of Age Group, Retrieval Instructions (Top Rows) and Retrieval Processes (Bottom Rows) in Experiment 2.

| Condition      | Hits      |           | False alarms |           | List discrimination |           |
|----------------|-----------|-----------|--------------|-----------|---------------------|-----------|
|                | Young     | Older     | Young        | Older     | Young               | Older     |
| No Strategy    | .76 (.16) | .77 (.17) | .17 (.10)    | .21 (.10) | .68 (.14)           | .60 (.15) |
| Strategy       | .72 (.17) | .70 (.17) | .14 (.10)    | .24 (.20) | .67 (.16)           | .56 (.15) |
| Distance       | .74 (.15) | .77 (.18) | .20 (.11)    | .25 (.13) | .66 (.16)           | .64 (.13) |
| Reconstruction | .74 (.17) | .71 (.16) | .12 (.09)    | .22 (.17) | .68 (.14)           | .55 (.15) |

*List Discrimination Performance.* Analysis performed on the two measures of list discrimination performance (proportion of recognized targets correctly attributed to the list and z score) yielded similar results. As in Experiment 1, we report only the analysis on z scores (see Figure 1a) and provide proportions of correct discrimination for each Age group and in each Retrieval Instructions condition in Table 2 (top rows).

List discrimination performance was submitted to an ANOVA with Age Group (young vs. older group) and Retrieval Instructions (“No Strategy” vs. “Strategy”) as between-subject variables. There was a main effect of Age Group,  $F(1, 75) = 8.44$ ,  $p < .01$ . Young participants performed better on the list discrimination task than older participants. There was no main effect of Retrieval Instructions,  $F(1, 75) = 1.03$ ,  $p > .31$ , and no Age group  $\times$  Retrieval Instructions interaction,  $F(1, 75) = 0.07$ ,  $p > .78$ .

Self-reports in the post-task questionnaire revealed that, in addition to the participants in the Strategy condition who used the proposed reconstruction strategy for the vast majority, 35 % of the young participants and 42 % of the older

participants in the No Strategy condition also reported using this strategy. As noted previously, the remaining participants in the No Strategy condition reported some processes that may be described as assessing the strength of the memory for the items. Therefore, it may be that a potential effect of the type of processes used to reconstruct the temporal context was masked in the comparison between the Strategy and No Strategy groups. Consequently, the results were further analyzed in order to examine the effect of the processes actually used by the participants on list discrimination performance.

Figure 1. List discrimination performance (z score) as a function of age group, retrieval instructions (1a) and retrieval processes (1b) in Experiment 2. Error bars represent standard deviations.

Figure 1 (a)

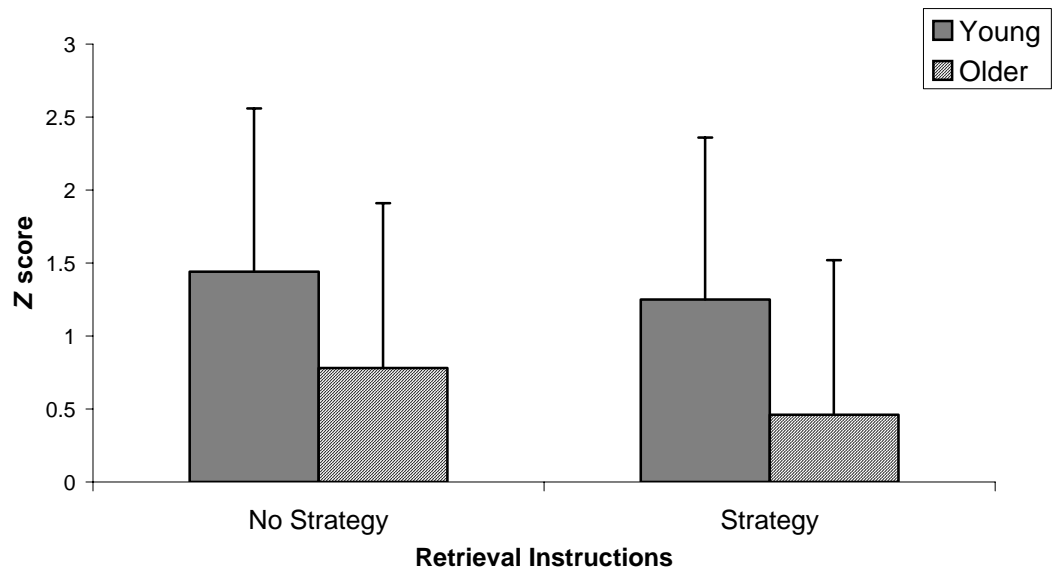
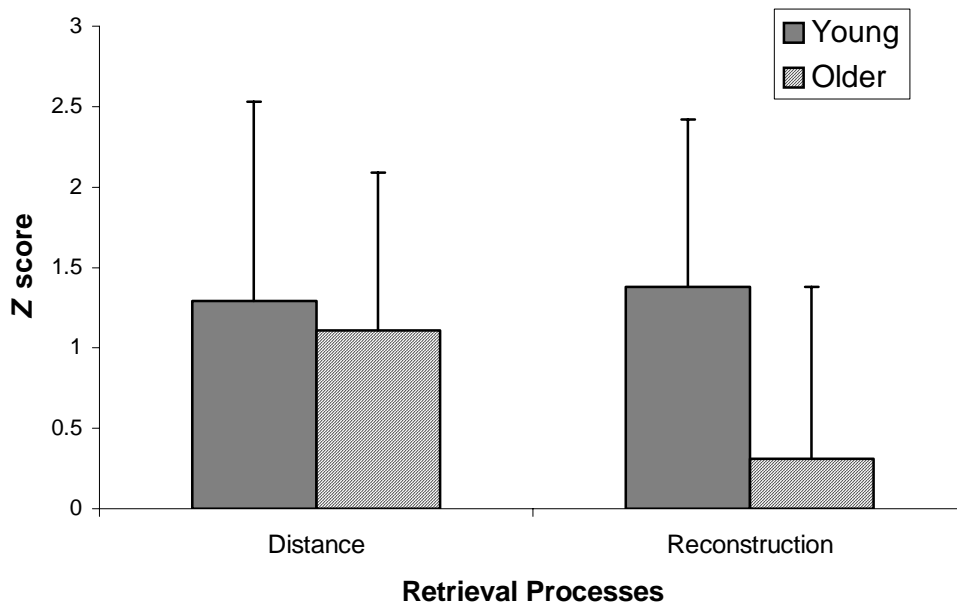


Figure 1 (b)



### *Self-Reported Retrieval Processes*

The participants were divided in two groups (independently of their original retrieval condition) according to whether they actually used the reconstruction strategy ("Reconstruction", young group:  $n = 25$ , including 18 participants from the "Strategy" condition and 7 from the "No strategy" condition; older group:  $n = 24$ , including 16 participants from the "Strategy" condition and 8 from the "No strategy" condition) or some other processes involving mainly evaluation of the age of the memory ("Distance", young group:  $n = 15$ , comprising 2 participants from the "Strategy" condition and 13 from the "No strategy" one, older group:  $n = 15$ , that is 4 participants from the "Strategy" condition and 11 from the "No strategy" condition).

These two groups did not differ according to the age of the participants (young group,  $F(1, 38) = 0.4$ ,  $p > .83$ , and older group,  $F(1, 37) = 1.92$ ,  $p > .17$ ). Education was equivalent between young and older participants,  $F(1, 75) = 1.53$ ,  $p > .22$ ,

between “Reconstruction” and “Distance” conditions,  $F(1, 75) = 0.51, p > .47$ , and there was no Age Group  $\times$  Retrieval Processes interaction,  $F(1, 75) = 0.4, p > .53$ . Finally, older adults performed slightly better on the Mill Hill Vocabulary test, although the effect did not reach significance,  $F(1, 73) = 3.95, p < .06$ . There was no effect of the Retrieval Processes,  $F(1, 73) = 0.32, p > .57$  and no interaction,  $F(1, 73) = 0.01, p > .98$ .

*Recognition Accuracy.* Table 2 (bottom rows) presents recognition performance, expressed by hits and false alarms rates, for each age group in each condition. A  $2 \times 2$  ANOVA, with Age Group (young vs. older group) and Retrieval Processes (“Reconstruction” vs. “Distance”) as between-subject variables, was conducted on each score. For hit rates, there was no age difference,  $F(1, 75) = 0.01, p > .94$ , no effect of Retrieval Processes,  $F(1, 75) = 0.48, p > .49$ , and no interaction,  $F(1, 75) = 0.6, p > .44$ . Analysis of false alarms rates revealed a main effect of Age Group,  $F(1, 75) = 5.20, p < .05$ , with a higher rate of false alarms in older participants than in younger participants. There was no effect of Retrieval Processes,  $F(1, 75) = 3.01, p > .08$ , and no Age group  $\times$  Retrieval Processes interaction,  $F(1, 75) = 0.57, p > .45$ .

Global recognition performance was measured by  $d'$  scores. An ANOVA with Age Group and Retrieval Processes as between-subject variables indicated no main effect of Age Group,  $F(1, 75) = 1.14, p > .29$ , (young:  $M = 1.81$ ; older:  $M = 1.63$ ), no main effect of Retrieval Processes,  $F(1, 75) = 0.41, p > .52$ , and no interaction,  $F(1, 75) = 2.43, p > .12$ . Response bias ( $c$ ) analysis showed no main effect of Age Group,  $F(1, 75) = 1.85, p > .18$ , (young:  $M = .19$ ; older:  $M = .05$ ). The effect of Retrieval Processes was not significant,  $F(1, 75) = 2.85, p > .09$ , nor was the interaction,  $F(1, 75) = 0.01, p > .97$ .

*List Discrimination Performance.* List discrimination performance measured by  $z$  scores (see Figure 1b) was submitted to an ANOVA with Age Group (young vs. older group) and Retrieval Processes (“Reconstruction” vs. “Distance”) as between-subject variables. Analysis on proportions of correct discriminations gave similar results (see bottom rows of Table 2). There was a main effect of Age Group,  $F(1, 75) = 6.23, p < .05$ . Young participants performed better on the list

discrimination task than older participants. There was no main effect of Retrieval Processes,  $F(1, 75) = 2.04, p > .16$ . The Age group  $\times$  Retrieval Processes interaction did not reach significance,  $F(1, 75) = 3.18, p > .07$ . However, post-hoc comparisons (Newman-Keuls) revealed that the pattern of results was different for each age group. Young participants performed as well in the "Distance" condition as in the "Reconstruction" condition ( $p > .80$ ). By contrast, older adults remembered better the list of occurrence of the items in the "Distance" condition than in the "Reconstruction" condition ( $p < .05$ ). Additionally, in the "Distance" condition, there was no effect of Age group ( $p > .65$ ), whereas young adults' performance was significantly higher than that of older adults in the "Reconstruction" condition ( $p < .01$ ).

*Memory for the Encoding Context.* Proportions of correct responses in the task requiring to recall the type of encoding task were submitted to an ANOVA with Age Group (young vs. older group) and Retrieval Processes ("Reconstruction" vs. "Distance") as between-subject variables. Young adults performed better than older adults (young:  $M = .60, SD = .10$ , old:  $M = .54, SD = .12, F(1, 71) = 4.27, p < .05$ ). Neither the effect of Retrieval Processes,  $F(1, 71) = 0.69, p > .41$ , nor the interaction,  $F(1, 71) = 0.01, p > .94$ , were significant. A comparison of the scores of the older group against chance (.50) indicated that they could remember the encoding context at a level above chance ( $t(35) = -2.41, p < .05$ ).

In order to assess whether memory for the encoding context influences the list discrimination performance, we computed in which proportion each participant correctly retrieved the list of occurrence of items for which they remembered the encoding context. An ANOVA with Age Group and Retrieval Processes showed that, when they remembered the type of judgment made at encoding, young participants ( $M = .58$ ) correctly retrieved the list of occurrence more often than did older participants ( $M = .47$ ),  $F(1, 71) = 4.99, p < .05$ . There was no effect of Retrieval Processes,  $F(1, 71) = 1.19, p > .27$ , and no interaction,  $F(1, 71) = 0.47, p > .49$ . In addition, we calculated how often each participant remembered the encoding context of items that they have been able to attribute to the correct list. An ANOVA with Age Group and Retrieval Processes as between-subject variables indicated a main effect of Age Group,  $F(1, 71) = 4.38, p < .05$ , and no effect of Retrieval Processes,  $F(1, 71) = 1.07, p > .30$ . The Age Group  $\times$  Retrieval



Processes interaction was not significant,  $F(1, 71) = 3.16, p > .07$ , but post-hoc comparisons (Newman-Keuls) showed that in the "Reconstruction" condition, young and older participants remembered the encoding context for an equivalent proportion of recognised items attributed to the correct list (respectively, 67 and 65% of the correct discriminations,  $p > .82$ ). By contrast, in the "Distance" condition, older participants retrieved less often the encoding context than young participants (young: 70%, old: 52%,  $p < .05$ ).

## Discussion

Experiment 2 examined whether aging affects the ability to use reconstructive processes to retrieve the temporal context of events. In order to create a different encoding context for each list, two different semantic judgments were made on each set of faces. Half of the participants were encouraged to try to remember the encoding context of the items as a cue for retrieving their list of occurrence and most of them did use the proposed strategy. The other half received standard list discrimination instructions.

The results indicated that older adults were poorer than younger adults in remembering in which list the faces were presented and that the instructions did not influence performance in either group. However, the self-reports in the post-task questionnaire indicated that around 35-40 % of the participants who did not receive any instruction mentioning the reconstructive strategy spontaneously used their memory for the type of judgment made on the face in the list discrimination task. As for the participants who did not use this process, their comments suggested that most of them might have relied on some distance-based processes (Friedman, 1993).

When the data were analyzed according to the processes that the participants actually used to discriminate between list 1 and 2, it appeared that older adults had difficulties in remembering the list of occurrence of the faces when they reconstructed it from the encoding context, but not when they used distance-based processes. A tentative conclusion would be that aging may particularly affect location-based processes. However, cautious interpretation is necessary because these findings results from a reallocation of the subjects to new groups according to the retrieval processes they actually used and because the Age group by

Retrieval processes interaction did not reach significance.

It should be noted that older adults performed worse in the "Reconstruction" condition than in the "Distance" condition. Actually, performance was very low in the former condition ( $M = .55$ ). This cannot be explained by the inefficiency of the strategy itself because young participants performed as well in the "Reconstruction" condition as when they used other processes. A first possibility is that older adults may not remember the contextual information associated with the items, and hence cannot use it as the basis for the location-based processes. In fact, the results for the task assessing memory for the type of judgment made at encoding indicate that older adults did not recall the encoding context as well as young adults did. However, when considering only the items for which the participants could remember the encoding context, older adults still failed to retrieve the list of occurrence, compared to young adults. Therefore, even if a less efficient encoding of the contextual information associated with each list may have contributed to the difficulty in memory for the temporal context in older adults, an additional retrieval difficulty may also play a role. It may be that the reconstruction strategy was too demanding for older participants. Older adults may have had more difficulty than younger adults in engaging in strategic inferences, as this is an effortful process and older adults have a reduction of attentional resources (Light, 1991).

The fact that older adults performed as well as younger participants in the "Distance" condition is intriguing. A possible interpretation would be that distance-based processes are preserved in normal aging, as proposed by Friedman and Huttenlocher (1997). These authors examined how well participants can judge when they have seen stories presented in a weekly television show. Because it is likely that most participants watched the show as part of a kind of routine, involving a uniform context, they may rely mainly on some distance-based process to estimate when they saw a story. In Experiment 2 of Friedman and Huttenlocher's study, participants below and above 60 years old performed in exactly the same way on this task, suggesting that aging does not affect distance-based processes. However, it is important to note that it is most probable that participants used a mixture of both distance-based and location-based processes in order to discriminate the list of occurrence of events. As for the present experiment, we do not argue that only location-based information is used in the Reconstruction

condition. Questionnaire's responses only indicated that participants tried to rely on contextual cues for most of the trials. The same is true for participants who did not report using the reconstructive strategy. Although post-task reports suggested that distance-based processes may have usually been used predominantly, they probably may also have used some location-based processes, based on some contextual information other than that related to the type of judgment made at encoding (for example, to relate items to temporal landmarks such as the beginning or the end of the list). Therefore, we cannot exclude that older participants sometimes relied on location-based processes in the Distance condition. Future work should compare conditions where either a distance-based strategy or a location-based strategy is forced.

## GENERAL DISCUSSION

In the present study, we reexamined the effect of aging on memory for the temporal context, measured by a list discrimination task. As in previous studies (Spencer & Raz, 1995), we found a decline of memory for temporal context in older adults, whereas memory for the item seemed less affected (particularly in Experiment 2). It is intriguing that age differences appeared on item recognition accuracy in Experiment 1, but not in Experiment 2. This cannot be due to differences in age between the participants in each experiment. Indeed, there were no differences in terms of age between the young groups across the two experiments, nor between the two older groups (young group:  $F(1, 171) = 2.85, p > .09$ ; old group:  $F(1, 171) = 0.28, p > .59$ ). By contrast, the participants in Experiment 1 reported less years of education than the participants in Experiment 2 ( $F(1, 171) = 19.19, p < .01$ ). Therefore, it could be that the probability of age differences on item memory decreases as the amount of education received increases. Alternatively, the divergence in item recognition between the experiments could be a consequence of the task instructions. Indeed, it has been shown that age differences can be substantially reduced when the encoding instructions do not emphasize the fact that memory capacity will be evaluated (Rahhal, Hasher, & Colcombe, 2001). This could explain why deciding if a face is honest or intelligent leads to a smaller age effect in item memory than preparing for a memory test. But, if this is true, one would also expect a reduction of age differences on item memory in the true incidental encoding condition in Experiment

1.

We explored whether aging particularly affects the encoding of temporal information, or its retrieval, or both. In Experiment 1, intention to encode the temporal context was manipulated in order to see whether participants would develop some organizational strategies when informed that they have to remember the list of occurrence of items, and whether aging would affect the ability to use these strategies. The results indicated that intentional encoding did not improve list discrimination performance compared to incidental encoding. Furthermore, older participants had a poorer performance independently of the encoding condition. One explanation could be that temporal information is automatically associated to the target information at encoding and that aging affects this temporal coding. An alternative interpretation, which we favor, refers to the idea that temporal context is not an attribute of an event, but rather is reconstructed on the basis of some quality of the event itself: the strength of its memory trace (distance-based processes) or the contextual information naturally encoded with the event (location-based processes, Friedman, 1993, 2001). From this point of view, the effect of age on memory for time could result from a difficulty with one of these retrieval processes or both. A difficulty to use location-based processes would affect the reconstruction of the temporal information on the basis of information characterizing the list and associated with each face, independently of the encoding condition. This difficulty may arise from a failure to automatically attach this information to the item at encoding or because of decreased inference abilities at retrieval. A difficulty to use distance-based processes would prevent older adults from assessing how recent is the encounter with each item.

In Experiment 2, we tested the hypothesis that aging may interfere with the ability to infer the time of occurrence of an event from the contextual information encoded in the same time as the event and by reference to some temporal patterns. Different contextual information was associated with each list and half of the participants were encouraged to rely on this information to infer in which list an item occurred. We compared the performance of the participants who followed this instruction or used this strategy spontaneously with that of the participants who relied on some other processes, usually involving some assessment of the temporal distance. Age differences were found only when participants tried to retrieve the temporal context of the items by remembering its encoding context.

Although these results must be considered as preliminary because they were found after regrouping the subjects, they raise the interesting possibility that aging decreases the ability to use location-based processes. Furthermore, as memory for the encoding context itself was poorer in older participants, this difficulty could stem in part from a poorer encoding of the contextual details of the events. However, the fact that list discrimination performance was poor in older adults even when they remembered correctly the encoding context suggests that aging interferes with the use of strategic inferences for reconstructing the temporal context. Distance-based processes could be less affected by aging as suggested by Friedman and Huttenlocher (1997). However, the results in the Distance condition must be interpreted with caution because the identification of the processes was based on post-task reports. In addition, further clarification of what these processes are is necessary in order to understand how they evolve with aging.

If indeed location-based processes are more vulnerable to aging than distance-based processes, could the age effect on list discrimination performance found in Experiment 1 be attributed to defective location-based processes? This is possible according to Friedman's (1993) statement that location-based processes should be selected over distance-based processes in most laboratory experiments, because the former allow greater accuracy and confidence. Alternatively, as a proportion of participants in the "No strategy" condition of Experiment 2 reported that they used mainly distance-based processes, it might be that at least some of the participants in Experiment 1 also favored these processes. If this was the case, one cannot exclude that aging also affects distance-based processes. However, the question cannot be unequivocally resolved as there was no information available regarding which type of processes the participants favored in Experiment 1.

It should be noted that Fabiani and Friedman's (1997) findings seem consistent with the current interpretation. They found age-related decrements in recency judgments, particularly when the material consisted of pictures, compared to words. They proposed that comparing the strength of the traces of two pictures might be less efficient to identify which one occurred later in the list than comparing the strength of the traces of two words. Because words seem to be more quickly forgotten than pictures, the difference in the trace strengths should be more

important for words than for pictures. Moreover, some recency judgments trials for words may become similar to a recognition test when the trace of one of the items is lost. By contrast, the strength of the traces of two pictures may be more similar and thus, this makes distance-based processes less reliable. In such cases, location-based processes may be more useful to discriminate which one occurred last, although it is difficult to say whether young participants in Fabiani and Friedman's study were able to use these processes. Older participants' poorer performance in the recency judgments for pictures could have resulted from a reliance on inefficient distance-based processes and a difficulty to compensate with other processes.

In summary, the results from this study tentatively suggest that the effect of age on memory for the temporal context may arise from a difficulty in initiating the strategic reconstruction of the temporal information at the retrieval stage. Moreover, a less efficient encoding of the contextual details associated with the items could also contribute to this difficulty. By contrast, it might be that aging less disrupts distance-based processes. Future research should explore the effect of aging on tasks that dissociate location-based and distance-based processes.

# The Effects of Aging on Location-Based and Distance-Based Processes in Memory for Time

Christine Bastin<sup>1</sup>, Martial Van der Linden<sup>1,2</sup>, Anne-Pascale Michel<sup>1</sup>  
and William J. Friedman<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences Cognitives, Université de Liège

<sup>2</sup> Unité de Psychopathologie Cognitive, Université de Genève

<sup>3</sup> Department of Psychology, Oberlin College, Oberlin, Ohio, USA

**Accepted for publication in *Acta Psychologica*\***

---

\* This work was supported by a grant from the French Community of Belgium, Direction Générale de l'Enseignement non obligatoire et de la Recherche Scientifique: "Actions de Recherche Concertées (convention 99/04-246)". We thank Marcel Casteleyn and Steve Majerus for their assistance in statistical analyses.

## ABSTRACT

Retrieving when an event occurred may depend on an estimation of the age of the event (distance-based processes) or on strategic reconstruction processes based on contextual information associated with the event (location-based processes). Young and older participants performed a list discrimination task that has been designed to dissociate the contribution of both types of processes. An adapted Remember/Know/Guess procedure (Gardiner, Java, & Richardson-Klavehn, 1996) was developed to evaluate the processes used by the participants to recognize the stimuli and retrieve their list of occurrence. The results showed that aging disrupts location-based processes more than distance-based processes. In addition, a limitation of speed of processing and working memory capacities mediated partly age-related differences on location-based processes, whereas working memory capacities was the main predictor of age differences on distance-based processes.



## INTRODUCTION

Memory for the temporal context of events appears to be one important aspect of episodic memory (Johnson, Hashtroudi, & Lindsay, 1993; Tulving, 1999; Wheeler, Stuss, & Tulving, 1997). A number of studies have shown that the ability to remember when an event occurred declines with increasing age (Daum, Gräber, Schugens, & Mayes, 1996; Fabiani & Friedman, 1997; Kausler, Salthouse & Saults, 1988; McCormack, 1982, 1984; Newman, Allen, & Kaszniak, 2001; Parkin, Walter, & Hunkin, 1995; Spencer & Raz, 1994; Vakil & Tweedy, 1994; Wegesin, Jacobs, Zubin, Ventura, & Stern, 2000; but see Perlmutter, Metzger, Nezworski & Miller, 1981, for contradictory findings). Moreover, this decline of memory for temporal context appears to be disproportionate compared to the effect of aging on item memory (Fabiani & Friedman, 1997; Newman et al., 2001; Parkin et al., 1995).

However, the reasons for this sensitivity of memory for temporal context to aging are not clear. Usually, the effect of age on memory for time has been explained by a frontal lobe dysfunction associated with aging. This hypothesis comes from two lines of evidence. On one hand, the prefrontal cortex is one of the cerebral regions preferentially affected by aging (see Raz, 2000, for a review). On the other hand, numerous neuropsychological data have demonstrated the vulnerability of temporal context memory to frontal lobe lesions (Kesner, Hopkins & Fineman, 1994; Kopelman, Stanhope & Kingsley, 1997; Mangels, 1997; McAndrews & Milner, 1991; Milner, Corsi & Leonard, 1991; Shimamura, Janowsky & Squire, 1990). Indirect support to the “frontal lobe decline” explanation for age-related differences on temporal context memory was provided by experiments that reported a significant correlation between performance on measures of executive functioning (especially the Wisconsin Card Sorting test –WCST– and verbal fluency) and performance on a list discrimination task (Parkin et al., 1995) or on recency judgments (Fabiani & Friedman, 1997). More direct evidence comes from functional neuroimaging (Cabeza, Anderson, Houle, Mangels & Nyberg, 2000) and event-related potentials (ERP, Trott, Friedman, Ritter, Fabiani, & Snodgrass, 1999; Wegesin, Friedman, Varughese, & Stern, 2002). More specifically, the right prefrontal activation (Cabeza et al., 2000) and the frontal late-onset ERP effect (Trott et al., 1999; Wegesin et al., 2002) that were associated with memory for the

temporal context of events in young adults were absent in older adults.

The assumption behind the “frontal lobe decline” interpretation of age effects on memory for temporal context is that performance on tasks assessing memory for time depends on processes which are sensitive to frontal lobe function. For example, Mangels (1997) has suggested that the frontal lobes are important for providing the encoding and/or retrieval strategies necessary to reconstruct the temporal order of events. Recently, Friedman (1993, 1996, 2001) has proposed that memory for the times of events relies on at least two types of processes: distance-based and location-based processes. Distance-based processes involve evaluation of the time elapsed since the event occurred. The vividness, the elaborateness or the accessibility of the memories could give some indication regarding the age of the memories. Various theories have been proposed to describe how the amount of time elapsed since the occurrence of an event can be assessed. According to the strength theory (Hinrichs, 1970), which assumes that the strength of the memory trace declines with the passage of time, an individual can judge weak traces as more distant in time than stronger traces. Alternatively, Brown, Rips and Shevell (1985) suggested that the age of the memories could be assessed on the basis of the amount of information that can be recalled about the events. By contrast, location-based processes involve the reconstruction of the time of occurrence based on the contextual information encoded with the event. The reconstruction is made by reference to time patterns, such as conventional patterns (e.g. the parts of the day), personal patterns (e.g. when I was at University) or experiment structures (e.g. the beginning of a study list). In other words, location-based processes depend on recollecting the contextual information associated to the event, linking this information with some time pattern, and inferring when the event probably occurred. If Brown et al.’s (1985) view of distance-based processes is correct, this would imply that both types of processes relied on an evaluation of the same kind of information: the associated contextual attributes. However, there are critical differences between them. Whereas distance-based processes involve a rapid assessment of rough distance in the past, location-based processes are an active search for, and an interpretation of contextual information, with high resolution. Thus, whereas distance-based processes are fast and require relatively few resources, location-based processes are slow, effortful and strategic. In addition, Friedman (2001) hypothesised that the frontal lobes may be particularly important for location-based processes, as

neuropsychological studies have shown that frontal lobe damage altered the ability to reconstruct both temporal and non-temporal information (Mangels, Gershberg, Shimamura, & Knight, 1996; Shimamura, Janowsky, & Squire, 1990).

Usually, the experimental paradigms used to assess memory for time do not allow separation of the contributions of these two types of processes. Recently, Curran and Friedman (2003) have developed a method for dissociating distance-based and location-based processes. In this procedure, the participants studied three lists of pictures on two consecutive days. The first day, the first study list (list 1) was presented. On the second day, the other two lists (lists 2 and 3) were studied, followed by two memory tests. Importantly, the study context was manipulated by changing the environment in which the list was presented and the type of processes required by the encoding task. Lists 1 and 2 were both presented in the same context, but the context was different for list 3. A first memory test (Day test) required participants to discriminate between pictures from list 1, pictures from list 2 and new pictures. The task consisted in indicating whether each picture had been presented on the first day ("yesterday", list 1), on the second day ("today", list 2) or was a new one. As the context was constant across both lists, location-based processes involving contextual details should be difficult to use in this task. By contrast, because of the long interval between the study of lists 1 and 2, distance-based processes should be more effective (Friedman, 1996). The second memory test (Context test) involved pictures from list 2 and list 3 and new pictures. Participants were asked to indicate whether the picture had been presented in the first or the second list studied "today" or was a new one. As lists 2 and 3 were close in time, distance-based processes should be less useful. But, as each list was studied in a different context, participants should rely more on location-based processes. Moreover, test instructions encouraged the participants to use distance-based processes in the Day test and location-based processes in the Context test. Post-task questionnaires confirmed that distance-based processes were more frequent in the Day test and location-based processes were more often used in the Context test.

Further, Curran and Friedman (2003) examined event-related brain potentials associated with these two temporal memory tests. They found that the late-onset frontal ERP effect (800-1800 ms) often found in source memory tasks (e.g. Donaldson & Rugg, 1998; Tendolkar & Rugg, 1998; Trott et al., 1999; Wilding,

1999) were related to location-based processes, but not to distance-based processes. This supports the idea that the frontal regions may play an important role in memory for the times of events by underlying the location-based processes.

In line with the hypothesis that the age-related decrements of memory for the temporal context result from neuroanatomical changes in the prefrontal cortex, we hypothesized that aging should particularly affect the location-based processes. By contrast, distance-based processes may be more resistant to aging. In order to test this hypothesis, we adapted the method developed by Curran and Friedman (2003), also using pictures as materials, and administered it to a group of young adults and a group of older adults. The main changes to the procedure consisted of modifying the testing phase. A two-step recognition procedure was used, where the participants were first asked to say whether they recognized the test items, and second to indicate in which list the recognized items were encountered. In addition, the processes used by the participants to discriminate between old and new items and between two lists were assessed on an item-by-item basis, by means of the Remember/Know/Guess procedure (Gardiner, Java, & Richardson-Klavehn, 1996). The possibility to report Guess responses was provided in order to avoid that guesses and extremely low confidence responses are included in Know responses. The Remember/Know/Guess procedure was adapted to allow a classification of the list discrimination judgments according to the distinction between location-based and distance-based processes.

In addition, tests measuring speed of information processing and working-memory capacities were administered. Indeed, it has been suggested that the effect of age on memory could be mediated, at least partly, by a general slowing of the processing (Salthouse, 1996) and lower working-memory capacities (Salthouse, 1991). Therefore, we examined whether speed of information processing and working memory resources, first decrease with increasing age and, second predict list discrimination performance based on location-based or distance-based processes.

## METHOD

### Participants

A group of 48 young adults (from 18 to 28 years old) and a group of 48 older adults (from 60 to 79 years old) took part in this experiment. Detailed characteristics of the two groups are presented in Table 1. There were 24 women and 24 men in each group. The young group reported on average more years of education than the older group,  $t(94) = 3.07$ ,  $p < 0.01$ . On a vocabulary test (Mill Hill, part B, 33 items; Deltour, 1993), older adults performed better than the young group,  $t(94) = -2.55$ ,  $p < 0.05$ . All the participants were given a questionnaire about medical antecedents, current health state and potential perceptual (visual and auditory) disorders. None of them reported a neurological or a psychiatric condition which could interfere with cognitive functioning. On a scale assessing current health state (10-point scale from 1 *very bad* to 10 *excellent*), older participants rated their health state as less good as did the young participants, but still high on the scale,  $t(94) = 2.23$ ,  $p < 0.05$ . In addition, the participants were able to use an appropriate correction for visual or auditory disorders when necessary. Finally, the older participants were also screened for cognitive decline by means of the Mattis Dementia Rating Scale (Mattis, 1973), adapted in French (GRECO, 1995, 1997). Their scores ranged from 129 to 143 (out of 144) and were within the normal range according to their age and education.

Table 1. Characteristics of the participants

|                                       | Young participants | Older participants |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Age                                   | 21.98 ± 2.10       | 67.75 ± 5.71       |
| Education                             | 13.81 ± 1.45       | 12.48 ± 2.62**     |
| Mill Hill (raw score out of 33 items) | 22.98 ± 3.60       | 25.10 ± 4.51*      |
| Current Health State                  | 8.53 ± 0.90        | 8.12 ± 0.88*       |

Note. \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

## Materials

Six sets of 42 line drawings (representing animals, fruits, tools, etc.) were composed on the basis of two picture databases (Martein, 1995; Snodgrass & Vanderwart, 1980). The sets were matched on the basis of the ratings provided in the databases, for visual complexity (on a 5-point scale, from 1 = *very simple* to 5 = *very complex*,  $M = 3.05$ ,  $F(5, 205) = 0.84$ ,  $p > 0.52$ ) and familiarity of the pictures (on a 5-point scale, from 1 = *very unfamiliar* to 5 = *very familiar*,  $M = 4.91$ ,  $F(5, 205) = 1.00$ ,  $p > 0.42$ ). Four sets were used for the study phase: one served for the study list on Day 1, two sets were mixed to create the first list of Day 2 (at retrieval, one of the set would be included in the Day test and the other in the Context test), and one set was used for the second list on Day 2. The last two sets served as distractor items for the test phase, one for the Day test and one for the Context test. The assignment of a set to a list was counterbalanced across participants so that each set were used equally often as target list for the Day test, target list for the Context test and distractors.

## Design and Procedure

The participants were tested individually on two consecutive days. Each participant began the session at the same time on both days.

The list discrimination task was administered across the two days. On Day 1, a study list of 42 pictures was presented. On Day 2, a list of 84 pictures and a list of 42 pictures were presented one after another. The stimuli appeared in the middle of a computer screen and stayed for 4 s each. Within each list, the pictures were presented in a random order, different for each participant. The participants had to name each picture aloud.

In order to create two different contexts, the environment of the experiment and the type of processing made on the stimuli were manipulated. There were two types of environment. In the first one (environment A), the testing room was a 3 by 4 m well-lighted room with a lot of furniture. The participants faced a window. The stimuli were presented against a yellow background on a fixed personal computer with a 17-inch screen. In the second environment (environment B), the testing

room was a darker 3 by 4 m room, including only a table, two chairs, a cupboard and a piano. The curtains were closed and the participants seated with their backs to the window. The stimuli were presented on a portable personal computer with a 12-inch screen, and against a red background screen. In addition, the type of processing made on the stimuli consisted of two different types of judgment. The first judgment was a pleasantness rating. The participants had to say for each picture whether they found it pleasant on a 5-point scale (from 1 *very unpleasant* to 5 *very pleasant*). The second judgment was a frequency rating. The participants had to say whether they encounter the objects represented on the picture frequently or not in their everyday life (from 1 *very infrequent* to 5 *very frequent*). The association of an environment with a type of judgment was counterbalanced across the participants. Half of the participants made the pleasantness judgments in the environment A and the frequency judgments in the environment B, and the other half made the pleasantness judgments in the environment B and the frequency judgments in the environment A.

The list presented on Day 1 and the first list of Day 2 were presented in the same context. After the presentation of the first list on Day 2, the participants moved to the other room and viewed the second list in the other context. The contexts in which the first two lists and the third list were presented were rotated across the participants. After the presentation of the second list on Day 2, the participants moved to a third room, different from the other two. Then, after a distracting task of around 5 min (letter comparison task), they performed two list discrimination tests, a Day test and a Context test. The test items were presented on a portable personal computer, on a white background screen. Half of the participants began with the Day test, and the other half with the Context test.

In the Day test, the 42 pictures from the list presented on Day 1 and 42 pictures from the first list of Day 2 were mixed with 42 distractors. They were presented one by one, in a semi-random order fixed for all the participants. The first 6 items consisted of 2 items from each list and served as practice items. They were not considered when calculating performance scores. The test involved 4 successive judgments. For each picture, the participants had to say first whether they had seen it in the study phase (recognition part). In addition, when recognizing a picture, they had to indicate whether they recollected it (Remember), found it familiar (Familiar) or just guessed. They were instructed that Remember responses

were to be given when they remembered the encoding episode of the picture, whereas Familiar responses corresponded to a feeling of familiarity in the absence of recollection. Written instructions were provided (see Appendix). The experimenter also gave additional examples orally and encouraged the participant to propose an example. Then, for pictures that the participants recognized, they had to indicate whether the picture was presented on Day 1 (yesterday) or on Day 2 (today) (list discrimination part). For each response, they reported whether they remembered the list of occurrence because they retrieved the encoding episode (Remember), attributed the picture to such list on the basis of its familiarity (Familiarity), or picked up a list by chance (Guess). Written instructions were provided (see Appendix) and understanding of the instructions was checked by asking the participant to propose an example of each type of response. In addition, participants were asked to provide verbal justifications for each response.

In the Context test, the remaining 42 pictures from the first list of Day 2 and the 42 pictures of the second list of Day 2 were mixed with 42 distractors. The procedure was the same as for the Day test, with the exception that, for recognized items, they had to indicate whether the picture appeared in the first or the second list of Day 2 (rather than “yesterday or today”).

As there were many different responses to make, each question was presented via successive messages. First, for the recognition part, each picture was accompanied by a label at the bottom of the screen, instructing participants to indicate whether they recognized the picture by pressing one of two keys. If the answer was “no”, the next test item was shown. After “yes” answers, a message appeared on the screen, asking for the Remember/Familiar/Guess judgment on the recognition decision. Then, the instructions “In which list have you seen this picture?” (“Yesterday or today?” in the Day test and “list 1 or list 2?” in the Context test) were presented, followed by a message asking for a Remember/Familiar/Guess judgment on the list-discrimination response.

Additionally, an updating task was administered. This task, adapted from Morris and Jones (1990; Van der Linden, Brédart, & Beerten, 1994), provides a measure of working-memory capacities. In this task, the participants watched strings of 6, 8, 10 or 12 consonants and then had to recall serially the last 6 letters. They did not know in advance what would be the length of the sequence. There were four trials at each length. The measure was the total number of correctly



recalled items in each serial position for the lists of 8, 10 and 12 letters, that is the lists that required updating operations.

Furthermore, a measure of speed of processing was obtained by means of a letter comparison task constructed after Salthouse and Babcock (1991). Pairs of consonants appeared on the screen. The participants had to indicate as quickly as possible whether the two letters were identical or different. Mean reaction time for correct "identical" responses was taken as the measure of speed.

The session on Day 1 began with the administration of the Mattis Scale to the older participants and the questionnaire on past and current health status and perceptual disorders. Then, the participants performed the updating task. This was followed by the presentation of the first list of 42 pictures in one of the context (room 1 or 2). Finally, the participants were administered the Mill Hill vocabulary test. The session on Day 2 began with the presentation of the second list of pictures in one context and of the third list in the other context. Then, when the participants had moved to the third room, they performed the letter comparison task and, finally, the two list discrimination tests. The Mattis Scale, the questionnaire, the updating task and the Mill Hill vocabulary test were always administered in the third room, which was used for the test phase of the list discrimination task.

## RESULTS

Due to a technical problem during the administration of the Context test, the data of one young participant were discarded. In addition, as young and older groups differed in terms of number of years of education, the latter was introduced as a covariant in all the analyses. The two age groups also differed in terms of reported subjective health, but when this variable was introduced as a covariate, the results remained the same.

### Recognition memory

The mean proportions (and standard deviations) of "yes" responses to target pictures (hits) and distractor pictures (false alarms) of each age group in the Day test and the Context test are presented in Table 2. These two scores were

submitted to an analysis of variance (ANOVA) with Age Group (young versus older) as between-subject variable and Task (Context test versus Day test) as repeated measure. Regarding the hit rates, there was a main effect of Age group,  $F(1, 92) = 5.76$ ,  $p < 0.05$ , indicating that the young participants ( $M = 0.93$ ) recognized more target pictures than the older participants ( $M = 0.89$ ). There was no effect of the Task,  $F(1, 93) = 2.09$ ,  $p > 0.15$ , and no interaction,  $F(1, 93) = 0.45$ ,  $p > 0.50$ . Concerning the false alarms, older participants falsely recognized distractor items more often than did the young participants,  $F(1, 92) = 24.70$ ,  $p < 0.01$ . There were also more false alarms in the Day test than in the Context test,  $F(1, 93) = 24.56$ ,  $p < 0.01$ . The interaction approached significance,  $F(1, 93) = 3.28$ ,  $p < 0.07$ .

Table 2. Mean Proportions (and Standard Deviations) of Remember (R), Familiar (F) and Guess (G) Responses to Targets and Distractors in the Context Test and the Day Test as a Function of Age Group

| Task         | Group | Targets        |                |                |                | Distractors    |                 |                |                |
|--------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
|              |       | total          | R              | F              | G              | total          | R               | F              | G              |
| Context test | Young | 0.94<br>(0.06) | 0.54<br>(0.20) | 0.38<br>(0.21) | 0.02<br>(0.03) | 0.04<br>(0.06) | 0.003<br>(0.01) | 0.01<br>(0.01) | 0.03<br>(0.05) |
|              | Old   | 0.89<br>(0.09) | 0.33<br>(0.21) | 0.53<br>(0.21) | 0.03<br>(0.03) | 0.10<br>(0.10) | 0.02<br>(0.05)  | 0.03<br>(0.04) | 0.05<br>(0.08) |
| Day test     | Young | 0.93<br>(0.05) | 0.34<br>(0.21) | 0.55<br>(0.23) | 0.04<br>(0.03) | 0.07<br>(0.06) | 0.002<br>(0.01) | 0.01<br>(0.02) | 0.06<br>(0.05) |
|              | Old   | 0.89<br>(0.07) | 0.22<br>(0.18) | 0.60<br>(0.20) | 0.06<br>(0.04) | 0.17<br>(0.11) | 0.01<br>(0.03)  | 0.05<br>(0.05) | 0.11<br>(0.08) |

Global recognition accuracy and response bias were measured by the Signal Detection measures, the  $d'$  score and the criterion  $c$  (Macmillan & Creelman, 1991). An ANOVA performed on  $d'$  scores indicated that recognition accuracy was higher in the young participants ( $M = 3.37$ ) than in the older participants ( $M = 2.59$ ),  $F(1, 92) = 35.86$ ,  $p < 0.01$ . Discrimination performance was also greater in the Context test ( $M = 3.22$ ) than in the Day test ( $M = 2.73$ ),  $F(1, 93) = 43.52$ ,  $p < 0.01$ .

The interaction was not significant,  $F(1, 93) = 00.01, p > 0.91$ . As for the criterion  $c$ , analyses revealed that young participants ( $M = 0.07$ ) had a more conservative response criterion than the older participants ( $M = -0.06$ ),  $F(1, 92) = 5.54, p < 0.05$ . The response bias also differed between the Context test ( $M = 0.06$ ) and the Day test ( $M = -0.06$ ),  $F(1, 93) = 11.64, p < 0.01$ . There was no interaction,  $F(1, 93) = 0.52, p > 0.47$ . Globally, the criterion  $c$  values were very close to 0, thus suggesting that the different proportions of old and new items in the recognition test did not produce a more liberal response bias.

Phenomenal characteristics of recognition memory were examined by looking at the Remember, Familiar and Guess responses. The proportions of each type of response for targets and distractors are presented in Table 2. Around 38 % of the Guess responses were made to targets and 62 % to distractors, thus suggesting that this category succeeded in attracting very low confidence responses. Each type of response was submitted to an ANOVA with Age Group as a between-subject variable and Task as a within-subject variable. Concerning responses to the targets, the analysis of Remember responses indicated that young participants reported this type of response more often than older participants,  $F(1, 92) = 13.53, p < 0.01$ . Remember responses were also more frequent in the Context test than in the Day test,  $F(1, 93) = 89.94, p < 0.01$ . In addition, the significant interaction,  $F(1, 93) = 8.12, p < 0.01$ , suggested that the age differences on Remember responses were greater in the Context test ( $F(1, 92) = 18.23, p < .01$ ) than in the Day test ( $F(1, 92) = 5.86, p < .05$ ).

As for the Familiar responses, they were more frequent in older participants than in young participants,  $F(1, 92) = 5.73, p < 0.05$ . The effect of the task was significant,  $F(1, 93) = 45.84, p < 0.01$ , showing that Familiar responses were more often used in the Day test than in the Context test. Finally, there was a significant interaction,  $F(1, 93) = 7.13, p < 0.01$ . Planned comparisons showed that older participants reported more Familiar responses than young participants in the Context test ( $F(1, 92) = 10.27, p < 0.01$ ), but not in the Day test ( $F(1, 92) = 1.37, p > 0.24$ ). Jacoby, Yonelinas and Jennings (1997) have suggested that if recollection and familiarity are independent, the contribution of familiarity to recognition is underestimated by the proportion of Know (here, Familiar) responses. When familiarity was measured by the Independent Remember/Know (IRK) procedure (Familiarity = proportion of Know responses/ 1 – proportion of Remember

responses, Jacoby et al., 1997), the analyses did not reveal any significant effect (effect of Age group,  $F(1, 92) = 0.22, p > 0.63$ ; effect of Task,  $F(1, 93) = 0.32, p > 0.57$ ; interaction,  $F(1, 93) = 0.38, p > 0.53$ ).

Finally, the analysis of the Guess responses given to targets revealed that these responses were more often used by the older participants than by the young group,  $F(1, 92) = 4.44, p < 0.05$ . There was a main effect of Task, indicating that guesses were more frequent in the Day test than in the Context test,  $F(1, 93) = 54.85, p < 0.01$ . There was no interaction,  $F(1, 93) = 1.06, p > 0.30$ .

Concerning the distractors, they were falsely recognized and classified as Remember responses in less than 2 % of the trials. The ANOVA did not reveal any significant effect. The analysis of Familiar responses to distractors showed that they were more frequent in older participants than young participants,  $F(1, 92) = 19.75, p < 0.01$ . There were also more Familiar responses to distractors in the Day test than in the Context test,  $F(1, 93) = 6.68, p < 0.05$ . The interaction was not significant,  $F(1, 93) = 1.88, p > 0.17$  (similar effects were found when the IRK procedure was applied to Familiar responses). Finally, older participants gave more Guess responses to distractors than young participants,  $F(1, 92) = 10.50, p < 0.01$ . These responses were also more frequent in the Day test than in the Context test,  $F(1, 93) = 29.58, p < 0.01$ . The interaction did not reach significance,  $F(1, 93) = 3.51, p > 0.06$ .

### List discrimination

Mean proportions of correct discrimination (and standard deviations) for each group in the Context test and in the Day test are reported in Table 3. An ANOVA with Age Group as a between-subject variable and Task as a within-subject variable was performed on these scores. The results indicated a main effect of Age Group,  $F(1, 92) = 72.97, p < 0.01$ , where young participants remembered correctly the list of occurrence of the recognized pictures more often than older participants. There was also a main effect of Task,  $F(1, 93) = 19.06, p < 0.01$ . List discrimination performance was better in the Day test than in the Context test. The interaction was significant,  $F(1, 93) = 16.10, p < 0.01$ . Planned comparisons indicated that age-related differences were present in both tasks (Day test:  $F(1, 92) = 14.77, p < 0.01$ , Context test:  $F(1, 92) = 81.81, p < .01$ ). But, while young participants had

similar performance in the Context test and in the Day test [ $F(1, 93) = 0.06, p > 0.80$ ], older participants performed significantly better in the Day test than in the Context test [ $F(1, 93) = 35.46, p < 0.01$ ].

When list discrimination performance was measured by a corrected score, which takes into account the probability of obtaining a given score by chance<sup>1</sup> (score  $z$ , Hunkin, Parkin, & Longmore, 1994), the results of the analyses were identical to those reported for the proportions of correct discrimination.

Table 3. Proportion of Correct Discrimination as a Function of the Type of Responses Reported by Young and Older Groups (Remember/location-based Processes, Familiar/distance-based Processes or Guess) in the Context Test and in the Day Test

| Proportion of Correct Discrimination |       |                |                                   |                                   |                |
|--------------------------------------|-------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Task                                 | Group | Total          | Remember/location-based processes | Familiar/distance-based processes | Guess          |
| Context test                         | Young | 0.83<br>(0.06) | 0.50 (0.22)                       | 0.24 (0.17)                       | 0.09<br>(0.07) |
|                                      | Old   | 0.67<br>(0.10) | 0.27 (0.21)                       | 0.25 (0.15)                       | 0.15<br>(0.07) |
| Day test                             | Young | 0.84<br>(0.07) | 0.03 (0.03)                       | 0.70 (0.11)                       | 0.11<br>(0.06) |
|                                      | Old   | 0.76<br>(0.09) | 0.01 (0.02)                       | 0.61 (0.09)                       | 0.14<br>(0.06) |

Examination of the Remember, Familiar and Guess responses indicated which processes the participants used to retrieve the list of occurrence of the pictures. The verbal justifications revealed that Remember responses corresponded to

<sup>1</sup> Z-score formula:  $z = (r - x)/SD$ , where  $r$  = number discriminated correctly,  $n$  = number recognized,  $p$  = probability of discriminating a recognized item correctly by chance,  $q = (1 - p)$ ,  $x = n.p$ , and  $SD$  = square root of  $(n.p.q)$ .

processes which can be classified as location-based processes. Indeed, the majority of the responses were described as the utilization of an element of the context to infer the list of appearance of the picture by reference to temporal patterns. In the Context test, for 91 % of the responses, the participants recollected the type of judgment they made at encoding to retrieve the list of occurrence (e.g. "I said it was pleasant, so it was in list 1"). The next most frequent justifications were references to an element of the room where the subjects were (3 %, "I remember that when I saw this picture, I looked back and saw the piano"), retrieval of the position of the item in the list (3 %, "it was one of the last pictures I saw today") and recollection of the color of the background (1 %, "I remember that the lemon, which is usually yellow, was on the red background"). In the Day test, the most frequent responses were remembering the position in the list (62 %) and an association with something the person did on the day of the presentation (27.5 %, "I know I have seen this fruit yesterday, because I ate one yesterday"). By contrast, Familiar responses were given for list discrimination based on distance-based processes. Indeed, almost all the responses (97 %) were justified as evaluating whether the picture was seen a long time ago or recently. Exceptionally (2.6 % of the responses), participants justified a Familiar response as "I just know it was this list". Thus, in the remainder of the paper, we will speak of Remember responses/location-based processes and Familiar responses/distance-based processes in list discrimination, although the equivalence between Remember and Familiar responses on one hand and location-based and distance-based processes on the other hand may not be perfect.

The proportions of each response type are reported in Table 3. Each of them was submitted to a 2 (Age group) by 2 (Task) ANOVA, with Age Group being a between-subject variable and Task a repeated measure. First, young participants reported using more Remember responses/location-based processes when discriminating the list than older participants,  $F(1, 92) = 24.15, p < 0.01$ . Remember responses/location-based processes were also more frequent in the Context test than in the Day test,  $F(1, 93) = 283.72, p < 0.01$ . In addition, the interaction was significant,  $F(1, 93) = 25.74, p < 0.01$ . Examination of the scores suggested that the age effect on the use of Remember responses/location-based processes was greater in the Context test than in the Day test, although the age differences were significant in the two tasks (Day test,  $F(1, 92) = 5.45, p < 0.05$ ; Context test,  $F(1, 92) = 22.32, p < 0.01$ ). It should be noted that, for both groups, the proportion of

Remember responses/location-based processes were close to floor in the Day test. Second, concerning the Familiar responses/distance-based processes in list discrimination, the main effect of Age group was significant,  $F(1, 92) = 4.40, p < 0.05$ . In addition, Familiar responses/distance-based processes were more frequent in the Day test than in the Context test,  $F(1, 93) = 4720.02, p < 0.01$ . The Age Group by Task interaction was also significant,  $F(1, 93) = 6.48, p < 0.05$ . This was due to the fact that young and older participants used Familiar responses/distance-based processes equally often in the Context test [ $F(1, 92) = 0.10, p > 0.75$ ], whereas older participants reported less use of Familiar responses/distance-based processes in the Day test than young participants [ $F(1, 92) = 13.94, p < 0.01$ ].

Finally, the analysis of Guess responses indicated that older participants picked up the list of occurrence of the pictures by chance more often than did the young participants,  $F(1, 92) = 15.42, p < 0.01$ . There was no main effect of Task,  $F(1, 93) = 0.39, p > 0.53$ , but the interaction was significant,  $F(1, 93) = 6.03, p < 0.05$ . Planned comparisons showed that older participants did not significantly differ in the proportion of Guess response in the two tests ( $p > 0.19$ ), whereas the young group guessed more often in the Day test than in the Context test ( $p < 0.05$ ).

### **Subgroups matched on item recognition memory**

In order to examine whether the age-related decline on memory for temporal context was disproportionate compared to item memory, a median split procedure was used to compare subgroups of young and older participants matched on item recognition performance, as measured by  $d'$  scores. The 24 young adults with the lowest  $d'$  scores and the 24 older adults with the highest  $d'$  scores were included in these subgroups. A comparison of their  $d'$  scores in both tasks indicated that they were properly matched (Context test, young:  $M = 3.15$ , old:  $M = 3.47$ ; Day test, young:  $M = 2.81$ , old:  $M = 2.72$ ;  $F(1, 46) = 0.97, p > 0.32$ ). In addition, these subgroups did not significantly differ in terms of years of education,  $t(46) = -1.90, p > 0.06$ .

The analysis of list discrimination performance (proportions of correct discriminations) showed the same results as previously reported. Indeed, a main effect of Age Group [ $F(1, 46) = 27.76, p < 0.01$ ] and a main effect of Task [ $F(1, 46)$

= 18.04,  $p < 0.01$ ] appeared. In addition, the significant interaction [ $F(1, 46) = 10.00$ ,  $p < 0.01$ ] showed that the age difference was significant on performance in the Context test ( $p < 0.01$ ), but not in the Day test ( $p > 0.08$ ). Moreover, although young participants performed in the same way in both tasks ( $p > 0.44$ ), older adults retrieved the correct list of appearance of the pictures more often in the Day test than in the Context test ( $p < 0.01$ ).

As for Remember responses/location-based processes, they were more frequent in young participants than in older participants,  $F(1, 46) = 10.31$ ,  $p < 0.01$ . These processes were also used more often in the Context test than in the Day test,  $F(1, 46) = 132.80$ ,  $p < 0.01$ . In addition, the significant interaction [ $F(1, 46) = 7.34$ ,  $p < 0.01$ ] revealed that the age-related decline of Remember responses/location-based processes was greater in the Context test than in the Day test. Regarding Familiar responses/distance-based processes, the age-related difference did not reach significance,  $F(1, 46) = 3.76$ ,  $p > 0.05$ . Moreover, these processes were used more often in the Day test than in the Context test,  $F(1, 46) = 222.39$ ,  $p < 0.01$ . There was no interaction,  $F(1, 46) = 0.04$ ,  $p > 0.83$ . Finally, Guess responses during list discrimination were more frequent in older participants than in younger participants,  $F(1, 46) = 16.32$ ,  $p < 0.01$ . In addition, whereas older participants did not differ in how often they guessed in the two tasks ( $p > 0.10$ ), the young group reported more guesses in the Day test than in the Context test ( $p < 0.05$ ).

It should be noted that, in the above analysis, half of the results were dropped. Another way to control for recognition differences in the analysis of list discrimination performance consists in including recognition accuracy ( $d'$  scores) as covariate in the ANOVA performed on all the data. When doing so, the results led to similar conclusions as the median split procedure, with two exceptions: there was a trend for age differences in the Day test, but the difference was not statistically significant ( $F(1, 91) = 3.54$ ,  $p > .06$ ) and there was no age difference in the use of Familiar responses/distance-based processes ( $F(1, 91) = 1.57$ ,  $p > .21$ ).



### **Analysis of the list discrimination performance as a function of the recognition processes**

An item-by-item analysis was conducted in order to examine the probability of correctly retrieving the list of occurrence of a picture based on location-based and distance-based processes given that the participants made Remember and Familiar recognition decisions to the targets. Concerning first the Remember responses to the targets, in the Context test, they were followed by correct list discrimination decisions based on Remember responses/location-based processes in 83 % of the trials in the young group and in 64 % of the trials in the older group (the age-related differences were significant,  $F(1, 92) = 22.32$ ,  $p < 0.01$ ) and Familiar responses/distance-based list discrimination were reported in only 10 % of the trials (young: 9 %; old: 11 %, there was no effect of Age Group,  $p > 0.21$ ). By contrast, in the Day test, Remember responses/location-based processes were used less often (young: 9 %; old: 6 %) after the participants made a Remember response to the targets (the effect of Age Group was significant,  $F(1, 92) = 5.44$ ,  $p < 0.05$ ). However, in this test, most of the correct list discrimination decisions were based on Familiar responses/distance-based processes after Remember responses to the targets (young: 77 % and old: 67 %, the age differences being significant,  $p < 0.05$ ).

Second, when the recognition of the targets was based on familiarity, participants never reported Remember responses/location-based processes when attributing this familiar item to the correct list. Instead, they used primarily Familiar responses/distance-based processes to correctly retrieve the list, especially in the Day test (Day test, 65 % and Context test: 41 %,  $F(1, 93) = 193.43$ ,  $p < 0.01$ ) and there were no age-related differences,  $F(1, 92) = 0.09$ ,  $p > 0.76$ . As for list discrimination made using Guess responses, they were reported after Familiar responses to the targets in 21 % of the trials in the Context test and 11 % of the trials in the Day test,  $F(1, 93) = 21.65$ ,  $p < 0.01$ . In addition, they were more frequent in older participants than in young participants in the Context test ( $p < 0.01$ ), but not in the Day test ( $p > 0.06$ ).

### Additional measures

The mean scores (and standard deviations) obtained by young and older participants in the updating task, and the letter comparison task are reported in Table 4. Performance on these tests was submitted to an ANOVA with Age Group as a between-subject variable and years of education as a covariant. In the updating task, young participants performed better than older participants,  $F(1, 92) = 53.52, p < 0.01$ . Finally, in the letter comparison task, older participants were significantly slower than young participants,  $F(1, 92) = 68.38, p < 0.01$ . Table 5 shows the Pearson correlations between age, speed of processing, the working memory measure, recollective experience in the Day and the Context test and list discrimination performance in the Day and the Context test. All the correlations were significant, except the correlation between recollective experience in the Context test and list discrimination performance in the Day test ( $p > .12$ ).

Table 4. Performance of Young and Older Participants on the Working Memory measure and on the Speed of Processing Measure

|  | Young        | Old            |
|--|--------------|----------------|
| Updating task  |              |                |
| Total number of correctly recalled letters (max. = 72) | 42.85 (8.73) | 30.19 (7.07)** |
| Letter comparison task                                 |              |                |
| Mean reaction time (in ms)                             | 662 (132)    | 1004 (219)**   |

Note. \*\*  $p < .01$

Table 5. Correlations between Age, Speed of Processing, the Working Memory Measure, Recollective Experience in the Day and the Context Test and List Discrimination Performance in the Day and the Context Test

| Variable                            | 1      | 2      | 3     | 4     | 5     | 6     | 7 |
|-------------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---|
| 1. Age                              | –      |        |       |       |       |       |   |
| 2. Speed of processing              | .72**  | –      |       |       |       |       |   |
| 3. Working memory                   | -.64** | -.57** | –     |       |       |       |   |
| 4. Remember responses/Day test      | -.32** | -.33** | .20*  | –     |       |       |   |
| 5. Remember responses/Context test  | -.50** | -.46** | .34** | .71** | –     |       |   |
| 6. List discrimination/Day test     | -.44** | -.34** | .36** | .26*  | .16   | –     |   |
| 7. List discrimination/Context test | -.74** | -.64** | .54** | .40** | .63** | .41** | – |

Note. \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ .

### Hierarchical Multiple Regression analysis

*Recollective experience in recognition memory.* In order to determine whether age-related differences in processing speed or working memory abilities mediate age-related changes in recollective experience, hierarchical multiple regression analyses were conducted. Table 6 and Table 7 present the results for Remember responses to targets in the Day test and the Context test respectively. The amount of variance predicted by age after inclusion of mediating variables was calculated for each equation. It was given by the difference between the amount of age-related variance in Remember performance before and after entering the mediating variables, divided by the amount of age-related variance before the mediators had

been entered, multiplied by 100. The first equation of Table 6 shows that age predicted 10 % of the variance in Remember responses in the Day test (this represents 100 % of the age-related variance). Equation 2 shows that processing speed accounted for 11 % of the variance in Remember responses and for 85.6 % of the age-related variance. Working memory (as measured by the updating task) predicted 4 % of the variance in Remember responses and 40 % of the age-related variance. However, when processing speed was entered first, neither working memory nor age any longer predicted Remember responses (equation 4). By contrast, after entering working memory, processing speed still accounted for around 7 % of the variance in Remember responses (equation 5). The results for Remember responses in the Context test were broadly the same, except that age continued to predict 5 % of the variance in performance after controlling processing speed and working memory (equations 4 and 5, Table 7).

Table 6. Hierarchical Multiple Regression Analysis Predicting Remember Responses to Targets in the Day Test from Age, Processing Speed and Working Memory Abilities (Updating Performance)

|                  | $R^2$ | $R^2$ change | $p$    | % ARV |
|------------------|-------|--------------|--------|-------|
| 1                |       |              |        |       |
| Age              | 0.104 | 0.104        | < 0.01 | 100   |
| 2                |       |              |        |       |
| Processing speed | 0.110 | 0.110        | < 0.01 |       |
| Age              | 0.125 | 0.015        | n.s.   | 85.58 |
| 3                |       |              |        |       |
| Working memory   | 0.042 | 0.042        | < 0.05 |       |
| Age              | 0.104 | 0.062        | < 0.05 | 40.38 |
| 4                |       |              |        |       |
| Processing speed | 0.110 | 0.110        | < 0.01 |       |
| Working memory   | 0.111 | 0.001        | n.s.   |       |
| Age              | 0.126 | 0.015        | n.s.   | 85.58 |
| 5                |       |              |        |       |
| Working memory   | 0.042 | 0.042        | < 0.05 |       |
| Processing speed | 0.111 | 0.069        | < 0.01 |       |
| Age              | 0.126 | 0.015        | n.s.   | 85.58 |

Note. ARV = age-related variance, n.s. = non significant

Table 7. Hierarchical Multiple Regression Analysis Predicting Remember Responses to Targets in the Context Test from Age, Processing Speed and Working Memory Abilities (Updating Performance)

|                  | $R^2$ | $R^2$ change | $p$     | % ARV |
|------------------|-------|--------------|---------|-------|
| 1                |       |              |         |       |
| Age              | 0.251 | 0.251        | < 0.001 | 100   |
| 2                |       |              |         |       |
| Processing speed | 0.212 | 0.212        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.272 | 0.060        | < 0.01  | 76.11 |
| 3                |       |              |         |       |
| Working memory   | 0.119 | 0.119        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.252 | 0.133        | < 0.001 | 47.05 |
| 4                |       |              |         |       |
| Processing speed | 0.212 | 0.212        | < 0.001 |       |
| Working memory   | 0.222 | 0.010        | n.s.    |       |
| Age              | 0.272 | 0.050        | < 0.05  | 80.09 |
| 5                |       |              |         |       |
| Working memory   | 0.119 | 0.119        | < 0.001 |       |
| Processing speed | 0.222 | 0.103        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.272 | 0.050        | < 0.05  | 80.09 |

Note. ARV = age-related variance, n.s. = non significant

*List discrimination.* Hierarchical multiple regression analyses were also used to determine the extent to which processing speed and working memory predicted variance and age-related variance in list discrimination in the Day test (Table 8) and in the Context test (Table 9).

In the Day test, age accounted for 19 % of the variance in list discrimination performance. Processing speed and working memory predicted respectively 11 % and 13 % of the variance in list discrimination performance and respectively 59.7 % and 62.8 % of age-related variance (equations 2 and 3). Equation 4 shows that, after processing speed had been factored out, working memory added a significant 4 % to the variance in list discrimination performance, and both variables accounted for 76 % of age-related variance. After entering working memory, processing speed no longer predicted list discrimination performance (equation 5). The effect of age remained significant after working memory and/or processing speed were factored out.

In the Context test (Table 9), age predicted 55 % of the variance in list discrimination performance. When introduced separately, processing speed and working memory predicted respectively 41 % and 29 % of the variance in list discrimination performance (equations 2 and 3). Equation 4 shows that, after controlling processing speed, working memory accounted for 4 % of the variance in list discrimination performance and age still predicted 12 % of the variance. Both processing speed and working memory accounted for 77.7 % of the age-related variance. Finally, equation 5 indicated that, after entering working memory, processing speed added 16 % to the variance in list discrimination performance. Nonetheless, age still predicted 12 % of the variance in list discrimination performance after controlling for working memory and processing speed.

Table 8. Hierarchical Multiple Regression Analysis Predicting List Discrimination Performance in the Day Test from Age, Processing Speed and Working Memory Abilities (Updating Performance)

|                  | $R^2$ | $R^2$ change | $p$     | % ARV |
|------------------|-------|--------------|---------|-------|
| 1                |       |              |         |       |
| Age              | 0.191 | 0.191        | < 0.001 | 100   |
| 2                |       |              |         |       |
| Processing speed | 0.116 | 0.116        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.193 | 0.077        | < 0.01  | 59.68 |
| 3                |       |              |         |       |
| Working memory   | 0.132 | 0.132        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.203 | 0.071        | < 0.01  | 62.83 |
| 4                |       |              |         |       |
| Processing speed | 0.116 | 0.116        | < 0.001 |       |
| Working memory   | 0.158 | 0.042        | < 0.05  |       |
| Age              | 0.203 | 0.045        | < 0.05  | 76.44 |
| 5                |       |              |         |       |
| Working memory   | 0.132 | 0.132        | < 0.001 |       |
| Processing speed | 0.158 | 0.026        | n.s.    |       |
| Age              | 0.203 | 0.045        | < 0.05  | 76.44 |

Note. ARV = age-related variance, n.s. = non significant



Table 9. Hierarchical Multiple Regression Analysis Predicting List Discrimination Performance in the Context Test from Age, Processing Speed and Working Memory Abilities (Updating Performance)

|                  | $R^2$ | $R^2$ change | $p$     | % ARV |
|------------------|-------|--------------|---------|-------|
| 1                |       |              |         |       |
| Age              | 0.552 | 0.552        | < 0.001 | 100   |
| 2                |       |              |         |       |
| Processing speed | 0.411 | 0.411        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.575 | 0.164        | < 0.001 | 70.29 |
| 3                |       |              |         |       |
| Working memory   | 0.292 | 0.292        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.559 | 0.267        | < 0.001 | 51.63 |
| 4                |       |              |         |       |
| Processing speed | 0.411 | 0.411        | < 0.001 |       |
| Working memory   | 0.455 | 0.044        | < 0.01  |       |
| Age              | 0.578 | 0.123        | < 0.001 | 77.72 |
| 5                |       |              |         |       |
| Working memory   | 0.292 | 0.292        | < 0.001 |       |
| Processing speed | 0.455 | 0.163        | < 0.001 |       |
| Age              | 0.578 | 0.123        | < 0.001 | 77.72 |

Note. ARV = age-related variance

## DISCUSSION

The present experiment explored the effects of aging on tasks designed to separate the contribution of location-based and distance-based processes in memory of the times of events. In order to have a direct estimation of the processes used by the participants, the Remember/Know/Guess procedure was adapted and used for both item recognition and temporal memory. We will consider in turn the results concerning item memory, memory for the list of occurrence and finally the relationships between them.

### *Item memory*

Regarding recognition memory, the main findings were that recognition of the pictures appears to be less good in older participants than in young participants and was also poorer in the Day test than in the Context test. Age differences in recognition of the pictures were mainly due to a decrease in recollection in the older group. By contrast, Familiar responses were more often reported by older participants (at least, in the Context test). When the contribution of familiarity was estimated following the independence assumption (Jacoby et al., 1997), it appeared that familiarity was not affected by aging. These results are consistent with the findings of previous studies which have examined the effects of aging on recollection and familiarity (Bastin & Van der Linden, 2003; Mäntylä, 1993; Parkin & Walter, 1992; Perfect, Williams, & Anderton-Brown, 1995; Perfect & Dasgupta, 1997).

Moreover, the mediators of the age effect on recollective experience were examined. Some previous studies (Parkin & Walter, 1992) found significant relationships between a diminution of Remember responses and poorer performance on executive measures in a group of older participants, but others did not (Perfect et al., 1995; Perfect & Dasgupta, 1997). More recently, Clarys, Isingrini and Gana (2002) showed that age-related changes in recollection were mediated by a slower processing speed, combined with limited working-memory capacities. In the present study, processing speed was the best predictor of age-related variance in recollective experience. When processing speed was controlled, working memory no longer predicted the proportion of Remember responses to targets. These findings are consistent with studies that showed that speed of

information processing is a fundamental predictor of age-related differences in episodic memory (Bryan & Luszcz, 1996; Park et al., 1996; Salthouse, 1996). The present results are also consistent with Clarys et al.'s (2002) study, which showed that speed of processing was the most important predictor of recollective experience with increasing age. Actually, in their study using a covariance structural modeling, processing speed mediated age-related differences in working memory, which in turn predicts Remember responses. Here, a reduction of processing speed may have prevented older participants from elaborately encoding the pictures, thus leading to an impoverished basis for later recollection (Perfect & Dasgupta, 1997; Salthouse, 1994) and/or may have hindered strategic retrieval processes, which are important for recollection (Bryan & Luszcz, 2000).

Another aspect of the recognition data which deserves comment is the fact that both groups discriminated better between targets and distractors in the Context test than in the Day test. More specifically, recognition memory was based more on recollection in the Context test than in the Day test, whereas familiarity was more often used in the Day test than in the Context test (or as often in both tests when familiarity was assessed by the Independence Remember/Know procedure). Guess responses were also more frequent in the Day test than in the Context test. All these findings may be due to differences in the length of the study-test delay. Both tests had in common the fact that half of the target items came from the first list studied on Day 2 (studied around 30-45 min before the test). In addition, in the Day test, the other half of the target items was studied 24 hours before the test. By contrast, in the Context test, the other targets were the most recently studied items (they were studied less than half an hour before the test). Gardiner and Java (1991) have shown that Remember responses decreased when the length of the study interval increased from 10 minutes to 1 day, whereas Know responses remained unchanged. An analysis of recollective and familiar experience (responses to targets) as a function of the study list partly confirmed this interpretation. Indeed, Remember responses decreased from the 24-h delay to the 30-45-min delay and from this one to the less-than-30-min delay,  $F(3, 279) = 75.20, p < 0.01$ . As for Familiar responses, they did not change from the 24-h delay to the 30-45-min delay in the young group,  $F(1, 93) = 0.88, p > 0.34$ , but increased significantly between these two intervals in the older group,  $F(1, 93) = 12.61, p < 0.01$ . By contrast, Familiar responses decreased in both groups between the 30-45-min delay and the shortest delay ( $ps < 0.05$ ). Finally, in both groups, Guess

responses were more frequent for items studied 24 hours ago than for the two shortest intervals, which did not differ from each other,  $F(3, 279) = 50.51, p < 0.01$ .

One could expect that items presented in the first list of Day 2 (30-45-min delay) give rise to similar proportions of Remember and Familiar responses whether they were tested in the Day test or the Context test. However, the young group gave more Remember responses when items from this list were tested in the Context task than in the Day task,  $F(1, 93) = 11.29, p < 0.01$ . In contrast, in the older group, Remember responses did not differ between the two test,  $F(1, 93) = 1.60, p > 0.20$ . Moreover, in both groups, the proportion of Familiar responses was higher when the items studied in the first list of Day 2 were tested in the Day task than in the Context task ( $ps < 0.01$ ). As for Guess responses, these did not vary between the Day test and the Context test for items studied 30-45 min earlier,  $F(1, 93) = 0.37, p > 0.54$ . This suggests that, in addition to the length of the interval, another factor may have contributed to produce different patterns of Remember, Familiar and Guess responses between both tasks. It may be that participants tended to base both the recognition and list discrimination decisions on similar or different information, depending on which types of information they found the most useful for the list discrimination part. For example, in the Context task, recollection of contextual information may have been often used to retrieve the list of occurrence, and thus to recognize the pictures themselves. In other words, while making the recognition decisions, the participants may have anticipated what information should be useful for the list discrimination task and decided to rely on this one, even if other processes were available<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> It should be noted that the study environment B and the test environment had in common the use of a portable computer. Therefore, it may be that the items which have been studied on a portable computer were more easily remembered during the test than the others because of the congruence of context between study and test. However, there were also many differences between the two contexts, including the room and the color of the background screen. This may have reduced the impact of the use of portable computer in both the study environment B and the test environment.

*List discrimination*<sup>3</sup>

It appears that the contribution of location-based and distance-based processes to list discrimination performance can be measured by adapting the Remember/Know/Guess instructions, as indicated by the analysis of the verbal justifications provided for the different types of responses. In addition, the present experiment provides additional support for the validity of the method developed by Curran and Friedman (2003) for dissociating both types of processes. Indeed, participants reported that they used location-based processes more often in the Context test than in the Day test, whereas they used distance-based processes more frequently in the Day test compared to the Context test.

As shown by previous studies (McCormack, 1984; Parkin et al., 1995; Wegesin et al., 2000), older participants remembered the list of occurrence of the pictures less well than did young participants. More importantly, these age differences were greater in the Context test than in the Day test. Indeed, older participants performed significantly better in the Day test than in the Context test, whereas young participants showed similar levels of accuracy in both tests. Therefore, the results suggest that aging adversely affects list discrimination depending on location-based processes more than list discrimination based on the estimation of the age of the memories. This interpretation is supported by the subjective reports of the participants. In the Context test, older participants reported using location-based processes less often than the young participants, but both groups reported using distance-based processes to the same extent in this task. Thus, age-related differences on list discrimination performance in the Context test may be due to a decrease in the use of location-based processes with age. Further, in the Day test, it seems that a diminution of both location-based and distance-based processes contributed to the effects of age on list discrimination performance. Indeed, older participants reported significantly less location-based and distance-based responses than did the young participants, although not too much weight should be placed on the results for location-based responses because of the floor effect observed for these responses. Nonetheless, older participants still performed

---

<sup>3</sup> List discrimination performance was analyzed when considering the items from all the lists. It could be argued that the differences in the length of retention interval between the Context test and the Day test may have confounded in the list discrimination results. Nonetheless, when the analyses were performed on items from the first list presented on Day 2 only, similar conclusions were reached.

better in the Day test than the Context test. This may be due to the fact that most of their responses relied on distance-based processes. These processes seem appropriate for relatively good discrimination, as suggested by the observation that most responses of the young participants were also distance-based.

The paradigms traditionally used to evaluate memory for temporal context, including list discrimination and recency judgments, probably require a mixture of location-based and distance-based processes. However, as laboratory experiments often run over a relatively short period of time (usually less than one hour), it may be that distance-based processes are difficult to use and that performance of young participants mostly depends on location-based processes. Therefore, it may be that the age differences observed in previous experiments (Fabiani & Friedman, 1997; Newman et al., 2001; Parkin et al., 1995; Wegesin et al., 2000) reflect age-related decline of location-based processes.

Moreover, the present findings showed that distance-based processes can also be affected by aging, even though to a lesser extent than location-based processes. In order to understand how aging could affect distance-based processes, it is important to consider what these processes are. According to the strength theory (Hinrichs, 1970), the amount of time elapsed since the occurrence of an event can be assessed from the strength of the memory trace. Alternatively, the age of the memories could be evaluated on the basis of the number of information that can be retrieved about the events (Brown, Rips and Shevell, 1985). In light of these theories, the effects of age on distance-based processes could be explained in two ways. First, it could be that both young and older participants used the same kind of processes, based either on the strength of the memory trace or on the number of recalled details about the item, and that this process is vulnerable to aging. Alternatively, older participants may use a different kind of distance-based processes than younger participants, a process that may be less efficient in allowing good list discrimination performance. Finally, the fact that the age differences on distance-based processes disappeared when recognition accuracy was controlled in the analysis could indicate that older participants' difficulty to judge on which day a picture occurred could be a consequence of poor memory for the pictures themselves. Further research is necessary in order to better understand the nature of distance-based processes and how they are affected by aging.

The hierarchical regression analyses provided some information regarding the mediators of age-related differences in list discrimination performance. Age-related differences in list discrimination performance in the Day test (presumably depending mostly on distance-based processes) were mediated by a decrease in working-memory abilities, as measured by the updating task, as well as by reduced speed of processing. Moreover, when working memory was controlled, speed of processing no longer predicted the list discrimination performance in the Day test. For the Context test (assumed to depend on location-based processes), a limitation of both working memory abilities and processing speed significantly contributed to age differences in list discrimination. It should also be noted that in neither cases was the age-related variance eliminated, thus suggesting that aging may have also affected specifically some processes important for retrieving the time when an event occurred.

As location-based and distance-based processes are not yet fully understood, the interpretations of the regression results, formulated hereafter, are only speculative. If indeed distance-based processes are relatively automatic compared to location-based processes, it could be surprising that these processes are vulnerable to the reduced working-memory resources in aging. However, this notion of relative automaticity should rather be understood in a sense similar to the heuristic source attribution mechanism described by Johnson, Hashtroudi and Lindsay (1993; see also Mitchell & Johnson, 2000). Heuristic processes involve schemata which compare rapidly and relatively non-deliberatively the information retrieved about a past event with some criterion and infer the origin of this information. Similarly, distance-based processes may involve some heuristic rapidly inferring the age of a memory from whatever information is contained in its trace. Thus, one could argue that this heuristic requires, even minimally, working memory to maintain the retrieved information while the attribution mechanism operates. Alternatively, it might be that limited working memory capacities prevented the older participants from elaborately encoding the pictures, leading to a memory trace too vague for allowing sufficiently precise estimation of its age.

As for age-related differences in location-based processes, they appeared to be partly mediated by processing speed and working memory. More specifically, processing speed seemed to predict more variance in location-based list discrimination performance than did working memory. The most obvious

characteristic of location-based processes is that they involve several complex operations during the attempt to retrieve when the event occurred (recollecting contextual information associated with the stimulus, establishing relations between these elements and some time pattern, inferring when the stimulus occurred and evaluating the products of the reconstruction). Therefore, it is possible that, because of reduced speed of processing, the products of early processing are lost by the time the later processes are complete in older participants (Salthouse, 1996). The necessity to hold temporarily and manipulate the outputs of various cognitive operations could also expose location-based processes to the effects of limited working-memory capacities. Finally, it may also be that the limitations of processing speed and working memory with increasing age interfered with the binding of contextual information to the target event, thus reducing the available information for later reconstruction of the temporal context of the event.

*Disproportionate decline of memory for temporal context compared to item memory*

As item memory was poorer in the older group, we have examined whether the age-related decline of list discrimination performance was disproportionate compared to the decline of item memory, by comparing subgroups of young and older participants matched on item recognition performance and by controlling for recognition differences in the analysis of the list discrimination performance. The results showed that the decline associated with aging on memory for temporal context and the greater age differences in the Context test compared to the Day test should not be viewed as merely a consequence of poor item memory. This is consistent with previous studies (Fabiani & Friedman, 1997; Newman et al., 2001; Parkin et al., 1995; Spencer & Raz, 1995).

In addition, the item-by-item analysis showed that even when older adults recollected contextual information regarding the pictures, they used them to infer the list of occurrence less often than did young adults. This could reflect a specific difficulty engaging in strategic reconstructive processes, possibly as a consequence of limited speed of processing and working memory capacities. Alternatively, the type of contextual information that they recollected for some pictures may have been inefficient cues for retrieving the list. For example, recollection of associations made when viewing the pictures (e.g. thoughts unrelated to any temporal structure, like "It reminded me of my husband" for the



stimulus *shovel*) may not be useful for inferring whether the picture occurred in list 1 or 2.

Finally, the fact that familiarity-based recognition decisions were never followed by location-based processes could be interpreted as additional evidence for the idea that location-based processes require the availability of contextual details associated to the target item.

## CONCLUSIONS

The present findings showed that the age differences often found in memory for time could be mainly due to a difficulty using contextual information to infer when an event occurred by reference to some temporal patterns. The decrease of recollective experience during item recognition could indicate that this difficulty with location-based processes partly stems from a failure to remember the contextual information associated with the target item. However, the possibility that older participants were poorer at applying strategic reconstruction processes to available contextual information cannot be rejected. In addition, although the accuracy of distance-based processes was less affected by aging, they were less often used by older than young participants. In the future, a better understanding of the nature of distance-based processes should help clarifying how these processes are affected by aging. Furthermore, functional neuroimaging seems a promising way to identify the neural substrate of the processes underlying memory for the time of events, as well as to examine the neural correlates of age-related changes in this aspect of episodic memory.

## Appendix

### Instructions for Remember, Familiar and Guess responses in recognition memory

#### *Remember*

You remember that you have seen this picture before and you remember exactly in which context you have seen it. You can retrieve something that happened in the same time as the picture was presented or that you have noticed on the picture, a thought or a feeling you had when seeing this picture, etc. For example, you could remember that, when you saw the picture of a car, you thought that you should bring yours to the garage. Hence, I ask you to say “Remember” when you recognize the picture on the basis of the retrieval of a component of the encoding episode.

#### *Familiar*

I ask you to say “Familiar” if you recognize a picture but do not remember any particular aspect of the encoding episode. But, still, you are certain that you have seen the picture, because you have a feeling of familiarity.

#### *Guess*

You are not certain that you have seen this picture before because it is not really familiar and you do not remember anything about its encoding context. However, you are not sure either that you never saw it. In this case, you can indicate that you are guessing.

### Instructions for Remember, Familiar and Guess responses in the list discrimination task

#### *Remember*

You remember the list of occurrence of the picture because you remember in which context you have seen it or because you remember an event, a thought or a feeling that accompanied the appearance of the picture. For example, you could have seen the picture of the sun in the second list and have thought that it was sunny outside. So, when you see the picture of the sun in the test, you are certain that it was presented in the second list because you remember the sunny sky during this list, whereas it was cloudy during the presentation of the first list. Hence, I ask you to say “Remember” if you remember the list

because you retrieve a component of the encoding context.

*Familiar*

I ask you to say "Familiar" if you do not remember the list of occurrence of a picture on the basis of its encoding episode, but if you can say in which list this picture was presented because of its level of familiarity. For example, you have the impression that you saw it recently versus a long time ago.

*Guess*

You do not remember in which list the picture occur. You do not remember any event that was associated with this picture. As you must give a response, you can guess.

# **DISCUSSION GENERALE**

# Discussion générale

L'objectif général de notre travail de thèse est de contribuer à une meilleure compréhension des processus mis en jeu dans la mémoire épisodique ainsi que de leurs soubassements cérébraux. Plus spécifiquement, notre travail s'est focalisé sur deux questions. Tout d'abord, nous nous sommes intéressés à la contribution des processus de recollection et de familiarité dans la reconnaissance, en examinant d'une part la performance dans certaines tâches de reconnaissance lorsque la recollection ne peut plus être utilisée (**études 1, 2 et 3**) et d'autre part l'influence de lésions frontales sur les processus recrutés dans une tâche de reconnaissance (**étude 4**).

Ensuite, nous avons exploré les processus impliqués dans un aspect important de la mémoire épisodique, à savoir la mémoire du contexte temporel des événements, et cela en explorant la nature des difficultés rencontrées par les personnes âgées dans une tâche de mémoire pour l'information temporelle (**études 5 et 6**).

Avant d'examiner les implications théoriques de nos données, nous résumerons les principaux résultats des six études présentées dans notre travail de thèse.

En ce qui concerne l'exploration des processus de recollection et de familiarité, l'objectif de l'**étude 1** était d'examiner si le format du test de reconnaissance (oui/non ou à choix forcé) influence la contribution de la recollection et de la familiarité à la performance mnésique. En outre, nous avons exploré les effets du vieillissement, lequel affecte principalement la recollection et laisse la familiarité intacte, sur les performances de reconnaissance en fonction du format de la tâche. L'hypothèse était que, si les tâches de reconnaissance à choix forcé reposent principalement sur la familiarité alors que les tâches de reconnaissance oui/non recrutent davantage la recollection, les participants âgés, qui utilisent en priorité la familiarité, devraient obtenir de meilleures performances dans la tâche à choix forcé que dans la tâche oui/non. Dans cette étude, des personnes jeunes et âgées

ont réalisé deux tâches de reconnaissance de visages non familiers, l'une de type oui/non et l'autre à choix forcé. Lors de la phase de test, les participants devaient caractériser l'expérience subjective qui accompagnait la reconnaissance d'un item au moyen des jugements « je me souviens / je sais / je devine ». Les résultats ont montré que les participants avaient tendance à utiliser plus souvent la recollection dans la tâche oui/non que dans la tâche à choix forcé (mais cette différence n'était pas statistiquement significative). De plus, les processus de familiarité étaient plus souvent utilisés dans la tâche à choix forcé que dans la tâche oui/non, tout comme les réponses au hasard. Ainsi, il semble que le format de la tâche influence la contribution des processus de reconnaissance. Par ailleurs, les performances en reconnaissance des participants âgés étaient inférieures à celles des participants jeunes. Cette diminution des performances mnésiques liée au vieillissement était essentiellement due à une réduction de la recollection, les processus de familiarité restant intacts. Toutefois, les personnes âgées obtenaient des performances significativement meilleures dans la tâche à choix forcé que dans la tâche oui/non, et ce en accord avec les données suggérant que les tâches à choix forcé reposent davantage sur la familiarité.

L'**étude 2** avait pour but de tester l'hypothèse selon laquelle la recollection serait indispensable pour réussir une tâche de reconnaissance oui/non dans laquelle les items distracteurs ressemblent très fort aux items-cibles, mais que la familiarité serait une base suffisante pour réussir une tâche de reconnaissance à choix forcé incluant des distracteurs similaires aux items-cibles, ainsi que pour réaliser efficacement des tâches de reconnaissance oui/non et à choix forcé dans lesquelles les distracteurs ne ressemblent pas aux cibles. Cette hypothèse constitue une des prédictions fortes du modèle de Norman et O'Reilly (2003). Afin de manipuler la similarité entre les items étudiés et les nouveaux items, nous avons utilisé un matériel composé de visages non familiers, dont les traits étaient mélangés à ceux d'un visage de base afin d'obtenir des degrés de ressemblance différents. Les paires de visages qui servaient de cibles et de distracteurs étaient soit assez différents les uns des autres (ils possédaient 20% de traits communs), soit très ressemblants (55% de traits communs).

Dans cette étude, nous avons testé la prédiction du modèle de Norman et O'Reilly (2003) de deux manières différentes. Premièrement, nous avons adopté la procédure de réponse sous contrainte temporelle chez des participants jeunes.

Etant donné que la recollection est un processus plus lent que la familiarité, le fait d'obliger les participants à répondre rapidement (par exemple, 750 ms après l'apparition de l'item de test) devrait rendre la recollection plus difficile, de sorte que les décisions de reconnaissance seraient principalement basées sur la familiarité. Nous avons examiné dans quelle mesure les performances diminuaient suite à cette manipulation par rapport à une condition où aucune contrainte temporelle lors de la réponse n'était imposée, et cela dans quatre tâches différentes, croisant le format du test (oui/non et à choix forcé) et le degré de similarité des distracteurs par rapport aux cibles (similaires versus dissimilaires). Dans la condition sans contrainte temporelle, les performances ont été appariées entre les quatre types de tâche, et ce en présentant la liste d'étude cinq fois dans les tâches utilisant des distracteurs similaires aux cibles et deux fois dans les tâches utilisant des distracteurs différents des cibles. Les résultats montrent tout d'abord que les temps de réponse étaient plus élevés dans les tâches à choix forcé que dans les tâches de type oui/non, indépendamment du degré de similarité entre les visages. De manière surprenante, cette différence de temps de réponse ne semblait pas être la conséquence d'une simple différence dans les temps d'analyse perceptive liée au nombre de visages à examiner. En effet, lorsque les temps de réponse étaient comparés dans des tâches de reconnaissance immédiate (dans lesquelles l'essai de test suivait immédiatement chaque présentation d'un item), le fait de décider lequel parmi deux visages venait d'être présenté ne prenait pas plus de temps que de décider si un visage était identique ou non à celui qui venait d'apparaître. Par ailleurs, lorsque les participants jeunes étaient obligés de répondre rapidement lors de la phase de reconnaissance, les résultats ont montré que les performances diminuaient un peu plus dans les tâches utilisant des distracteurs similaires aux cibles que dans les tâches utilisant des cibles et des distracteurs différents, mais que les performances restaient très bonnes et globalement équivalentes dans les quatre tâches. Ces résultats ne rencontrent donc pas la prédiction du modèle de Norman et O'Reilly (2003) selon laquelle le fait d'empêcher les participants d'utiliser la recollection devrait perturber de manière disproportionnée les performances dans la tâche de type oui/non utilisant des distracteurs similaires aux cibles.

Deuxièmement, nous avons testé la prédiction du modèle de Norman et O'Reilly en comparant les performances en reconnaissance de participants jeunes et âgés en fonction du format de la tâche de reconnaissance (oui/non et à choix

forcé) et du degré de similarité entre les cibles et les distracteurs. De plus, des jugements « je me souviens / je sais / je devine » étaient demandés pour chaque visage reconnu. Il est apparu que les participants âgés rapportaient moins de réponses « je me souviens » et plus de réponses « je sais » que les participants jeunes, et que leurs performances en reconnaissance étaient moins bonnes que celles des participants jeunes dans toutes les tâches (à l'exception de la tâche à choix forcé avec distracteurs similaires aux cibles). De plus, les différences liées à l'âge n'étaient pas plus importantes dans la tâche de type oui/non avec distracteurs similaires aux cibles que dans les autres tâches. Par ailleurs, tous les participants utilisaient la familiarité dans les tâches à choix forcé plus souvent que dans les tâches oui/non. En résumé, les résultats de l'étude 2 suggèrent qu'une difficulté à utiliser la recollection, que ce soit du fait d'une contrainte temporelle lors de la réponse ou du vieillissement, perturbe les performances en reconnaissance de manière globalement similaire, quel que soit le format du test et le degré de similarité entre les items cibles et les distracteurs. En outre, il apparaît que le recours privilégié aux processus de familiarité maintient les performances en reconnaissance à un niveau nettement supérieur au hasard dans toutes les tâches, ce qui suggère que l'efficacité des processus de familiarité n'est pas fortement influencée par le format du test et la similarité entre items-cibles et distracteurs. Dans l'ensemble, ces données ne s'accordent pas avec la prédiction tirée du modèle de Norman et O'Reilly (2003).

Dans l'**étude 3**, nous avons comparé les performances d'un patient amnésique en rappel libre et en reconnaissance. Ce patient, MR, avait souffert d'un empoisonnement au monoxyde de carbone et présentait une atrophie hippocampique bilatérale. Les deux premières expériences ont indiqué que les performances en rappel du patient MR étaient plus sévèrement altérées que ses performances en reconnaissance, pour un matériel verbal comme pour un matériel visuel. Ces résultats étaient observés alors que les tâches de rappel et de reconnaissance étaient de difficulté comparable, voire même, dans l'expérience 1, alors que les tâches de reconnaissance étaient un peu plus difficiles que les tâches de rappel. Dans la troisième expérience, le patient MR et un groupe de participants de contrôle ont réalisé les tâches de reconnaissance de visages de type oui/non et à choix forcé utilisées dans l'**étude 1**. Les performances du patient étaient préservées dans les deux tâches, avec un léger avantage pour la tâche à choix forcé. Enfin, dans une quatrième expérience, nous avons appliqué la



procédure de dissociation des processus afin d'examiner l'influence des processus automatiques (familiarité) et des processus contrôlés (recollection) sur les performances de MR en reconnaissance. Lorsque le taux de fausses reconnaissances était pris en compte dans l'estimation des processus (le patient ayant un taux de fausses reconnaissances plus élevé que les participants normaux), les résultats mettaient en évidence un trouble de la recollection et une préservation de la familiarité. D'une manière générale, ces données sont en accord avec les modèles de Aggleton et Brown (1999) et de Mishkin et al. (1998), selon lesquels la reconnaissance basée sur la familiarité pourrait être préservée chez certains patients amnésiques.

L'objectif de l'**étude 4** était d'évaluer l'effet de lésions frontales sur les performances en reconnaissance. Dans cette étude, quatorze patients frontaux et quatorze participants normaux ont été soumis à une liste de mots, suivie d'un test de reconnaissance oui/non. Ce test de reconnaissance incluait des mots étudiés, de nouveaux mots qui étaient des synonymes des mots étudiés et de nouveaux mots non reliés aux items étudiés. Globalement, les patients frontaux présentaient un déficit de reconnaissance, caractérisé par un taux de reconnaissances correctes des mots étudiés plus faible que celui des participants de contrôle et un taux de fausses reconnaissances anormalement élevé, surtout pour les distracteurs synonymes. Cependant, un examen plus détaillé des performances révélait quatre profils différents parmi les patients : (I) un taux de reconnaissances correctes déficitaire combiné à un taux normal de fausses reconnaissances (bien que les fausses reconnaissances pour les synonymes étaient anormalement élevées chez certains de ces patients) ; (II) un taux normal de reconnaissances correctes, mais un nombre très élevé de fausses reconnaissances pour les synonymes comme pour les distracteurs non reliés ; (III) un taux normal de reconnaissances correctes et de fausses reconnaissances pour les distracteurs non reliés, mais un nombre anormalement élevé de fausses reconnaissances pour les synonymes ; et (IV) des performances tout à fait normales. Nous avons interprété les déficits des deux premiers sous-groupes comme étant la conséquence, respectivement de difficultés d'encodage des mots et d'une altération des processus de récupération stratégiques (mise en place d'un critère de vérification approprié ou construction d'une description focalisée de l'épisode recherché). Les patients du sous-groupe III, quant à eux, manifesteraient un déficit affectant la recollection des détails spécifiques, et baseraient ainsi principalement

leurs décisions de reconnaissance sur la familiarité. Quant aux deux patients du sous-groupe IV qui ne manifestaient aucune difficulté dans la tâche de reconnaissance, nous avons émis l'hypothèse que leur jeune âge (20 et 28 ans) pouvait avoir, d'une manière ou d'une autre, limité l'impact de la lésion sur leurs performances en reconnaissance.

Pour ce qui est des deux dernières études consacrées à la mémoire temporelle, leur objectif était de contribuer à une meilleure compréhension de la nature des processus mis en jeu dans la mémoire de l'information temporelle, via l'exploration des difficultés liées à l'âge dans une tâche de discrimination de listes. Dans l'**étude 5**, des personnes jeunes et des personnes âgées ont réalisé une tâche de discrimination de listes de visages non familiers. Dans une première expérience, les consignes d'encodage étaient manipulées de manière à examiner si les participants développaient des stratégies d'organisation pour encoder l'ordre temporel des visages lorsqu'ils étaient prévenus que la mémoire du contexte temporel serait évaluée, et si le vieillissement affectait l'utilisation de ces stratégies. Nous avons donc comparé l'influence d'un encodage incident et d'un encodage intentionnel du contexte temporel sur les performances de discrimination de listes des participants jeunes et âgés. Les résultats ont montré un déclin lié à l'âge de la performance de discrimination de listes. De plus, l'encodage intentionnel du contexte temporel n'améliorait les performances d'aucun des deux groupes en comparaison avec l'encodage incident. Ces résultats suggèrent soit que l'information d'ordre temporel est encodée de manière automatique et que cet encodage automatique est affecté dans le vieillissement, soit que les consignes d'encodage n'ont pas d'effet sur les performances parce que l'ordre temporel est uniquement reconstruit lors de la récupération et que les personnes âgées auraient un trouble de reconstruction du contexte temporel. Dans la deuxième expérience, nous avons exploré l'hypothèse selon laquelle les difficultés liées à l'âge dans la mémoire du contexte temporel seraient dues à un problème touchant les processus d'inférence stratégique lors de l'étape de récupération. Cette hypothèse fait référence au modèle de Friedman (1993, 2001) qui propose que les jugements d'ordre temporel reposent sur au moins deux types de processus : des processus basés sur la distance et des processus basés sur la localisation. Le premier type de processus consiste à évaluer la distance qui sépare l'événement du moment présent, en estimant notamment la force de la trace mnésique : plus le souvenir d'un événement est vif, plus il est jugé comme récent. Les processus basés sur la

localisation, quant à eux, correspondent à des stratégies d'inférences permettant de reconstruire le moment auquel l'événement s'est produit sur base des informations contextuelles contenues dans la trace mnésique. Dans cette expérience, des participants jeunes et âgés ont réalisé la même tâche de discrimination de listes que dans la première expérience, à la différence que chaque liste de visages a été associée à un contexte d'encodage différent (juger si la personne photographiée a ou non l'air honnête versus intelligent). Lors de la phase de test, la moitié des participants étaient encouragés à utiliser le contexte d'encodage des visages comme indice pour retrouver à quelle liste ils appartenaient (stratégie de reconstruction stratégique), tandis que l'autre moitié des participants recevaient des consignes standard, ne mentionnant pas le contexte d'encodage. Les stratégies effectivement utilisées par les participants étaient ensuite évaluées au moyen d'un questionnaire. Les résultats montraient une différence liée à l'âge dans la performance de discrimination de listes lorsque les participants avaient utilisé la stratégie de reconstruction sur base du contexte. Il apparaissait aussi que la difficulté des personnes âgées à utiliser ce processus de reconstruction était en partie due à une mémorisation insuffisante de l'information contextuelle nécessaire pour reconstruire le contexte temporel des événements (en l'occurrence, les jugements effectués à l'encodage). Par contre, il n'y avait pas d'effet de l'âge dans la récupération de la liste d'appartenance des visages lorsque les participants utilisaient les processus faisant appel à une évaluation de la force du souvenir de l'item.

Dans l'**étude 6**, l'influence du vieillissement sur l'utilisation des processus basés sur la distance et des processus basés sur la localisation a été évaluée au moyen d'une procédure spécifiquement conçue afin de séparer la contribution des deux types de processus dans une tâche de discrimination de listes. Dans cette procédure, les participants étaient soumis à une liste d'images un premier jour (Liste 1), puis à deux autres listes (Liste 2 et 3) le lendemain. Les listes 1 et 2 étaient présentées dans le même contexte (défini par la couleur de l'écran d'ordinateur, le local de testing et le type de jugement réalisé lors de l'encodage), tandis que la liste 3 était présentée dans un contexte différent. Après l'encodage de la troisième liste, les participants réalisaient deux tests de mémoire, un test « Jour » et un test « Contexte ». Dans chacun de ces tests, les participants devaient tout d'abord indiquer si une image avait été ou non présentée précédemment. Si les participants répondaient affirmativement, ils devaient

réaliser trois jugements successifs : indiquer si la réponse de reconnaissance correspondait à une réponse « je me souviens », « je sais » ou « je devine », préciser dans quelle liste l'image avait été présentée, et expliquer quel processus ils avaient utilisé pour récupérer la liste (une reconstruction sur base des informations contextuelles, une évaluation de la distance dans le temps, ou une réponse au hasard). Dans le test « Jour », la décision de discrimination de liste consistait à indiquer si l'image avait été vue « hier » (Liste 1) ou « aujourd'hui » (Liste 2). Dans la mesure où ces deux listes ont été étudiées dans le même contexte, mais à vingt-quatre heures d'intervalle, le test « Jour » devait favoriser l'utilisation des processus basés sur la distance. Dans le test « Contexte », le jugement temporel impliquait de décider si l'image avait été étudiée dans la première (Liste 2) ou la deuxième liste (Liste 3) présentée « aujourd'hui ». Comme les deux listes sont proches dans le temps l'une de l'autre, mais diffèrent en termes de contexte d'apprentissage, ce test devait plutôt faire intervenir des processus basés sur la localisation. L'analyse des jugements donnés par les participants concernant les processus utilisés lors des décisions de discrimination de liste indiquait qu'effectivement, les processus basés sur la distance étaient utilisés en priorité dans le test « Jour » et que le test « Contexte » recrutait principalement les processus basés sur la localisation. De plus, les résultats ont montré que les difficultés des personnes âgées étaient plus prononcées pour les processus basés sur la localisation que pour les processus basés sur la distance. Des régressions multiples hiérarchiques montraient également que l'effet de l'âge sur les processus de reconstruction stratégique était expliqué en partie par une diminution des ressources de la mémoire de travail et par un allongement de la vitesse de traitement de l'information. Quant aux effets du vieillissement sur les processus basés sur la distance, ils étaient principalement prédits par une réduction des capacités de la mémoire de travail.

Dans la partie suivante de la discussion, nous envisagerons les implications théoriques plus générales de ces résultats et ce à partir de quatre thèmes principaux : l'intégrité de la reconnaissance dans l'amnésie ; les conditions dans lesquelles des personnes qui ne peuvent pas utiliser la recollection peuvent obtenir de bonnes performances en reconnaissance ; l'influence de lésions frontales sur les processus impliqués dans la reconnaissance ; et le fonctionnement de la mémoire du contexte temporel.

## 1. L'INTEGRITE DE LA RECONNAISSANCE DANS L'AMNESIE

Il existe actuellement, dans la neuropsychologie de la mémoire, un débat concernant l'intégrité de la reconnaissance dans l'amnésie. D'une part, Squire et ses collaborateurs (Squire & Zola, 1998 ; Zola & Squire, 2000) considèrent que les tâches de rappel et de reconnaissance dépendent toutes deux du système de mémoire déclarative. Par ailleurs, ils indiquent que l'amnésie altère le fonctionnement de la mémoire déclarative et entraîne donc un déficit équivalent en rappel et en reconnaissance, du moins lorsque les tests sont de difficulté comparable. D'autre part, certains auteurs (Aggleton & Brown, 1999 ; Mishkin et al., 1998) proposent qu'une dissociation peut être observée, chez certains patients amnésiques présentant une lésion hippocampique et une préservation des structures parahippocampiques, entre des performances déficitaires en rappel et des performances préservées en reconnaissance. Plus spécifiquement, ces patients montreraient un déficit de rappel et plus généralement de recollection, mais seraient capables d'utiliser les processus de familiarité.

Les résultats de l'étude 3 sont clairement en accord avec la seconde position. En effet, dans cette étude, nous avons décrit les performances en rappel libre et en reconnaissance d'un patient (MR) devenu amnésique suite à un empoisonnement au monoxyde de carbone. D'une manière générale, les performances de MR en rappel étaient plus sévèrement altérées que ses performances en reconnaissance, lesquelles étaient, pour la plupart des tâches, normales. Fait important, la préservation des performances de MR en reconnaissance ne pouvait pas être attribuée à une plus grande facilité des tâches de reconnaissance. Nous avons interprété cette dissociation entre un rappel déficitaire et une reconnaissance relativement préservée en proposant que les processus de familiarité sont intacts chez le patient MR et fournissent la base de ses décisions de reconnaissance. Cette hypothèse est par ailleurs appuyée par les résultats de la procédure de dissociation des processus, qui permet de déterminer l'influence des processus automatiques (familiarité) et contrôlés (recollection) au sein d'une même tâche de reconnaissance. En effet, lorsque les différences dans le biais de réponse entre le patient et les participants normaux étaient contrôlées, il a été observé que les performances du patient en reconnaissance reposaient sur

des processus de familiarité intacts, en présence d'une recollection déficitaire.

En réalité, ce profil de résultat est spécifiquement prédit par Aggleton et Brown (1999) dans les cas particuliers où les patients amnésiques présentent des lésions limitées au circuit de Papez. Dans la mesure où l'analyse par résonance magnétique a révélé chez le patient MR une atrophie bilatérale de l'hippocampe, l'étude de ce patient rejoint les autres études de cas (Henke et al., 1999 ; Mayes et al., 2002 ; Vargha-Khadem et al., 1997) montrant qu'une atteinte cérébrale limitée au circuit de Papez altère le rappel et la reconnaissance basée sur la recollection, mais pas la reconnaissance basée sur la familiarité.

Globalement, le profil neuropsychologique du patient MR confirme qu'il est possible d'observer une préservation de la reconnaissance dans l'amnésie, lorsque seul le processus de familiarité est disponible. Toutefois, les performances du patient n'étaient pas équivalentes dans toutes les tâches. Par exemple, il avait tendance à mieux réussir une tâche à choix forcé qu'une tâche de type oui/non. En outre, il montrait des difficultés à réaliser certaines tâches de reconnaissance. Par exemple, ses performances se situaient au niveau du hasard dans la seconde partie du test des Portes (Baddeley et al., 1994), dans laquelle il faut reconnaître l'image d'une porte présentée parmi trois distracteurs qui ressemblent très fort à la porte-cible. Dans la section suivante, nous tenterons de définir plus précisément les conditions dans lesquelles une tâche de reconnaissance peut être plus ou moins parfaitement réussie par une personne qui ne peut plus utiliser la recollection et doit dès lors baser ses décisions sur la familiarité.

## 2. RECONNAISSANCE ET FAMILIARITÉ

Un aspect qui peut influencer la contribution de la recollection et de la familiarité dans la reconnaissance est le format du test (de type oui/non versus à choix forcé). Les études 1 et 2 ont montré que les tâches de reconnaissance à choix forcé reposent davantage sur les processus de familiarité que les tâches de type oui/non. En tant que tel, ce résultat est important car il appelle à la prudence dans l'interprétation des résultats issus des tâches de reconnaissance. En particulier, les tâches à choix forcé et de type oui/non ne peuvent être considérées comme des mesures totalement équivalentes de la reconnaissance. Toutefois, il serait prématuré de conclure que le format du test de reconnaissance influence *toujours*

la contribution de la recollection et de la familiarité à la performance. En effet, deux autres études, qui ont directement comparé les deux formats de test et ont examiné les processus impliqués dans chacun d'entre-eux au moyen de la procédure « je me souviens / je sais », n'ont pas observé de différences dans l'utilisation de la recollection et de la familiarité (Khoe et al., 2000 ; Kroll et al., 2002). Il apparaît donc que d'autres variables modulent l'effet du format du test, de sorte qu'une plus grande utilisation de la familiarité dans les tâches à choix forcé n'apparaîtrait que sous certaines conditions.

Une première possibilité est que le matériel utilisé interagit avec le format du test, déterminant le degré d'implication de la familiarité dans les deux types de tâches. Alors que les études 1 et 2 ont utilisé un matériel composé de visages non familiers, les stimuli choisis par Khoe et al. (2000) et Kroll et al. (2002) étaient des mots et des images d'objets ou de scènes. De plus, alors que nous avons tenté d'apparier chaque visage cible à un visage distracteur plus ou moins ressemblant, Khoe et al. (2000) et Kroll et al. (2002) ont choisi aléatoirement les items cibles et les distracteurs parmi un ensemble de mots ou d'images sans les apparier sur base de leur similarité. Comme le prédit le modèle de Norman et O'Reilly (2003), la similarité entre les items étudiés et les nouveaux items pourrait entraver l'efficacité de la familiarité dans une situation de type oui/non (car la familiarité des distracteurs qui ressemblent aux cibles amènerait à des taux de fausses reconnaissances élevés), mais pas dans une tâche à choix forcé (où la différence de familiarité entre les deux items reste fiable). Par contre, lorsque les items étudiés et les nouveaux items ne se ressemblent pas, les participants seraient libres d'utiliser les deux processus de manière équivalente dans les deux types de tâches. Ainsi, les tâches de reconnaissance adoptées par Khoe et al. et Kroll et al. représenteraient un exemple de la deuxième situation : le matériel utilisé dans ces études étaient composés d'items-cibles et de distracteurs qui ne se ressemblaient pas et les participants avaient aussi souvent recours à la recollection qu'à la familiarité dans la tâche de type oui/non que dans la tâche à choix forcé. En revanche, nos études 1 et 2 illustreraient la première situation. En effet, dans ces études, les items-cibles et les items distracteurs possédaient un degré de ressemblance plus élevé que les stimuli des études sélectionnés par Khoe et al. et Kroll et al. (y compris les visages dissimilaires de l'étude 2 qui possédaient 20% de traits communs). Cette plus grande similarité pourrait expliquer la moindre utilisation de la familiarité dans les tâches oui/non par rapport aux tâches à choix

forcé.

Cependant, les résultats de l'étude 2 n'appuient pas cette interprétation dans la mesure où une manipulation directe du degré de similarité entre les cibles et les distracteurs n'a pas provoqué d'effet sur la contribution des processus de reconnaissance en fonction du format de test. En effet, lorsque nous avons examiné l'influence du format du test et de la similarité entre les items cibles et les distracteurs sur les jugements « je me souviens / je sais / je devine », il est apparu que les participants utilisaient la familiarité plus souvent dans les tâches à choix forcé que dans les tâches oui/non, quel que soit le degré de similarité.

Il serait donc souhaitable d'explorer l'effet d'autres variables sur la contribution de la recollection et de la familiarité à la performance dans les tâches de type oui/non et à choix forcé. La discordance entre les études de Khoe et al. et Kroll et al. et les études 1 et 2 de notre travail de thèse pourrait être due à une autre différence méthodologique. En effet, outre l'adoption d'un matériel différent, ces études diffèrent également quant au temps de présentation des stimuli, à la longueur de la liste d'étude, à la durée de l'intervalle de rétention et au fait que les essais de test étaient séparés ou mélangés au sein d'une même tâche. Cette dernière variable nous semble particulièrement importante. Dans les études de Khoe et al. et Kroll et al., les stimuli, qui étaient par la suite testés dans les tâches de type oui/non et à choix forcé, étaient présentés en une seule liste lors de la phase d'étude. Ensuite, lors de la phase de test, les participants soit étaient soumis à des essais de test des deux formats en alternance (par exemple, les essais de reconnaissance de type oui/non et les essais de reconnaissance à choix forcé étaient mélangés de manière aléatoire), soit réalisaient un test d'un format suivi directement par un test de l'autre format. A l'inverse, dans les études 1 et 2, chaque format de test possédait ses propres phases d'étude et de test. De plus, les deux tests étaient réalisés par les mêmes participants à un jour d'intervalle (étude 1) ou par des participants différents (étude 2). Il se pourrait donc que le fait de mélanger les essais de type oui/non et à choix forcé au sein d'une même tâche ait induit une stratégie de récupération commune pour les deux types de test. Les participants pourraient ainsi avoir adopté les mêmes types de processus tout au long de la tâche, sans favoriser l'un plus que l'autre en fonction du type d'essai en cours. Par contre, dans les études 1 et 2, comme les tests étaient séparés ou réalisés par des participants différents, les personnes ont pu adopter des



processus différents selon la tâche. Ainsi, les participants pourraient avoir favorisé la familiarité dans les tâches à choix forcé, en constatant que ce processus peu coûteux en termes de ressources leur permettait de répondre correctement, mais avoir préféré la recollection dans les tâches de type oui/non.

Quelle que soit la nature des divergences entre les études qui ont spécifiquement examiné l'influence du format du test sur les processus de reconnaissance, les études 1 et 2 suggèrent que, dans certaines circonstances, les deux types de tests diffèrent quant aux processus qu'ils font intervenir, ainsi que dans les temps de réponse qui y sont associés. Concernant ce dernier point, l'étude 2 indique que les temps de réponse sont plus longs dans les tâches à choix forcé que dans les tâches oui/non. Etant donné que cette différence ne semble pas due au simple fait d'examiner deux items dans un essai à choix forcé par rapport à un seul item dans un essai de type oui/non, nous avons émis l'hypothèse que la durée des processus mnésiques serait différente selon le format du test. Cela conduit à s'interroger sur la manière dont le système cognitif gère une tâche de reconnaissance à choix forcé (entre deux alternatives) par rapport à une tâche de type oui/non. Dans une tâche de type oui/non, les jugements de reconnaissance consistent à décider si un item est familier ou s'il déclenche la récupération de l'épisode d'encodage (recollection). Dans le cas d'une décision basée sur la familiarité, l'item de test génère une valeur de familiarité (correspondant au degré de similarité de cet item avec les représentations stockées en mémoire), cette valeur est comparée à un critère de décision préalablement établi et si elle excède le seuil fixé, l'item sera reconnu comme ayant été présenté. Dans le cas d'une reconnaissance basée sur la recollection, si l'item de test provoque la récupération de l'épisode d'encodage correspondant, il est reconnu ; sinon, il est rejeté. Que se passe-t-il dans le cas d'une tâche à choix forcé entre deux items ? Une possibilité est que les items sont considérés individuellement, l'un après l'autre, et reçoivent une valeur de familiarité évaluée par rapport à un critère ou provoquent la récupération d'informations contextuelles. Dans cette perspective, plusieurs cas de figure sont possibles : (1) un seul des items est familier ou amène à la récupération du contexte d'encodage tandis que l'autre ne suscite ni familiarité, ni recollection ; (2) les deux items sont familiers ; (3) l'un des items est familier et l'autre entraîne la récupération de l'épisode d'encodage ; ou (4) les deux items provoquent la récupération de l'épisode d'apprentissage. Dans le premier cas, la décision de reconnaissance pourra être effectuée rapidement. Par contre, dans les autres cas,

une certaine compétition s'installera entre les deux items. Comme les items peuvent être tous deux considérés comme ayant été présentés auparavant, il est nécessaire d'avoir recours à un processus de comparaison et de décision. Ce mécanisme hypothétique adopterait certains principes permettant de résoudre les conflits. Par exemple, lorsque deux items sont familiers, l'item dont la valeur de familiarité est la plus élevée sera choisi. Lorsqu'un item entraîne la récupération de son contexte d'encodage et que l'autre est simplement familier, le premier sera toujours favorisé par rapport au deuxième. Cette suggestion se base sur l'idée selon laquelle les participants normaux préfèrent généralement la recollection à la familiarité lorsque les deux processus sont disponibles : en effet, la recollection permettrait des réponses de niveau de confiance plus élevé que la familiarité, car les fausses recollections (c'est-à-dire le fait qu'un item non étudié entraîne la récupération d'informations contextuelles spécifiques) sont rares, alors que la familiarité peut induire plus de fausses reconnaissances (Jacoby et al., 1997 ; Yonelinas, 2001b). Selon cette conception, la situation dans laquelle les deux items d'un test à choix forcé (l'item-cible et le nouvel item) sont associés à une récupération du contexte d'encodage (situation 4) devrait être exceptionnelle. Face à cette situation, le nombre d'éléments récupérés pourrait être comparé et l'item pour lequel le plus grand nombre de détails est retrouvé serait choisi. Si ce mode de fonctionnement est effectivement mis en jeu, les réponses de reconnaissance devraient être plus lentes dans les tâches à choix forcé que dans les tâches oui/non, car une étape supplémentaire, incluant un processus de comparaison des types de souvenir pour chaque item, serait nécessaire dans les tâches à choix forcé.

Les études 1 et 2 ont donc montré que les participants basaient plus souvent leurs décisions de reconnaissance sur les processus de familiarité dans les tâches à choix forcé que dans les tâches de type oui/non. Cependant, cela ne signifie pas nécessairement que la familiarité est moins efficace que la recollection pour discriminer les items étudiés des nouveaux items dans les tâches de type oui/non. En effet, l'étude 2 semble indiquer que, lorsque des participants jeunes ne peuvent plus utiliser la recollection et doivent se baser principalement sur la familiarité, ils continuent à avoir de bonnes performances en reconnaissance quel que soit le format du test.

Il y a donc deux aspects à prendre en compte pour déterminer les conditions

dans lesquelles on peut prédire une performance normale en reconnaissance chez une personne qui utilise principalement la familiarité : le type de processus que les participants « normaux » (c'est-à-dire des participants qui peuvent se baser sur les deux processus) utilisent en priorité et l'efficacité de la familiarité pour la tâche en question. A ces deux aspects, il faut en ajouter un troisième, à savoir la relation qui existe entre les processus de reconnaissance (Mayes et al., 2002). Tout d'abord, si les deux processus de reconnaissance sont redondants et que toute réponse basée sur la recollection implique également une intervention de la familiarité, alors une performance en reconnaissance tout à fait normale peut être atteinte si la personne se base exclusivement sur la familiarité, même si les participants normaux utilisent en priorité la recollection. Cependant, cette possibilité semble peu probable étant donné qu'elle prédit toujours une performance normale en reconnaissance chez une personne qui utilise principalement la familiarité. Or, c'est loin d'être toujours le cas : ainsi, par exemple, le patient MR montrait dans certains cas des performances déficitaires en reconnaissance. Par ailleurs, l'idée selon laquelle la recollection et la familiarité sont deux processus indépendants est nettement plus répandue. Selon le postulat d'indépendance, il est impossible d'atteindre le même niveau de performance en utilisant la familiarité seule plutôt qu'en utilisant les deux processus. Dans cette perspective, trois situations peuvent être rencontrées. Premièrement, dans la situation où les participants normaux utilisent principalement la familiarité dans leurs jugements de reconnaissance, on devrait observer une performance en reconnaissance tout à fait normale chez une personne pour qui seule la familiarité est disponible. Deuxièmement, dans la situation où les participants normaux se basent davantage sur la recollection que sur la familiarité, l'utilisation privilégiée de la familiarité entraînera des performances en reconnaissance plus faibles, mais qui seraient relativement bonnes ou seulement légèrement altérées si la familiarité permet une discrimination efficace entre les items étudiés et les nouveaux items. Troisièmement, dans la situation où la recollection est privilégiée par les participants normaux, un déficit massif de reconnaissance est attendu lorsque la familiarité n'est d'aucune utilité dans la tâche en question.

Dans les études 1, 2, 3 et 6, nous avons rencontré les trois profils prédits par le modèle de l'indépendance des processus de reconnaissance. En effet, dans ces quatre études, différents types de participants présentent des difficultés à utiliser le processus de recollection et doivent dès lors se baser principalement sur la

familiarité pour réaliser les tâches de reconnaissance : les personnes âgées, les participants jeunes qui sont obligés de répondre très rapidement lors du test de reconnaissance et le patient MR. Le premier profil est observé dans l'étude 3. En effet, dans une tâche de reconnaissance à choix forcé de visages non familiers, les performances du patient MR étaient tout à fait normales et avaient tendance à être meilleures que ses performances dans une tâche de type oui/non. Or, l'étude 1, qui utilisait les mêmes tâches, a montré que les participants âgés (ayant en moyenne 64 ans) utilisaient davantage la familiarité que la recollection dans la tâche à choix forcé. Comme le patient MR était lui-même âgé de 65 ans, il est vraisemblable que les participants qui lui ont servi de contrôle aient, comme lui, utilisé en priorité la familiarité pour réaliser la tâche de reconnaissance à choix forcé. On se trouverait donc bien dans la situation où le patient pour qui seule la familiarité est disponible obtient une performance normale quand les participants normaux utilisent principalement la familiarité dans leurs jugements de reconnaissance.

Par ailleurs, dans la plupart des autres tâches de reconnaissance, les scores du patient MR étaient plus faibles que ceux des participants de contrôle, bien que toujours dans les limites de la normale. Ces situations représenteraient le cas de figure où la familiarité peut être utilisée de manière relativement efficace, mais ne permet pas d'atteindre des performances équivalentes à celles des personnes qui utilisent la recollection. Ce serait également le cas dans les études 1, 2 et 6 pour les personnes âgées et dans l'étude 2 pour les participants jeunes dans la condition de réponse sous contrainte temporelle. Par rapport à des participants jeunes qui utilisent principalement la recollection, les performances en reconnaissance de ces personnes sont plus faibles, mais restent néanmoins largement supérieures au niveau du hasard.

Enfin, des performances en reconnaissance clairement déficitaires apparaissent dans l'étude 3. En particulier, le patient MR était incapable de reconnaître l'image d'une porte précédemment étudiée parmi trois distracteurs très similaires à la porte-cible (seconde partie du test des Portes, Baddeley et al., 1994). Selon la logique énoncée précédemment, cela signifierait que la familiarité n'a eu que peu d'utilité pour les décisions de reconnaissance dans cette tâche. Ce résultat est toutefois intrigant car d'autres études ont montré que des patients hippocampiques, dont la familiarité était préservée, réalisaient normalement le test

des Portes, y compris la deuxième partie (Baddeley et al., 2001 ; Mayes et al., 2002). Nous avons émis l'hypothèse que ces contradictions pourraient être dues à la manière dont les participants encodent le matériel. Dans la deuxième partie du test des Portes, l'image-cible et les images distrayantes diffèrent par quelques détails (par exemple, l'emplacement de la poignée de la porte, la position de la sonnette, etc.). Si les patients encodent chaque image de manière holistique, en traitant l'image en fonction de son apparence globale, ils devraient pouvoir utiliser la familiarité pour reconnaître l'image étudiée parmi les distrayants. Par contre, si les patients se focalisent sur les détails spécifiques de chaque image, ils ne pourront récupérer ces informations du fait de leur déficit de recollection, ce qui pourrait être le cas du patient MR.

Certains problèmes méthodologiques doivent cependant être pointés dans les études qui ont exploré les contributions de la recollection et de la familiarité à la performance en reconnaissance des personnes âgées et du patient amnésique MR. Tout d'abord, les procédures disponibles afin d'évaluer la contribution des processus mis en jeu dans une tâche de reconnaissance donnée présentent certaines limites qui peuvent en réduire l'utilité. Ainsi, la procédure « je me souviens / je sais », qui repose sur une évaluation subjective par le participant de son état de conscience au moment de la récupération, s'est avérée peu fiable lorsqu'elle a été administrée au patient MR. Quant à la procédure de dissociation des processus élaborée par Jacoby (1991), elle exige certaines conditions d'application qui ne sont pas toujours rencontrées. Ainsi, des différences dans le biais de réponse entre les participants que l'on souhaite comparer empêchent de calculer les estimations de l'influence de la recollection et de la familiarité selon les équations classiques. La procédure de l'analyse des courbes ROC proposée par Yonelinas (1994) pourrait être une méthode plus adéquate. Cependant, elle suppose un nombre élevé de stimuli et est, par conséquent, difficilement applicable chez des personnes fatigables. Il serait donc utile de développer d'autres procédures permettant d'évaluer les contributions respectives des processus de reconnaissance au sein d'une même tâche et qui éviteraient ces divers problèmes.

Ensuite, dans les études 1 et 2, l'utilisation d'un matériel composé de visages non familiers pourrait avoir influencé, en partie du moins, les résultats obtenus. Deux aspects liés à l'utilisation de ce matériel mériteraient d'être contrôlés. Premièrement, les études 1 et 2 ont évalué les performances en reconnaissance

des visages chez des personnes jeunes et âgées sans tenir compte des discordances entre l'âge des participants et l'âge des personnes photographiées. Ainsi, les visages inclus dans les tests étaient pour la plupart ceux de personnes jeunes (entre 20 et 35 ans), recouvrant la tranche d'âge des participants jeunes (18-30 ans) mais éloignés de la tranche d'âge des participants âgés (60-70 ans). Or, certaines études ont montré que les personnes reconnaissaient mieux des visages correspondant à leur tranche d'âge par rapport à d'autres tranches d'âge (Bartlett & Leslie, 1986 ; Yarmey, 1993). Ainsi, les participants âgés, dans les études 1 et 2, ont pu être désavantagés par rapport aux participants jeunes. Il serait intéressant d'explorer dans quelle mesure ce biais lié au groupe d'âge influence les processus de familiarité et de recollection. Comme cet effet a été attribué à la plus grande familiarité que nous avons par rapport aux personnes du même âge (Yarmey, 1993), on pourrait s'attendre à une augmentation des réponses « je sais » lorsque l'âge des visages et des participants correspond par rapport à une condition où il ne correspond pas. Par ailleurs, il pourrait être plus facile d'effectuer des associations avec les visages du même groupe d'âge (par exemple, penser à un ami qui ressemble à la photo présentée) qu'avec des visages d'autres groupes d'âge, si l'on postule que nous fréquentons plus souvent des personnes qui ont le même âge que nous. Dans ce cas, la correspondance entre l'âge du visage et l'âge du participant s'accompagnerait d'une augmentation des réponses « je me souviens ».

Deuxièmement, la distinctivité des visages n'a pas été contrôlée. Généralement, la distinctivité d'un visage est évaluée en demandant aux participants s'ils remarqueraient et mémoriseraient ce visage particulier dans une foule. Il a été montré que les visages distinctifs sont mieux reconnus que les visages peu distinctifs (par exemple, Winograd, 1981). Récemment, Brandt, Macrae, Schloerscheidt, et Milne (2003) ont montré que la reconnaissance des visages distinctifs était plus souvent accompagnée de réponses « je me souviens » que la reconnaissance des visages non distinctifs. Cet effet semblait résulter d'un traitement plus élaboré des visages distinctifs, car il disparaissait lorsque l'attention des participants était divisée à l'encodage. Si effectivement, le vieillissement perturbe la mise en œuvre d'un encodage élaboré et si les visages utilisés dans nos études étaient distinctifs, la diminution des réponses « je me souviens » observée chez les participants âgés pourrait être en partie due au matériel utilisé.

Cependant, même s'il serait intéressant d'explorer l'influence de l'âge des visages et de leur distinctivité sur les processus de reconnaissance chez des personnes jeunes et âgées, l'effet de l'âge sur les performances en reconnaissance, et plus spécifiquement sur la recollection, ne semble pas déterminé par ces deux variables, puisqu'il apparaît également lorsque d'autres types de matériel sont utilisés (par exemple, des images dans l'étude 6).

### **3. L'INFLUENCE DE LÉSIONS FRONTALES SUR LES PROCESSUS IMPLIQUÉS DANS LA RECONNAISSANCE**

L'encodage et la récupération en mémoire épisodique impliquent différents processus. Ainsi, un encodage efficace nécessite de sélectionner les caractéristiques à encoder, de les lier en une trace mnésique cohérente et d'attribuer à chaque épisode une représentation spécifique, différente de celle d'un épisode similaire. En ce qui concerne la récupération, il s'agit fréquemment de mettre en place des processus stratégiques, ce qui implique de créer une description du souvenir possédant suffisamment d'informations spécifiques à l'épisode recherché pour déclencher sa récupération. Ensuite, il s'agit de vérifier la pertinence de l'information récupérée, avec l'aide d'un critère qui détermine quelles sont les caractéristiques indiquant que le souvenir récupéré correspond bien à l'événement recherché.

Dans l'étude 4, nous avons exploré l'influence de lésions touchant les régions frontales sur ces différents processus, au moyen d'une tâche de reconnaissance de mots, de type oui/non. Tout d'abord, les résultats ont confirmé que les performances en reconnaissance peuvent être perturbées suite à des lésions frontales et que le type de trouble observé varie d'un patient frontal à l'autre. Nous avons interprété les différents profils de troubles observés en distinguant plusieurs types de déficit : (I) certains patients présentaient des difficultés d'encodage des items-cibles ; (II) d'autres patients montraient une altération des processus de vérification stratégiques lors de la récupération, touchant plus spécifiquement la mise en place d'un critère de vérification adéquat (les patients acceptaient beaucoup de distracteurs, qu'ils soient reliés ou non aux cibles), ou une perturbation de la construction d'une description focalisée de l'épisode recherché ; et (III) d'autres patients encore présentaient un déficit spécifique de récupération,

affectant la recollection des détails spécifiques.

Bien qu'il est maintenant largement admis que les différentes régions frontales (dorsolatérales, ventrolatérales, fronto-polaires...) sous-tendent des fonctions différentes (Fletcher & Henson, 2001), les données de l'étude 3 ne permettent pas une interprétation allant au-delà d'une distinction entre les régions frontales gauches et droites. Différents modèles suggérant une asymétrie fonctionnelle des régions frontales dans la mémoire épisodique ont été proposés. Un modèle très influent, le modèle HERA (Tulving et al., 1994), suggère que les régions préfrontales gauches interviennent préférentiellement dans l'encodage des informations en mémoire épisodique (et la récupération d'informations sémantiques), tandis que les régions préfrontales droites interviennent préférentiellement dans la récupération d'informations en mémoire épisodique. Le profil de performance du premier sous-groupe de patients (I) pourrait être compatible avec le modèle HERA. En effet, nous avons proposé qu'un déficit d'encodage peut rendre compte des difficultés de ces patients (caractérisées par un déficit de reconnaissance des items-cibles), qui, pour la plupart, avaient une atteinte frontale gauche. La nature exacte de ce déficit d'encodage consécutif à une lésion frontale gauche n'est toutefois pas claire. Selon Tulving et al. (1994), les régions préfrontales gauches joueraient un rôle dans la génération et la récupération des attributs sémantiques des événements à encoder. Comme l'ont suggéré Craik et collaborateurs (Craik, 2002 ; Craik & Lockhart, 1972), un traitement sémantique à l'encodage augmente les chances qu'un item soit rappelé ou reconnu par la suite en comparaison avec un traitement plus superficiel. Cependant, d'autres hypothèses ont été formulées pour rendre compte des processus qui contribuent au succès de l'encodage et qui seraient sous la dépendance des régions préfrontales gauches. Par exemple, le cortex préfrontal gauche pourrait maintenir en mémoire de travail les informations sémantiques associées aux mots (Gabrieli, Poldrack, & Desmond, 1998), sélectionner les attributs qui sont pertinents pour la tâche en cours parmi l'ensemble de ceux qui sont associés à l'événement à encoder (Thompson-Schill, D'Esposito, Aguirre, & Farah, 1997) ou encore organiser les événements sur base de leurs attributs sémantiques (Fletcher, Shallice, & Dolan, 1998). Les difficultés d'encodage en mémoire épisodique verbale des patients du sous-groupe I pourraient donc résulter de l'altération de l'un ou l'autre de ces processus.



En ce qui concerne les deux autres groupes de patients, leurs performances dans la tâche de reconnaissance oui/non s'expliqueraient plutôt en termes de déficit de récupération stratégique. Selon le modèle HERA, ce type de difficulté devrait se rencontrer principalement chez les patients ayant des lésions frontales droites. Or, les patients de l'un des sous-groupes (II) présentent exclusivement des lésions frontales gauches, tandis que les patients de l'autre sous-groupe (III) présentent en majorité des atteintes frontales droites. Ces données suggèrent donc que les régions frontales gauches et droites seraient toutes deux impliquées dans les processus de récupération en mémoire épisodique, comme l'ont montré les études d'imagerie cérébrale récentes (voir Cabeza et al., 2003 ; Fletcher et Henson, 2001, pour des revues).

Les profils des patients appartenant aux sous-groupes II et III présentent un intérêt particulier car ils pourraient appuyer la conception « Production-Monitoring » récemment proposée par Cabeza et al. (2003). Selon cette conception, dans les tâches de récupération épisodique verbale, le cortex préfrontal gauche est principalement impliqué dans les processus de production ou de génération d'informations sémantiques, tandis que le cortex préfrontal droit est davantage impliqué dans les processus de contrôle et d'évaluation. Dans l'étude 3, les patients qui montraient des difficultés à mettre en place un critère de vérification approprié ou à construire une description focalisée du souvenir recherché présentaient des lésions frontales gauches (sous-groupe II). Selon l'hypothèse de Cabeza et al. (2003), cette atteinte cérébrale a pu perturber l'utilisation des mécanismes de génération sémantique. Or, ces mécanismes seraient utiles pour spécifier les caractéristiques précises qui sont diagnostiques du fait qu'un mot a bien été étudié (critère de vérification). Il serait également nécessaire de générer des informations sémantiques lors de la construction d'un indice de récupération qui comprend des informations suffisamment spécifiques à l'épisode recherché (description de la trace recherchée). Quant aux patients qui présentaient un déficit spécifique de recollection (sous-groupe III), leurs lésions cérébrales étaient, dans la plupart des cas, localisées à droite. Selon le modèle de Cabeza et al., ces patients pourraient présenter un trouble de contrôle et de vérification, qui ne leur permet pas de contrecarrer le sentiment de familiarité évoqué par des distracteurs très similaires aux items-cibles.

Bien qu'il y ait significativement plus de patients présentant des lésions

gauches dans les sous-groupes I et II et plus de patients présentant des lésions frontales droites dans le sous-groupe III, un examen systématique de l'influence de la latéralisation de la lésion cérébrale sur un plus grand groupe de patients est absolument nécessaire pour confirmer les interprétations proposées. Par ailleurs, il aurait été utile d'obtenir plus d'informations concernant le fonctionnement cognitif des patients, comme des mesures du fonctionnement intellectuel. Ces données auraient permis, notamment, de vérifier que les différents sous-groupes étaient équivalents en termes d'efficacité intellectuelle. De plus, le fait que la plupart des patients présentaient des atteintes frontales étendues ne nous a pas permis d'examiner si des lésions touchant certaines régions frontales particulières étaient associées à des profils de performances en reconnaissance différents.

Enfin, nous avons constaté que les deux patients les plus jeunes avaient des performances normales en reconnaissance. Bien que ce résultat puisse être lié à un autre facteur non identifié, il serait intéressant d'explorer l'influence de l'âge auquel survient l'atteinte frontale sur la gravité des troubles mnésiques qui en découlent. S'il s'avérait qu'une lésion frontale a effectivement moins d'impact sur le fonctionnement cognitif lorsqu'elle survient chez une personne jeune par rapport à une personne plus âgée, il s'agirait de comprendre quels mécanismes (cérébraux ou cognitifs) en sont responsables.

#### **4. LE FONCTIONNEMENT DE LA MÉMOIRE DU CONTEXTE TEMPOREL**

De nombreuses études ont montré que la mémoire du contexte temporel était perturbée suite à des lésions frontales et des lésions diencephaliques, ainsi que dans le vieillissement normal. La plupart des auteurs ont attribué les difficultés liées à l'âge dans les tâches de mémoire du contexte temporel à un moins bon fonctionnement des régions frontales. Il existe également des données suggérant qu'une atteinte hippocampique peut altérer la capacité à se souvenir de l'ordre temporel des événements (Mayes et al., 2001). Cependant, le rôle précis que joue chacune de ces structures cérébrales dans l'encodage et la récupération du contexte temporel n'est pas encore clairement identifié. En fait, une telle identification nécessite préalablement de mieux comprendre les processus qui sont réellement en jeu dans la mémoire pour l'information temporelle.

L'objectif des études 5 et 6 était précisément d'examiner les processus de mémoire temporelle à travers l'exploration des difficultés liées à l'âge dans une tâche de discrimination de listes. Ces études ont adopté le cadre théorique proposé par Friedman (1993, 2001) selon lequel le contexte temporel des événements peut être récupéré au moyen de plusieurs processus différents, dont les plus importants sont les processus basés sur la distance et les processus basés sur la localisation. Les processus basés sur la distance impliquent une évaluation rapide de la distance dans le temps d'un événement sur base de la force du souvenir. Les processus basés sur la localisation, quant à eux, correspondent à une reconstruction stratégique du moment de survenue de l'événement sur base de l'interprétation des informations contextuelles associées à l'événement-cible par rapport à des connaissances sur les patterns temporels naturels, sociaux ou personnels. Les résultats de la deuxième expérience de l'étude 5 suggèrent que les personnes âgées ont plus de difficultés à utiliser les processus basés sur la localisation que les participants jeunes, mais qu'il n'y a pas de différences liées à l'âge dans l'exploitation des processus basés sur la distance. Cette hypothèse a été testée plus directement dans l'étude 6 au moyen d'une tâche élaborée afin de séparer les contributions des deux types de processus. Les résultats indiquent que les différences liées à l'âge sont plus marquées pour les processus basés sur la localisation que pour les processus basés sur la distance. En outre, lorsque les performances en reconnaissance de l'item-cible sont contrôlées, l'effet de l'âge sur les processus basés sur la distance disparaît, mais pas l'effet de l'âge sur les processus basés sur la localisation. D'une manière générale, ces données indiquent donc que les difficultés des personnes âgées dans les tâches de discrimination de listes résultent principalement d'un problème touchant l'utilisation des processus basés sur la localisation.

Il reste toutefois à déterminer quels aspects de l'utilisation de ces processus sont spécifiquement affectés dans le vieillissement. En effet, un fonctionnement efficace des processus basés sur la localisation exige plusieurs étapes : l'accès aux informations contextuelles associées à l'événement-cible (ce qui nécessite par ailleurs un bon encodage préalable de ces informations), la mise en parallèle des informations contextuelles et des patterns temporels connus, qui renseignent sur la structure temporelle habituelle des événements naturels, sociaux ou personnels, la mise en place d'inférences visant à estimer la position probable de l'événement dans le temps et une vérification finale de la réponse. Les résultats des études 5 et

6 suggèrent certaines pistes permettant de localiser les difficultés liées au vieillissement.

Tout d'abord, les personnes âgées ont davantage de difficultés que les personnes jeunes à se souvenir des informations contextuelles associées aux items-cibles. En effet, dans l'étude 5, les personnes âgées récupèrent moins bien que les participants jeunes le contexte d'encodage des items (caractérisé par le type de jugement effectué sur les visages). De plus, diverses études (y compris nos études 1, 2 et 6) ont montré une diminution de la capacité à se souvenir du contexte associé à un item chez les personnes âgées, notamment au travers d'une diminution des réponses « je me souviens » dans les tâches de reconnaissance d'items. Par ailleurs, l'étude 6 indique que la diminution des réponses « je me souviens » est sous-tendue en partie par un allongement de la vitesse de traitement et une réduction des capacités de la mémoire de travail, l'effet de la mémoire de travail étant lui-même atténué lorsque la vitesse de traitement est contrôlée. Un traitement ralenti des informations pourrait empêcher les personnes âgées d'encoder de manière élaborée les items, de telle sorte qu'elles ne peuvent utiliser les processus de recollection lors de la reconnaissance. Cette hypothèse est en accord avec les travaux de Perfect et ses collaborateurs (Perfect & Dasgupta, 1997 ; Perfect et al., 1995) qui ont montré que l'effet de l'âge dans les réponses « je me souviens » disparaissent lorsque les différences liées à l'âge dans l'utilisation de stratégies d'encodage sont contrôlées statistiquement. Par ailleurs, il n'est pas exclu qu'un ralentissement de la vitesse de traitement ait également perturbé les processus de recherche en mémoire et d'évaluation du souvenir épisodique récupéré, qui sont importants pour la recollection.

En outre, nos données montrent que même lorsque les personnes âgées se souvenaient des informations contextuelles associées aux items-cibles, elles avaient plus de difficultés que les personnes jeunes à les utiliser pour inférer le contexte temporel. Cela suggère donc qu'un trouble touchant les autres étapes de la reconstruction de l'ordre temporel contribue à la diminution des performances de discrimination de listes avec l'âge. En outre, il apparaît que les différences liées à l'âge dans la mise en place et la coordination de ces opérations complexes s'expliquent en partie par des difficultés plus générales, liées à un ralentissement de la vitesse de traitement et par une diminution des capacités de la mémoire de travail.

Il faut enfin noter que, dans une étude en potentiels évoqués, Curran et Friedman (2003) ont observé que les processus basés sur la localisation recrutent davantage les régions frontales que les processus basés sur la distance. Dans cette perspective, il se pourrait que les problèmes rencontrés par les personnes âgées dans l'utilisation des processus basés sur la localisation soient une conséquence d'un dysfonctionnement des régions frontales. Cette piste reste toutefois à explorer.

Bien que le modèle de Friedman constitue un cadre intéressant, et qui s'est avéré utile pour comprendre la nature des difficultés liées à l'âge dans les tâches de mémoire du contexte temporel, il demeure relativement imprécis quant à la nature exacte des processus basés sur la distance. Par ailleurs, il reste à identifier les structures cérébrales qui sous-tendent les processus basés sur la localisation et les processus basés sur la distance. Des travaux en IRMf ainsi que l'exploration neuropsychologique de la mémoire du contexte temporel devraient pouvoir fournir des données pertinentes à ce sujet. En particulier, l'examen des activations cérébrales associées aux processus basés sur la localisation permettrait de tester l'hypothèse formulée par Friedman (2001) selon laquelle ces processus recruteraient principalement le cortex préfrontal. En outre, dans la mesure où les études 5 et 6 ont mis en évidence l'importance de la capacité à récupérer les informations contextuelles associées à l'événement-cible pour l'utilisation des processus basés sur la localisation, il est vraisemblable que ces processus dépendent également de l'hippocampe. En effet, cette structure semble cruciale pour la mémorisation des associations entre un item et son contexte (Aggleton & Brown, 1999). Il est, par contre, difficile d'émettre des hypothèses spécifiques quant aux sous-basements cérébraux des processus basés sur la distance, compte tenu du flou théorique les concernant.

Par ailleurs, l'utilisation d'une tâche permettant de séparer la contribution des processus basés sur la localisation et des processus basés sur la distance pourrait fournir des éléments de réponse à la question relative à la nature du déficit de mémoire du contexte temporel chez les patients porteurs de lésions frontales, d'encéphaliques ou temporales internes, et donc aussi au rôle que jouent ces différentes structures cérébrales dans la composante temporelle de la mémoire épisodique.

Enfin, il est important de signaler que les résultats des études 5 et 6 ont été

obtenus au moyen d'une procédure de discrimination de listes, et ne peuvent pas nécessairement être généralisés aux autres procédures d'évaluation de la mémoire du contexte temporel. Il est probable en effet que les différents types de tâches utilisés pour évaluer la mémoire pour l'ordre temporel ne recrutent pas les mêmes types de processus. Par exemple, les tâches de reconstruction de l'ordre sériel pourraient dépendre de manière cruciale de la formation d'associations entre les items d'une liste, tandis que les jugements de discrimination de listes et les jugements de récence pourraient dépendre davantage d'associations entre les items et des informations contextuelles ou des caractéristiques du souvenir des items eux-mêmes (par exemple, la force de la trace mnésique ou le nombre d'informations qu'il est possible de récupérer à leur sujet).

Pour conclure, il nous semble que ce travail de thèse a contribué à clarifier certains aspects du fonctionnement de la mémoire épisodique. En effet, nos résultats confirment que la reconnaissance peut être préservée dans l'amnésie, en particulier lorsque les lésions cérébrales sont limitées au circuit de Papez. Par ailleurs, l'intégrité de la reconnaissance chez ces patients amnésiques, ainsi que chez d'autres personnes qui ne peuvent plus utiliser la recollection et doivent donc se baser sur la familiarité, semble dépendre de l'efficacité de la familiarité et du type de processus habituellement favorisé dans la tâche en question. Nous avons également observé que des lésions frontales perturbent différents aspects de l'encodage et de la récupération en mémoire épisodique et que la nature du déficit varie selon la latéralisation de la lésion. Enfin, nos résultats indiquent que différents processus interviennent dans la mémoire pour l'information temporelle et que le vieillissement normal perturbe particulièrement la reconstruction du contexte temporel sur base de l'interprétation des informations associées à l'événement-cible en référence à des patterns temporels connus.

## **REFERENCES**

# Références

- Abe, K., Inokawa, M., Kashiwagi, A., & Yanagihara, T. (1998). Amnesia after discrete basal forebrain lesion. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *65*, 126-130.
- Aggleton, J. P. & Brown, M. W. (1999). Episodic memory, amnesia, and the hippocampal-anterior thalamic axis. *Behavioral and Brain Sciences*, *22*, 425-489.
- Aggleton, J. P., McMackin, D., Carpenter, K., Hornak, J., Kapur, N., Halpin, S., Wiles, C. M., Kamel, H., Brennan, P., Carton, S., & Gaffan, D. (2000). Differential cognitive effects of colloid cysts in the third ventricle that spare or compromise the fornix. *Brain*, *123*, 800-815.
- Aggleton, J. P. & Pearce, J. M. (2001). Neural systems underlying episodic memory: Insights from animal research. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, *356*, 1467-1482.
- Aggleton, J. P. & Shaw, C. (1996). Amnesia and recognition memory: A re-analysis of psychometric data. *Neuropsychologia*, *34*, 51-62.
- Alexander, M. P., Stuss, D. T., & Fansabedian, N. (2003). California Verbal Learning Test: Performance by patients with focal frontal and non-frontal lesions. *Brain*, *126*, 1493-1503.
- Allan, K., Wilding, E. L., & Rugg, M. D. (1998). Electrophysiological evidence for dissociable processes contributing to recollection. *Acta Psychologica*, *98*, 231-252.
- Allan, K., Wolf, H. A., Rosenthal, C. R., & Rugg, M. D. (2001). The effect of retrieval cues on post-retrieval monitoring in episodic memory: An electrophysiological study. *Cognitive Brain Research*, *12*, 289-299.
- Alvarez, P. & Squire, L. R. (1994). Memory consolidation and the medial temporal lobe: A simple network model. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*, *91*, 7041-7045.
- Anderson, J. R. & Bower, G. H. (1972). Recognition and retrieval processes in free recall. *Psychological Review*, *79*(2), 97-123.
- Andrès, P. (1997). *Effets d'une lésion préfrontale et du vieillissement normal sur les fonctions exécutives* [Effects of prefrontal lesions and normal aging on executive functions ]. Unpublished doctoral dissertation, Université de Liège, Belgium.



- Andrès, P., & Van der Linden, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 55B*, 373–380.
- Andrès, P. & Van der Linden, M. (2001). Supervisory Attentional System in patients with focal frontal lesions. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 23*, 225-239.
- Atkinson, R. C. & Juola, J. F. (1974). Search and decision processes in recognition memory. In D.H.Krantz, R. C. Atkinson, R. D. Luce, & P. Suppes (Eds.), *Contemporary developments in mathematical psychology. Vol. 1. Learning, memory, and thinking* (pp. 243-293). San Francisco: Freeman.
- Auday, B. C., Sullivan, C., & Cross, H. A. (1988). The effects of constrained rehearsal on judgments of temporal order. *Bulletin of the Psychonomic Society, 26*, 548-551.
- Azari, N. P., Auday, B. C., & Cross, H. A. (1989). Effect of instructions on memory for temporal order. *Bulletin of the Psychonomic Society, 27*, 203-205.
- Bäckman, L., Almkvist, O., Andersson, J., Nordberg, A., Winblad, B., Reineck, R., & Langström, B. (1997). Brain activation in young and older adults during implicit and explicit retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience, 9*, 378-391.
- Baddeley, A. D. (1982). Domains of recollection. *Psychological Review, 89*, 708-729.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D., Emslie, H., & Nimmo-Smith, I. (1994). *Doors and People: A test of visual and verbal recall and recognition*. Bury St. Edmunds, England: Thames Valley Test Co.
- Baddeley, A. D., Vargha-Khadem, F., & Mishkin, M. (2001). Preserved recognition in a case of developmental amnesia: Implications for the acquisition of semantic memory? *Journal of Cognitive Neuroscience, 13*, 357-369.
- Baldo, J. V., Delis, D., Kramer, J., & Shimamura, A. P. (2002). Memory performance on the California Verbal Learning Test-II: Findings from patients with focal frontal lesions. *Journal of the International Neuropsychological Society, 8*, 539-546.
- Balota, D. A., Dolan, P. O., & Duchek, J. M. (2000). Memory changes in healthy older adults. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 395-409). New York: Oxford University Press.

- Band, G. P. H., Ridderinkhof, K. R., & Segalowitz, S. (2002). Explaining neurocognitive aging: Is one factor enough? *Brain and Cognition, 49*, 259-267.
- Bartlett, J. C. & Fulton, A. (1991). Familiarity and recognition of faces in old age. *Memory and Cognition, 19*, 229-238.
- Bartlett, J. C. & Leslie, J. E. (1986). Aging and memory for faces versus single views of faces. *Memory & Cognition, 14*, 371-381.
- Bastin, C. & Van der Linden, M. (2003). The contribution of recollection and familiarity to recognition memory: A study of the effects of test format and aging. *Neuropsychology, 17*, 14-24.
- Baxendale, S. A. (1997). The role of the hippocampus in recognition memory. *Neuropsychologia, 35*, 591-598.
- Baxter, M. G. & Murray, E. A. (2001a). Opposite relationship of hippocampal and rhinal cortex damage to delayed nonmatching-to-sample deficits in monkeys. *Hippocampus, 11*, 61-71.
- Baxter, M. G. & Murray, E. A. (2001b). Effects of hippocampal lesions on delayed nonmatching-to-sample in monkeys: A reply to Zola and Squire (2001). *Hippocampus, 11*, 201-203.
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H. C., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition, 50*, 7-15.
- Benjamin, A. S. & Craik, F. I. M. (2001). Parallel effects of aging and time pressure on memory for source: Evidence from the spacing effect. *Memory and Cognition, 29*, 691-697.
- Berman, K. F., Ostrem, J. L., Randolph, C., Gold, J. M., Goldberg, T. E., Coppoli, R., et al. (1995). Physiological activation of a cortical network during performance of the Wisconsin Card Sorting test. *Neuropsychologia, 33*, 1027-1046.
- Bertoni-Freddari, C., Fattoretti, P., Casoli, T., Caselli, U., & Meier-Ruge, W. (1996). Deterioration threshold of synaptic morphology in aging and senile dementia of Alzheimer's type. *Annals of Quantitative Cytology and Histology, 18*, 209-213.

- Biber, C., Butters, N., Rosen, J., Gerstman, L., & Mattis, S. (1981). Encoding strategies and recognition of faces by alcoholic Korsakoff and other brain-damaged patients. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 3, 315-330.
- Bindschaedler, C. (1999). *Perturbations des processus de récupération mnésique associées à des lésions cérébrales frontales*. Unpublished doctoral thesis: University of Geneva.
- Block, R. A. (1982). Temporal judgments and contextual change. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 530-544.
- Block, R. A. & Zakay, D. (2001). Retrospective and prospective timing: Memory, attention, and consciousness. In C. Hoerl & T. McCormack (Eds.), *Time and memory: Issues in philosophy and psychology* (pp. 59-76). Oxford: Clarendon Press.
- Bornstein, R. F. (1989). Exposure and affect: Overview and meta-analysis of research, 1968-1987. *Psychological Bulletin*, 106, 265-289.
- Borsutzky, S., Brand, M., & Fujiwara, E. (2000). Basal forebrain amnesia. *Neurocase*, 6, 377-391.
- Botez, M. I. (1987). Les syndromes du lobe frontal. In M.I. Botez (Ed.), *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement* (pp. 117-134). Paris: Masson.
- Bower, G. H., & Karlin, M. B. (1974). Depth of processing pictures of faces and recognition memory. *Journal of Experimental Psychology*, 103(4), 751-757.
- Bowers, D., Verfaellie, M., Valenstein, E., & Heilman, K. M. (1988). Impaired acquisition of temporal information in retrosplenial amnesia. *Brain and Cognition*, 8, 47-66.
- Brandt, K. R., Macrae, C. N., Schloerscheidt, A. M., & Milne, A. B. (2003). Remembering and knowing others? Person recognition and recollective experience. *Memory*, 11, 89-100.
- Brewer, J. B., Zhao, Z., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. E. (1998). Making memories: Brain activity that predicts how well visual experience will be remembered. *Science*, 281, 1185-1187.
- Brown, A. L. (1973). Judgments of recency for long sequence of pictures: The absence of a developmental trend. *Journal of Experimental Child Psychology*, 15, 473-480.
- Brown, L. L., Schneider, J. S., & Lidsky, T. I. (1997). Sensory and cognitive functions of the basal forebrain. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 157-163.

- Brown, M. W. (2000). Neuronal correlates of recognition memory. In J.J.Bolhuis (Ed.), *Brain, perception, memory* (pp. 185-208). New York: Oxford University Press.
- Brown, M. W. & Aggleton, J. P. (2001). Recognition memory: What are the roles of the perirhinal cortex and hippocampus? *Nature Reviews: Neuroscience*, 2, 51-61.
- Brown, N. R., Rips, L. J., & Shevell, S. K. (1985). The subjective dates of natural events in very long-term memory. *Cognitive Psychology*, 17, 139-177.
- Brown, N. R., Shevell, S. K., & Rips, L. J. (1986). Public memories and their personal context. In D.C. Rubin (Ed.), *Autobiographical memory* (pp. 137-158). New York: Cambridge University Press.
- Bryan, J. & Luszcz, M. A. (1996). Speed of information processing as a mediator between age and free-recall performance. *Psychology and Aging*, 11, 3-9.
- Bryan, J. & Luszcz, M. A. (2000). Measures of fluency as predictors of incidental memory among older adults. *Psychology and Aging*, 15, 483-489.
- Buckner, R. L., Petersen, S. E., Ojemann, J. G., Miezin, F. M., Squire, L. R., & Raichle, M. E. (1995). Functional anatomical studies of explicit and implicit memory retrieval tasks. *The Journal of Neuroscience*, 15, 12-29.
- Buckner, R. L. & Wheeler, M. E. (2001). The cognitive neuroscience of remembering. *Nature Neuroscience*, 2, 624-634.
- Burgess, N., Becker, S., King, J. A., & O'Keefe, J. (2001). Memory for events and their spatial context: Models and experiments. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, 356, 1493-1503.
- Burgess, P. W. (1997). Theory and methodology in executive function research. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 81-116). Hove, England: Psychology Press.
- Burgess, P. W. & Shallice, T. (1996). Response suppression, initiation and strategy use following frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, 34, 263-273.
- Burgess, P. W., Veitch, E., de Lacy Costello, A., & Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*, 38, 848-863.
- Butters, N., Kaszniak, A. W., Glisky, E. L., Eslinger, P. J., & Schacter, D. L. (1994). Recency discrimination deficits in frontal lobe patients. *Neuropsychology*, 8, 343-353.

- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adult: The HAROLD model. *Psychology and Aging, 17*, 85-100.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Houle, S., Mangels, J., & Nyberg, L. (2000). Age-related differences in neural activity during item and temporal-order memory retrieval: A positron emission tomography study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*, 197-206.
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., Kapur, S., Jennings, J. M., Houle, S., & Craik, F. I. M. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: A Positron Emission Tomography study. *The Journal of Neuroscience, 17*, 391-400.
- Cabeza, R., Locantore, J. K., & Anderson, N. D. (2003). Lateralization of prefrontal activity during episodic memory retrieval: Evidence for the Production-Monitoring Hypothesis. *Journal of Cognitive Neuroscience, 15*, 249-259.
- Cabeza, R., Mangels, J., Nyberg, L., Habib, R., Houle, S., McIntosh, A. R., & Tulving, E. (1997). Brain regions differentially involved in remembering what and when: A PET study. *Neuron, 19*, 863-870.
- Cabeza, R. & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*, 1-47.
- Caldwell, J. I. & Masson, M. E. J. (2001). Conscious and unconscious influences of memory for object location. *Memory and Cognition, 29*, 285-295.
- Calev, A. (1984). Recall and recognition in chronic nondemented schizophrenics: Use of matched tasks. *Journal of Abnormal Psychology, 93*, 172-177.
- Cansino, S., Maquet, P., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2002). Brain activity underlying encoding and retrieval of source memory. *Cerebral Cortex, 12*, 1048-1056.
- Cardebat, D., Doyon, B., Puel, M., Goulet, P., & Joanette, Y. (1990). Évocation lexicale formelle et sémantique chez des sujets normaux : performances et dynamiques de production en fonction du sexe, de l'âge et du niveau d'étude. *Acta Neurologica Belgica, 90*, 207-217.
- Cermak, L. S., Talbot, N., Chandler, K., & Wolbarst, L. R. (1985). The perceptual priming phenomenon in amnesia. *Neuropsychologia, 23*, 615-622.

- Chalfonte, B. L. & Johnson, M. K. (1996). Feature memory and binding in young and older adults. *Memory and Cognition*, *24*, 403-416.
- Church, R. M. & Broadbent, H. A. (1990). Alternative representations of time, number, and rate. *Cognition*, *37*, 55-81.
- Cipolotti, L., Shallice, T., Chan, D., Fox, N., Schahill, R., Harrison, G., Stevens, J., & Rudge, P. (2001). Long-term retrograde amnesia... the crucial role of the hippocampus. *Neuropsychologia*, *39*, 151-172.
- Clark, S. E., & Burchett, R. E. R. (1994). Word frequency and list composition effects in associative recognition and recall. *Memory and Cognition*, *22*(1), 55-62.
- Clarys, D., Isingrini, M., & Gana, K. (2002). Mediators of age-related differences in recollective experience in recognition memory. *Acta Psychologica*, *109*, 315-329.
- Clayton, N. S., Griffiths, D. P., Emery, N. J., & Dickinson, A. (2001). Elements of episodic-like memory in animals. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, *356*, 1483-1491.
- Cohen, N. J. & Squire, L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia: Dissociation of knowing how and knowing that. *Science*, *210*, 207-210.
- Cohen, R. L. (1983). The effect of encoding variables on the free recall of words and action events. *Memory and Cognition*, *11*, 575-582.
- Coin, C. & Tiberghien, G. (1997). Encoding activity and face recognition. *Memory*, *5*, 545-568.
- Collette, F. & Van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *26*, 105-125.
- Collette, F., Van der Linden, M., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., & Salmon, E. (2001). The functional anatomy of inhibition processes investigated with the Hayling Task. *NeuroImage*, *14*, 258-267.
- Content, A., Mousty, P., & Radeau M. (1990). Brulex : Une base de données lexicales informatisées pour le français écrit et parlé. *L'Année Psychologique*, *90*, 551-566.
- Conway, M. A. (2001). Sensory-perceptual episodic memory and its context: Autobiographical memory. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, *356*, 1375-1384.

- Conway, M. A., Gardiner, J. M., Perfect, T. J., Anderson, S. J., & Cohen, G. M. (1997). Changes in memory awareness during learning: The acquisition of knowledge by psychology undergraduates. *Journal of Experimental Psychology: General*, *126*, 393-413.
- Conway, M. A., & Rubin, D. C. (1993). The structure of autobiographical memory. In A. F. Collins, S. E. Gathercole, M. A. Conway, & P. E. Morris (Eds.), *Theories of memory* (pp. 103-137). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Craik, F. I. M. (2002). Levels of processing: Past, present ... and future? *Memory*, *10*, 305-318.
- Craik, F. I. M. & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: The role of attentional resources. In F.I.M. Craik & S. Trehub (Eds.), *Aging and cognitive processes* (pp. 191-211). New York: Plenum Press.
- Craik, F. I. M. & Jennings, J. M. (1992). Human memory. In F.I.M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 51-110). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *11*, 671-684.
- Craik, F. I. M. & McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *13*, 474-479.
- Craik, F. I. M., Morris, L. W., Morris, R. G., & Loewen, E. R. (1990). Relations between source amnesia and frontal lobe functioning in older adults. *Psychology and Aging*, *5*, 148-151.
- Crawford, J. R. & Garthwaite, P. H. (2002). Investigation of the single case in neuropsychology: Confidence limits on the abnormality of test scores and test score differences. *Neuropsychologia*, *40*, 1196-1208.
- Crawford, J. R., Garthwaite, P. H., & Gray, C. D. (2003). Wanted: Fully operational definitions of dissociations in single-case studies. *Cortex*, *39*, 357-370.
- Curran, T. (2000). Brain potentials of recollection and familiarity. *Memory and Cognition*, *28*, 923-938.
- Curran, T. & Cleary, A. M. (2003). Using ERPs to dissociate recollection from familiarity in picture recognition. *Cognitive Brain Research*, *15*, 191-205.

- Curran, T. & Friedman, W. J. (2003). Differentiating location- and distance-based processes in memory for time: An ERP study. *Psychonomic Bulletin and Review*, 10, 711-717.
- Curran, T., Schacter, D. L., Norman, K. A., & Galluccio, L. (1997). False recognition after a right frontal lobe infarction: Memory for general and specific information. *Neuropsychologia*, 35, 1035-1049.
- D'Honincthun, P. C., & Adam, S. (2001). Vieillesse et processus de récupération en mémoire à long terme : Applications de la procédure de dissociation de processus à des tâches de reconnaissance verbale et visuelle. Unpublished data.
- Daigneault, S., Braun, C. M. J., & Whitaker, H. A. (1992). Early effects of normal aging on perseverative and non-perseverative prefrontal measures. *Developmental Neuropsychology*, 8, 99-114.
- Damasio, H. C. (1991). Neuroanatomy of frontal lobe in vivo: A comment on methodology. In H. S. Levin, H. M. Eisenberg, & A. L. Benton (Eds.), *Frontal lobe function and dysfunction* (pp. 92-125). New York: Oxford University Press.
- Damasio, H. C. & Damasio, A. R. (1989). *Lesion analysis in neuropsychology*. New York: Oxford University Press.
- Daselaar, S. M., Rombouts, S. A. R. B., Veltman, D. J., Raaijmakers, J. G. W., Lazeron, R. H. C., & Jonker, C. (2001). Parahippocampal activation during successful recognition of words: A self-paced event-related fMRI study. *NeuroImage*, 13, 1113-1120.
- Daum, I., Gräber, S., Schugens, M. M., & Mayes, A. R. (1996). Memory dysfunction of the frontal type in normal ageing. *NeuroReport*, 7, 2625-2628.
- Davachi, L., Mitchell, J. P., & Wagner, A. D. (2003). Multiple routes to memory: Distinct medial temporal lobe processes build item and source memories. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, 100, 2157-2162.
- Davachi, L. & Wagner, A. D. (2002). Hippocampal contributions to episodic encoding: Insights from relational and item-based learning. *Journal of Neurophysiology*, 88, 982-990.
- Deffenbacher, K. A., Leu, J. R., & Brown, E. L. (1981). Memory for faces: Testing method, encoding strategy, and confidence. *American Journal of Psychology*, 94, 13-26.
- Delay, J. & Brion, S. (1969). *Le syndrome de Korsakoff*. Paris: Masson.



- Delbecq-Derouesné, J., Beauvois, M. F., & Shallice, T. (1990). Preserved recall versus impaired recognition: A case study. *Brain*, *113*, 1045-1074.
- Delis, D. C., Kramer, J., Kaplan, E., & Ober, B. A. (1987). *California Verbal Learning Test (CVLT) Manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Della Salla, S., Laiacona, M., Spinnler, H., & Trivelli, C. (1993). Autobiographical recollection and frontal damage. *Neuropsychologia*, *31*, 823-839.
- Deltour, J.-J. (1993). *Echelle de vocabulaire de Mill Hill de J.C. Raven. Adaptation française et normes comparées du Mill Hill et du Standard Progressive Matrices (PM 38) Manuel*. Braine-le-Château: Editions L'Application des Techniques Modernes.
- Desgranges, B., Baron, J.-C., & Eustache, F. (1998). The functional neuroanatomy of episodic memory: The role of the frontal lobes, the hippocampal formation, and other areas. *NeuroImage*, *8*, 198-213.
- Dewhurst, S. A. & Anderson, S. J. (1999). Effects of exact and category repetition in true and false recognition memory. *Memory and Cognition*, *27*, 665-673.
- Dewhurst, S. A. & Conway, M. A. (1994). Pictures, images, and recollective experience. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *20*, 1088-1098.
- Dewhurst, S. A., Hitch, G. J., & Barry, C. (1998). Separate effects of word frequency and age of acquisition in recognition and recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *24*(2), 284-298
- Diamond, B. J., DeLuca, J., & Kelley, S. M. (1997). Memory and executive functions in amnesic and non-amnesic patients with aneurysms of the anterior communicating artery. *Brain*, *120*, 1015-1025.
- Dobbins, I. G., Khoe, W., Yonelinas, A. P., & Kroll, N. E. A. (2000). Predicting individual false alarm rates and signal detection theory: A role of remembering. *Memory and Cognition*, *28*, 1347-1356.
- Dobbins, I. G., Kroll, N. E. A., Yonelinas, A. P., & Liu, Q. (1998). Distinctiveness in recognition and free recall: The role of recollection in the rejection of the familiar. *Journal of Memory and Language*, *38*, 381-400.

- Dobbins, I. G., Rice, H. J., Wagner, A. D., & Schacter, D. L. (2003). Memory orientation and success: Separable neurocognitive components underlying episodic recognition. *Neuropsychologia*, *41*, 318-333.
- Dolan, R. J., & Fletcher, P. C. (1997). Dissociating prefrontal and hippocampal function in episodic memory encoding. *Nature*, *388*(6642), 582-585.
- Donaldson, D. I. & Rugg, M. D. (1998). Recognition memory for new associations: Electrophysiological evidence for the role of recollection. *Neuropsychologia*, *36*, 377-395.
- Donaldson, W. (1996). The role of decision processes in remembering and knowing. *Memory and Cognition*, *24*, 523-533.
- Downes, J. J., Mayes, A. R., MacDonald, C., & Hunkin, N. M. (2002). Temporal order memory in patients with Korsakoff's syndrome and medial temporal amnesia. *Neuropsychologia*, *40*, 853-861.
- Dumas, J. A. & Hartman, M. (2003). Adult age differences in temporal and item memory. *Psychology and Aging*, *18*, 573-586.
- Duncan, J. (1995). Attention, intelligence, and the frontal lobes. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 721-733). Cambridge: MIT Press.
- Dunn, J. O. (1998). Implicit memory and amnesia. In K. Kirsner, C. Speelman, M. Maybery, A. O'Brien-Malone, M. Anderson, & C. MacLeod (Eds.), *Implicit and explicit mental processes* (pp. 99-117). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Dusoir, H., Kapur, N., Byrnes, D. P., McKinstry, S., & Hoare, R. D. (1990). The role of diencephalic pathology in human memory disorder: Evidence from a penetrating paranasal brain injury. *Brain*, *113*, 1695-1706.
- Düzel, E., Vargha-Khadem, F., Heinze, H.-J., & Mishkin, M. (2001). Brain activity evidence for recognition without recollection after early hippocampal damage. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, *98*, 8101-8106.
- Düzel, E., Yonelinas, A. P., Mangun, G. R., Heinze, H.-J., & Tulving, E. (1997). Event-related brain potential correlates of two states of conscious awareness in memory. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*, *94*, 5973-5978.
- Eichenbaum, H., Otto, T., & Cohen, N. J. (1994). Two functional components of the hippocampal memory system. *Behavioral and Brain Sciences*, *17*, 449-518.

- Eldridge, L. L., Knowlton, B. J., Furmanski, C. S., Bookheimer, S. Y., & Engel, S. A. (2000). Remembering episodes: A selective role for the hippocampus during retrieval. *Nature Neuroscience*, 3, 1149-1152.
- Eldridge, L. L., Sarfatti, S., & Knowlton, B. J. (2002). The effect of testing procedure on remember-know judgments. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 139-145.
- Estes, W. K. (1972). An associative basis for coding and organization in memory. In A. Melton & E. Martin (Eds.), *Coding processes in human memory* (pp. 161-190). Washington, DC: V. H. Winston.
- Estes, W. K. (1985). Memory for temporal information. In J. A. Michon & J. Jackson (Eds.), *Time, mind and behavior* (pp. 151-168). Berlin: Springer-Verlag.
- Fabiani, M. & Friedman, D. (1997). Dissociations between memory for temporal order and recognition memory in aging. *Neuropsychologia*, 35, 129-141.
- Ferguson, S. A., Hashtroudi, S., & Johnson, M. K. (1992). Age differences in using source-relevant cues. *Psychology and Aging*, 7, 443-542.
- Fleischman, D. A., Vaidya, C. J., Lange, K. L., & Gabrieli, J. D. E. (1997). A dissociation between perceptual explicit and implicit memory processes. *Brain and Cognition*, 55, 42-57.
- Fletcher, P. C. & Henson, R. N. A. (2001). Frontal lobes and human memory: Insights from functional neuroimaging. *Brain*, 124, 849-881.
- Fletcher, P. C., Shallice, T., & Dolan, R. J. (1998). The functional roles of prefrontal cortex in episodic memory. I. Encoding. *Brain*, 121, 1239-1248.
- Fletcher, P. C., Stephenson, C. M. E., Carpenter, T. A., Donovan, T., & Bullmore, E. T. (2003). Regional brain activations predicting subsequent memory success: An event-related fMRI study of the influence of encoding tasks. *Cortex*, 39, 1009-1026.
- Folstein, M.F., Folstein, S.E., & McHugh, P.R. (1975). "Mini-Mental State": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.

- Fortin, S., Godbout, L., & Braun, C. M. J. (2002). Strategic sequence planning and prospective memory impairments in frontally lesioned head trauma patients performing activities of daily living. *Brain and Cognition, 48*, 361-365.
- Friedman, W. J. (1993). Memory for the time of past events. *Psychological Bulletin, 113*, 44-66.
- Friedman, W. J. (1996). Distance and location processes in memory for the times of past events. In D.L. Medin (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 1-41). Orlando: Academic Press.
- Friedman, W. J. (2001). Memory processes underlying humans' chronological sense of the past. In C. Hoerl & T. McCormack (Eds.), *Time and memory: Issues in philosophy and psychology* (pp. 139-167). Oxford: Clarendon Press.
- Friedman, W. J. & Huttenlocher, J. (1997). Memory for the time of "60 Minutes" stories and news events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 23*, 560-569.
- Friedman, W. J. & Wilkins, A. J. (1985). Scale effects in memory for the time of events. *Memory and Cognition, 13*, 168-175.
- Fujii, T., Moscovitch, M., & Nadel, L. (2000). Memory consolidation, retrograde amnesia, and the temporal lobe. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (2 ed., pp. 223-250). Amsterdam: Elsevier.
- Fujii, T., Okuda, J., Kawashima, R., Yamadori, A., Fukatsu, R., Suzuki, K., Ito, M., Goto, R., & Fukuda, H. (1997). Different roles of the left and right parahippocampal regions in verbal recognition: A PET study. *NeuroReport, 8*, 1113-1117.
- Fukatsu, R., Yamadori, A., & Fujii, T. (1998). Impaired recall and preserved encoding in prominent amnesic syndrome: A case of basal forebrain amnesia. *Neurology, 50*, 539-541.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex*. New York: Raven Press.
- Gabrieli, J. D. E., Cohen, N. J., & Corkin, S. (1988). The impaired learning of semantic knowledge following bilateral medial temporal-lobe resection. *Brain and Cognition, 7*, 157-177.

- Gabrieli, J. D. E., Fleischman, D. A., Keane, M. M., Reminger, S. L., & Morrell, F. (1995). Double dissociation between memory systems underlying explicit and implicit memory in the human brain. *Psychological Science*, *6*, 76-82.
- Gabrieli, J. D. E., Poldrack, R. A., & Desmond, J. E. (1998). The role of left prefrontal cortex in language and memory. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, *95*, 906-913.
- Gadian, D. G., Aicardi, J., Watkins, K. E., Porter, D. A., Mishkin, M., & Vargha-Khadem, F. (2000). Developmental amnesia associated with early hypoxic-ischaemic injury. *Brain*, *123*, 499-507.
- Gaffan, D. A. (1992). The role of the hippocampus-fornix-mammillary system in episodic memory. In L.R. Squire & N. Butters (Eds.), *Neuropsychology of memory* (pp. 336-346). New York: Guilford Press.
- Gale, S. D., Hopkins, R. O., Weaver, L. K., Bigler, E. D., Booth, E. J., & Blatter, D. D. (1999). MRI, quantitative MRI, SPECT, and neuropsychological findings following carbon monoxide poisoning. *Brain injury*, *13*, 229-243.
- Gardiner, J. M. (1988). Functional aspects of recollective experience. *Memory and Cognition*, *16*, 309-313.
- Gardiner, J. M. (2001). Episodic memory and auto-noetic consciousness: A first-person approach. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, *356*, 1351-1361.
- Gardiner, J. M. & Conway, M. A. (1999). Levels of awareness and varieties of experience. In B.H.Challis & B. M. Velichkovsky (Eds.), *Stratification in cognition and consciousness: Advances in consciousness research* (pp. 237-254). Amsterdam, Netherlands: John Benjamins Publishing Company.
- Gardiner, J. M. & Gregg, V. H. (1997). Recognition memory with little or no remembering: Implications for a detection model. *Psychonomic Bulletin and Review*, *4*, 474-479.
- Gardiner, J. M. & Java, R. I. (1990). Recollective experience in word and nonword recognition. *Memory and Cognition*, *18*, 23-30.
- Gardiner, J. M. & Java, R. I. (1991). Forgetting in recognition memory with and without recollective experience. *Memory and Cognition*, *19*, 617-623.
- Gardiner, J. M. & Java, R. I. (1993a). Recognising and remembering. In A.F. Collins, S. E. Gathercole, M. A. Conway, & P. E. Morris (Eds.), *Theories of memory* (pp. 163-188). Hove, England: Lawrence Erlbaum Associates.

- Gardiner, J. M. & Java, R. I. (1993b). Recognition memory and awareness: An experiential approach. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5, 337-346.
- Gardiner, J. M., Java, R. I., & Richardson-Klavehn, A. (1996). How level of processing really influences awareness in recognition memory. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 50, 114-122.
- Gardiner, J. M., Kaminska, Z., Dixon, M., & Java, R. I. (1996). Repetition of previously novel melodies sometimes increases both remember and know responses in recognition memory. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 366-371.
- Gardiner, J. M. & Parkin, A. J. (1990). Attention and recollective experience in recognition memory. *Memory and Cognition*, 18, 579-583.
- Gardiner, J. M. & Radomski, E. (1999). Awareness of recognition memory for Polish and English folk songs and English folk. *Memory*, 7, 461-470.
- Gardiner, J. M., Ramponi, C., & Richardson-Klavehn, A. (1998). Experiences of remembering, knowing, and guessing. *Consciousness and Cognition*, 7, 1-26.
- Gardiner, J. M., Ramponi, C., & Richardson-Klavehn, A. (1999). Response deadline and subjective awareness in recognition memory. *Consciousness and Cognition*, 8, 484-496.
- Gardiner, J. M., Ramponi, C., & Richardson-Klavehn, A. (2002). Recognition memory and decision processes: A meta-analysis of remember, know, and guess responses. *Memory*, 10, 83-98.
- Gardiner, J. M. & Richardson-Klavehn, A. (2000). Remembering and knowing. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of neuropsychology* (pp. 229-244). New York: Oxford University Press.
- Gardiner, J. M., Richardson-Klavehn, A., & Ramponi, C. (1997). On reporting recollective experiences and "direct access to memory systems". *Psychological Science*, 8, 391-394.
- Gershberg, F. B. & Shimamura, A. P. (1995). Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, 13, 1305-1333.
- Giovanello, K. S. & Verfaellie, M. (2001). The relationship between recall and recognition in amnesia: Effects of matching recognition between patients with amnesia and controls. *Neuropsychologia*, 15, 444-451.

- Glenberg, A. M. & Swanson, N. G. (1986). A temporal distinctiveness theory of recency and modality effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 3-15.
- Glisky, E. L., Polster, M. R., & Routhieaux, B. C. (1995). Double dissociation between item and source memory. *Neuropsychology*, 9, 229-235.
- Glisky, E. L., Rubin, S. R., & Davidson, P. S. R. (2001). Source memory on older adults: An encoding or retrieval problem? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27, 1131-1146.
- Glisky, E. L., Schacter, D. L., & Tulving, E. (1986). Learning and retention of computer-related vocabulary in memory-impaired patients: Method of vanishing cues. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 8, 292-312.
- Golby, A. J., Poldrack, R. A., Brewer, J. B., Spencer, D., Desmond, J. E., Aron, A. P., & Gabrieli, J. D. E. (2001). Material-specific lateralization in the medial temporal lobe and prefrontal cortex during memory encoding. *Brain*, 124, 1841-1854.
- Goldenberg, G., Schuri, U., Grömminger, O., & Arnold, U. (1999). Basal forebrain amnesia: Does the nucleus accumbens contribute to human memory? *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 67, 163-168.
- Grady, C. L. (2000). Functional brain imaging and age-related changes in cognition. *Biological Psychology*, 54, 259-281.
- Grady, C. L., Bernstein, L. J., Beig, S., & Siegenthaler, A. L. (2002). The effects of encoding task on age-related differences in the functional neuroanatomy of face memory. *Psychology and Aging*, 17, 7-23.
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., & Craik, F. I. M. (2003). Age-related differences in the functional connectivity of the hippocampus during memory encoding. *Hippocampus*, 13, 572-586.
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., Horwitz, B., Maisog, J. M., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., Pietrini, P., Schapiro, M. B., & Haxby, J. V. (1995). Age-related reductions in human recognition memory due to impaired encoding. *Science*, 269, 218-221.
- Graham, K. S., Lambon Ralph, M. A., & Hodges, J. R. (1997). Determining the impact of autobiographical experience on "meaning": New insights from investigating sports-

- related vocabulary and knowledge in two cases with semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 801-837.
- Graham, K. S., Simons, J. S., Pratt, K. H., Patterson, K., & Hodges, J. R. (2000). Insights from semantic dementia on the relationship between episodic and semantic memory. *Neuropsychologia*, 38, 313-324.
- GRECO (1995 and 1997). Dementia Rating Scale, French version adopted by the Reflection Group on Cognitive Assessment GRECO. Unpublished data.
- Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley.
- Greenwood, P. M. (2000a). The frontal aging hypothesis evaluated. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 705-726.
- Greenwood, P. M. (2000b). Reply to West. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 730.
- Gregg, V. H. & Gardiner, J. M. (1994). Recognition memory and awareness: A large effect of study-test modalities on "Know" responses following a highly perceptual orienting task. *European Journal of Cognitive Psychology*, 6, 131-147.
- Greicius, M. D., Krasnow, B., Boyett-Anderson, J. M., Eliez, S., Schatzberg, A. F., Reiss, A. L., & Menon, V. (2003). Regional analysis of hippocampal activation during memory encoding and retrieval: fMRI study. *Hippocampus*, 13, 164-174.
- Grober, E. & Buschke, H. (1986). Genuine memory deficits in dementia. *Developmental Neuropsychology*, 3, 13-36.
- Gronlund, S. D., Edwards, M. B., & Ohrt, D. D. (1997). Comparison of the retrieval of item versus spatial position information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1261-1274.
- Gronlund, S. D. & Ratcliff, R. (1989). Time course of item and associative information: Implications for global memory models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 846-858.
- Guenther, R. K. & Linton, M. (1975). Mechanisms of temporal coding. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 104, 182-187.



- Guttentag, R. E. & Carroll, D. (1997). Recollection-based recognition: Word frequency effects. *Journal of Memory and Language*, 37, 502-516.
- Habib, R., Nyberg, L., & Tulving, E. (2003). Hemispheric asymmetries of memory: The HERA model revisited. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 241-245.
- Hacker, M. J., & Ratcliff, R. A. (1979). A revised table of  $d'$  for M-alternative forced-choice. *Perception & Psychophysics*, 26, 168-170.
- Haist, F., Shimamura, A. P., & Squire, L. R. (1992). On the relationship between recall and recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 691-702.
- Hamann, S. B. & Squire, L. R. (1997). Intact perceptual memory in the absence of conscious memory. *Behavioral Neuroscience*, 111, 850-854.
- Hanley, J. R. & Davies, A. D. M. (1997). Impaired recall and preserved recognition. In A.J.Parkin (Ed.), *Case studies in the neuropsychology of memory* (pp. 111-126). Hove, UK: Psychology Press.
- Hanley, J. R., Davies, A. M., Downes, J. J., & Mayes, A. R. (1994). Impaired recall of verbal material following rupture and repair of an anterior communicating artery aneurysm. *Cognitive Neuropsychology*, 11, 543-578.
- Hanley, J. R., Davies, A. D. M., Downes, J. J., Roberts, J. N., Gong, Q. Y., & Mayes, A. R. (2001). Remembering and knowing in a patient with preserved recognition and impaired recall. *Neuropsychologia*, 39, 1003-1010.
- Harding, A., Halliday, G., Caine, D., & Kril, J. (2000). Degeneration of anterior thalamic nuclei differentiates alcoholics with amnesia. *Brain*, 123, 141-154.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 356-388.
- 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, pp. 193-225). San Diego, CA: Academic Press.
- Hashtroudi, S., Johnson, M. K., & Chrosniak, L. D. (1989). Aging and source monitoring. *Psychology and Aging*, 4, 106-112.

- Hasselmo, M. E. & McClelland, J. L. (1999). Neural models of memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 9, 184-188.
- Hasselmo, M. E. & Wyble, B. P. (1997). Free recall and recognition in a network model of the hippocampus: Simulating effects of scopolamine on human memory function. *Behavioural Brain Research*, 89, 1-34.
- Heilman, K. M., Bowers, D., Watson, R. T., Day, A., Valenstein, E., Hammond, E., & Duara, R. (1990). Frontal hypermetabolism and thalamic hypometabolism in a patient with abnormal orienting and retrosplenial amnesia. *Neuropsychologia*, 28, 161-169.
- Henke, K., Buck, A., Weber, B., & Wieser, H. G. (1997). Human hippocampus establishes associations in memory. *Hippocampus*, 7, 249-256.
- Henke, K., Kroll, H., Behnia, H., Amaral, D. G., Miller, M. B., Rafal, R., & Gazzaniga, M. S. (1999). Memory lost and regained following bilateral hippocampal damage. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 682-697.
- Henke, K., Weber, B., Kneifel, S., Wieser, H. G., & Buck, A. (1999). Human hippocampus associates information in memory. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*, 96, 5884-5889.
- Henson, R. N. A., Rugg, M. D., & Shallice, T. (2000). Confidence in recognition memory for words: Dissociating right prefrontal roles in episodic retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 913-923.
- Henson, R. N. A., Rugg, M. D., Shallice, T., Josephs, O., & Dolan, R. J. (1999). Recollection and familiarity in recognition memory: An event-related functional magnetic resonance imaging study. *The Journal of Neuroscience*, 19, 3962-3972.
- Henson, R. N. A., Shallice, T., & Dolan, R. J. (1999). Right prefrontal cortex and episodic memory retrieval: A functional MRI test of the monitoring hypothesis. *Brain*, 122, 1367-1681.
- Hicks, J. L. & Marsh, R. L. (1999). Remember-Know judgments can depend on how memory is tested. *Psychonomic Bulletin and Review*, 6, 117-122.
- Hinrichs, J. V. (1970). A two-process memory-strength theory for judgment of recency. *Psychological Review*, 77, 223-233.
- Hintzman, D. L., Block, R. A., & Summers, J. J. (1973). Contextual associations and memory for serial position. *Journal of Experimental Psychology*, 97(2), 220-229.

- Hintzman, D. L. & Caulton, D. A. (1997). Recognition memory and modality judgments: A comparison of retrieval dynamics. *Journal of Memory and Language*, 37, 1-23.
- Hintzman, D. L., Caulton, D. A., & Levitin, D. J. (1998). Retrieval dynamics in recognition and list discrimination: Further evidence of separate processes of familiarity and recall. *Memory and Cognition*, 26, 449-462.
- Hintzman, D. L. & Curran, T. (1994). Retrieval dynamics of recognition and frequency judgments: Evidence for separate processes of familiarity and recall. *Journal of Memory and Language*, 33, 1-18.
- Hirshman, E. & Master, S. (1997). Modelling the conscious correlates of recognition memory: Reflections on the remember-know paradigm. *Memory and Cognition*, 25, 345-351.
- Hirst, W., Johnson, M. K., Kim, J. K., Phelps, E. A., Risse, G., & Volpe, B. T. (1986). Recognition and recall in amnesics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 445-451.
- Hirst, W., Johnson, M. K., Phelps, E. A., & Volpe, B. T. (1988). More on recognition and recall in amnesics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 758-762.
- Hirst, W., Phelps, E. A., Johnson, M. K., & Volpe, B. T. (1988). Amnesia and second language learning. *Brain and Cognition*, 8, 105-116.
- Hockley, W. E. & Consoli, A. (1999). Familiarity and recollection in item and associative recognition. *Memory and Cognition*, 27, 657-664.
- Hodges, J. R., & Carpenter, K. (1991). Anterograde amnesia with fornix damage following removal of 3rd ventricle colloid cyst. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 54, 633-638.
- Hodges, J. R., Patterson, K., & Tyler, L. K. (1994). Loss of semantic memory: Implications for the modularity of mind. *Cognitive Neuropsychology*, 11, 505-542.
- Hogenraad, R. & Orianne, E. (1981). Valences d'imagerie de 1130 noms de la langue française parlée. *Psychologica Belgica*, 21, 21-30.
- Holdstock, J. S., Mayes, A. R., Cezayirli, E., Isaac, C. L., Aggleton, J. P., & Roberts, N. (2000). A comparison of egocentric and allocentric spatial memory in a patient with selective hippocampal damage. *Neuropsychologia*, 38, 410-425.

- Holdstock, J. S., Mayes, A. R., Isaac, C. L., Gong, Q., & Roberts, N. (2002). Differential involvement of the hippocampus and temporal lobes cortices in rapid and slow learning of new semantic information. *Neuropsychologia*, *40*, 748-768.
- Holdstock, J. S., Mayes, A. R., Roberts, N., Cezayirli, E., Isaac, C. L., O'Reilly, R. C., & Norman, K. A. (2002). Under what conditions is recognition spared relative to recall following selective hippocampal damage in humans? *Hippocampus*, *12*, 341-351.
- Holdstock, J. S., Shaw, C., & Aggleton, J. P. (1995). The performance of amnesic subjects on tests of delayed matching-to-sample and delayed matching-to-position. *Neuropsychologia*, *33*, 1583-1596.
- Hopkins, R. O., Kesner, R. P., & Goldstein, M. (1995). Memory for novel and familiar spatial and linguistic temporal distance information in hypoxic subjects. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *1*, 454-468.
- Hopkins, R. O., Weaver, L. K., & Kesner, R. P. (1993). Long term memory impairments and hippocampal magnetic resonance imaging in carbon monoxide poisoned subjects. *Undersea Hyperbaric Medicine*, *20*, 15.
- Hultsch, D. F., Hertzog, C., & Dixon, R. A. (1990). Ability correlates of memory performance in adulthood and aging. *Psychology and Aging*, *5*, 356-368.
- Hunkin, N. M. & Parkin, A. J. (1993). Recency judgements in Wernicke-Korsakoff and post-encephalitic amnesia: Influences of proactive interference and retention interval. *Cortex*, *29*, 485-499.
- Hunkin, N. M., Parkin, A. J., & Longmore, B. E. (1994). Aetiological variation in the amnesic syndrome: Comparisons using the list discrimination task. *Neuropsychologia*, *32*, 819-825.
- Huppert, F. A. & Piercy, M. (1976). Recognition memory in amnesic patients: Effect of temporal context and familiarity of material. *Cortex*, *12*, 3-20.
- Huppert, F. A. & Piercy, M. (1979). Normal and abnormal forgetting in organic amnesia: Effect of locus of lesion. *Cortex*, *15*, 385-390.
- Incisa della Rocchetta, A. (1986). Classification and recall of pictures after unilateral frontal or temporal lobectomy. *Cortex*, *22*, 189-211.
- Incisa della Rocchetta, A., & Milner, B. (1993). Strategic search and retrieval inhibition: The role of the frontal lobes. *Neuropsychologia*, *31*, 503-524.

- Insausti, R., Amaral, D. G., & Cowan, W. M. (1987). The entorhinal cortex of the monkey. II. Cortical afferents. *Journal of Comparative Neurology*, *264*, 356-395.
- Jackson, J. L., Michon, J. A., Boonstra, H., De Jonge, D., & De Velde Harsenhorst, J. (1986). The effects of depth of processing on temporal judgment tasks. *Acta Psychologica*, *62*, 199-210.
- Jackson, J. L., Michon, J. A., & Vermeeren, A. (1984). The processing of temporal information. In J. Gibbon & L. Allon (Eds.), *Timing and time perception* (pp. 603-604). New York: Annals of the New York Academy of Sciences.
- Jacoby, L. L. (1983). Perceptual enhancement: Persistent effects of an experience. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *9*, 21-38.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, *30*, 513-541.
- Jacoby, L. L. (1999). Ironic effects of repetition: Measuring age-related differences in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *25*, 3-22.
- Jacoby, L. L. & Dallas, M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *110*, 306-340.
- Jacoby, L. L., Jones, T. C., & Dolan, P. O. (1998). Two effects of repetition: Support for a dual-process model of know judgments and exclusion errors. *Psychonomic Bulletin and Review*, *5*, 705-709.
- Jacoby, L. L. & Kelley, C. M. (1992). Unconscious influences of memory: Dissociations and automaticity. In A.D. Milner & M. D. Rugg (Eds.), *The neuropsychology of consciousness* (pp. 201-233). London: Academic Press.
- Jacoby, L. L., Kelley, C. M., & Dywan, J. (1989). Memory attributions. In H.L. Roediger & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 391-422). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jacoby, L. L., Toth, J. P., & Yonelinas, A. P. (1993). Separating conscious and unconscious influences of memory: Measuring recollection. *Journal of Experimental Psychology: General*, *122*, 139-154.

- Jacoby, L. L., Woloshyn, V., & Kelley, C. M. (1989). Becoming famous without being recognized: Unconscious influences of memory produced by dividing attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, *118*, 115-125.
- Jacoby, L. L., Yonelinas, A. P., & Jennings, J. M. (1997). The relation between conscious and unconscious (automatic) influences: A declaration of independence. In J.D.Cohen & J. W. Schooler (Eds.), *Scientific approaches to consciousness* (pp. 13-47). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Janowsky, J. S., Shimamura, A. P., Kritchevsky, M., & Squire, L. R. (1989). Cognitive impairment following frontal lobe damage and its relevance to human amnesia. *Behavioral Neuroscience*, *103*, 548-560.
- Janowsky, J. S., Shimamura, A. P., & Squire, L. R. (1989a). Memory and metamemory: Comparisons between patients with frontal lobe lesions and amnesic patients. *Psychobiology*, *17*, 3-11.
- Janowsky, J. S., Shimamura, A. P., & Squire, L. R. (1989b). Source memory impairment in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, *27*, 1043-1056.
- Java, R. I. (1996). Effects of age on state of awareness following implicit and explicit word-association tasks. *Psychology and Aging*, *11*, 108-111.
- Java, R. I., Gregg, V. H., & Gardiner, J. M. (1997). What do people actually remember (and know) in "Remember/Know" experiments? *European Journal of Cognitive Psychology*, *9*, 187-197.
- Jennings, J. M. & Jacoby, L. L. (1993). Automatic versus intentional uses of memory: Aging, attention, and control. *Psychology and Aging*, *8*, 283-293.
- Jennings, J. M. & Jacoby, L. L. (1997). An opposition procedure for detecting age-related deficits in recollection: Telling effects of repetition. *Psychology and Aging*, *12*, 352-361.
- Jetter, W., Poser, U., Freeman, R. B., & Markowitsch, H. J. (1986). A verbal long term memory deficit in frontal lobe damaged patients. *Cortex*, *22*, 229-242.
- Johnson, M. K., Hashtroudi, S., & Lindsay, D. S. (1993). Source monitoring. *Psychological Bulletin*, *114*, 3-28.

- Johnson, M. K., Kounios, J., & Reeder, J. A. (1994). Time-course studies of reality monitoring and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *20*, 1409-1419.
- Johnson, M. K., O'Connor, M., & Cantor, J. (1997). Confabulation, memory deficits, and frontal dysfunction. *Brain and Cognition*, *34*(2), 189-206.
- Johnston, W. A., Dark, V. J., & Jacoby, L. L. (1985). Perceptual fluency and recognition judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *11*, 3-11.
- Jones, G. V. (1987). Independence and exclusivity among psychological processes: Implications for the structure of recall. *Psychological Review*, *94*, 229-235.
- Jurado, M. A., Junqué, C., Pujol, J., Oliver, B., & Vendrell, P. (1997). Impaired estimation of word occurrence frequency in frontal lobe patients. *Neuropsychologia*, *35*, 635-641.
- Kanwisher, N., Chun, M., McDermott, J., & Ledden, P. (1996). Functional imaging of human visual recognition. *Cognitive Brain Research*, *5*, 55-67.
- Kaplan, E. F., Goodglass, H., & Weintraub, S. (1983). *The Boston Naming Test*. (2nd ed.) Philadelphia: Lea & Febiger.
- Kapur, S., Craik, F. I. M., Tulving, E., Wilson, A. A., Houle, S., & Brown, G. M. (1994). Neuroanatomical correlates of encoding in episodic memory: Levels of processing effect. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*, *91*, 2008-2011.
- Kapur, N., Crewes, H., Wise, R., Abbott, P., Carter, J., Millar, J., & Lang, D. (1998). Mammillary body damage results in memory impairment but not amnesia. *Neurocase*, *4*, 509-517.
- Kapur, N., Young, A., Bateman, D., & Kennedy, P. (1989). Focal retrograde amnesia: A long-term clinical and neuropsychological follow-up. *Cortex*, *25*, 387-402.
- Kartsounis, L. D., Poynton, A., Bridges, P. K., & Bartlett, J. R. (1991). Neuropsychological correlates of stereotactic subcaudate tractotomy: A prospective study. *Brain*, *114*, 2657-2673.
- Kausler, D. H., Salthouse, T. A., & Saults, J. S. (1988). Temporal memory over the adult lifespan. *American Journal of Psychology*, *101*, 207-215.

- Kelley, W. M., Miezin, F. M., McDermott, K. B., Buckner, R. L., Raichle, M. E., Cohen, N. J., Ollinger, J. M., Akbudak, E., Conturo, T. E., Snyder, A. Z., & Petersen, S. E. (1998). Hemispheric specialization in human dorsal frontal cortex and medial-temporal lobe for verbal and non-verbal memory encoding. *Neuron*, *20*, 927-936.
- Kesner, R. P., Hopkins, R. O., & Chiba, A. A. (1992). Learning and memory in humans, with an emphasis on the role of the hippocampus. In L.R.Squire & N. Butters (Eds.), *Neuropsychology of memory* (2nd ed., pp. 106-121). New York: Guilford Press.
- Kesner, R. P., Hopkins, R. O., & Fineman, B. (1994). Item and order dissociation in humans with prefrontal cortex damage. *Neuropsychologia*, *32*, 881-891.
- Khoe, W., Kroll, N. E. A., Yonelinas, A. P., Dobbins, I. G., & Knight, R. T. (2000). The contribution of recollection and familiarity to yes-no and forced-choice tests in healthy subjects and amnesics. *Neuropsychologia*, *38*, 1333-1341.
- Kirasic, F., Allen, G. L., Dobson, S. H., & Binder, K. S. (1996). Aging, cognitive resources, and declarative learning. *Psychology and Aging*, *11*, 658-670.
- Kitchener, E. G., Hodges, J. R., & McCarthy, R. (1998). Acquisition of post-morbid vocabulary and semantic facts in the absence of episodic memory. *Brain*, *121*, 1313-1327.
- Knecht, S., Deppe, M., Dräger, B., Bobe, L., Lohman, H., Ringelstein, E.-B., & Henningsen, H. (2000). Language lateralization in healthy right-handers. *Brain*, *123*, 74-81.
- Knecht, S., Dräger, B., Flöel, A., Lohman, H., Breitenstein, C., Deppe, M., Henningsen, H., & Ringelstein, E.-B. (2001). Behavioural relevance of atypical language lateralization in healthy subjects. *Brain*, *124*, 1657-1665.
- Knecht, S., Jansen, A., Frank, A., van Randenborgh, J., Sommer, J., Kanowski, M., & Heinze, H. J. (2003). How atypical is atypical language dominance? *NeuroImage*, *18*, 917-927.
- Knowlton, B. J. (1998). The relationship between remembering and knowing: A cognitive neuroscience perspective. *Acta Psychologica*, *98*, 253-265.
- Knowlton, B. J. & Squire, L. R. (1995). Remembering and knowing: Two different expressions of declarative memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *21*, 699-710.



- Konishi, S., Wheeler, M. E., Donaldson, D. I., & Buckner, R. L. (2000). Neural correlates of episodic retrieval success. *NeuroImage, 12*, 276-286.
- Kopelman, M. D. (1989). Remote and autobiographical memory, temporal context memory and frontal atrophy in Korsakoff and Alzheimer patients. *Neuropsychologia, 27*, 437-460.
- Kopelman, M. D. & Stanhope, N. (1997). Rates of forgetting in organic amnesia following temporal lobe, diencephalic or frontal lesions. *Neuropsychology, 11*, 343-356.
- Kopelman, M. D. & Stanhope, N. (1998). Recall and recognition memory in patients with focal frontal, temporal lobe and diencephalic lesions. *Neuropsychologia, 36*, 785-796.
- Kopelman, M. D., Stanhope, N., & Kingsley, D. (1997). Temporal and spatial context memory in patients with focal frontal, temporal, and diencephalic lesions. *Neuropsychologia, 35*, 1533-1545.
- Kopelman, M. D., Wilson, B. A., & Baddeley, A. D. (1989). The autobiographical memory interview: A new assessment of autobiographical and personal semantic memory in amnesic patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 11*, 724-744.
- Kopelman, M. D., Wilson, B. A., & Baddeley, A. D. (1990). *The Autobiographical Memory Interview*. Bury St. Edmunds: Thames Valley Test Company.
- Kroll, N. E. A., Yonelinas, A. P., Dobbins, I. G., & Frederick, C. M. (2002). Separating sensitivity from response bias: Implications of comparisons of yes-no and forced-choice tests for models and measures of recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: General, 131*, 241-254.
- La Voie, D. & Light, L. L. (1994). Adult age differences in repetition priming: a meta-analysis. *Psychology and Aging, 9*, 539-553.
- Lavenex, P. & Amaral, D. G. (2000). Hippocampal-neocortical interaction: A hierarchy of associativity. *Hippocampus, 10*, 420-430.
- LeDoux, J. E. & Phelps, E. A. (2000). Emotional networks in the brain. In M. Lewis & J. M. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotions* (2nd ed., New York: The Guilford Press.

- Lee, A. C. H., Robbins, T. W., Pickard, J. D., & Owen, A. M. (2000). Asymmetric frontal activation during episodic memory: The effects of stimulus type on encoding and retrieval. *Neuropsychologia*, *38*, 677-692.
- Lee, C. L. & Estes, W. K. (1981). Item and order information in short-term memory: Evidence for multilevel perturbation processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *7*, 149-169.
- Lepage, M., Ghaffar, O., Nyberg, L., & Tulving, E. (2000). Prefrontal cortex and episodic memory retrieval mode. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, *97*, 506-511.
- Lepage, M., Habib, R., & Tulving, E. (1998). Hippocampal PET activations of memory encoding and retrieval: The HIPER model. *Hippocampus*, *8*, 313-322.
- Levine, B., Black, S. E., Cabeza, R., Sinden, M., McIntosh, A. R., Toth, J. P., Tulving, E., & Stuss, D. T. (1998). Episodic memory and the self in a case of isolated retrograde amnesia. *Brain*, *121*, 1951-1973.
- Levine, B., Freedman, M., Dawson, D., Black, S., & Stuss, D. T. (1999). Ventral frontal contribution to self-regulation: Convergence of episodic memory and inhibition. *Neurocase*, *5*, 263-275.
- Lieury, A., Aiello, B., Lepreux, D., & Mellet, M. (1980). Le rôle des repères dans la récupération et la datation des souvenirs. *L'Année Psychologique*, *80*, 149-167.
- Light, L. L. (1991). Memory and aging: Four hypotheses in search of data. *Annual Review of Psychology*, *42*, 333-376.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, *9*, 339-355.
- Lockhart, R. S. (2002). Levels of processing, transfer-appropriate processing, and the concept of robust encoding. *Memory*, *10*, 397-403.
- Lockhart, R. S. & Craik, F. I. M. (1990). Levels of processing: A retrospective commentary on a framework for memory research. *Canadian Journal of Psychology*, *44*, 87-112.
- Luria, A. R. (1978). *Les fonctions supérieures de l'homme*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Luszcz, M. A., & Bryan, J. (1999). Towards an understanding of age-related loss in adulthood. *Gerontology*, *45*, 2-9.

- MacAndrew, S. B. G., Jones, G. V., & Mayes, A. R. (1994). No selective deficit in recall in amnesia. *Memory, 2*, 241-254.
- MacLean, P. D. (1949). Psychosomatic disease and the "visceral brain": Recent developments bearing on the Papez theory of emotion. *Psychosomatic Medicine, 11*, 338-353.
- MacLean, P. D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 4*, 407-418.
- Macmillan, N. A. & Creelman, C. D. (1991). *Detection theory: A user's guide*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Madden, D. J., & Hoffman, J. M. (1997). Application of positron emission tomography to age-related cognitive changes. In K. R. R. Krishnan & P. M. Doraiswamy (Eds.), *Brain imaging in clinical psychiatry* (pp. 575-613). New York: Marcel Dekker.
- Madden, D. J., Turkington, T. G., Provenzale, J. M., Denny, L. L., Hawk, T. C., Gottlob, L. R., & Coleman, R. E. (1999). Adult age differences in the functional neuroanatomy of verbal recognition memory. *Human Brain Mapping, 7*, 115-135.
- Maguire, E. A., Vargha-Khadem, F., & Mishkin, M. (2001). The effects of bilateral hippocampal damage on fMRI regional activations and interactions during memory retrieval. *Brain, 124*, 1156-1170.
- Mair, W., Warrington, E., & Weiskrantz, L. (1979). Memory disorder in Korsakoff's psychosis: A neuropathological and neuropsychological investigation of two cases. *Brain, 102*, 749-783.
- Mandler, G. (1980). Recognizing: The judgement of previous occurrence. *Psychological Review, 87*, 252-271.
- Mandler, G. (1991). Your face looks familiar but I can't remember your name: A review of dual process theory. In W.E. Hockley & S. Lewandowsky (Eds.), *Relating theory and data: Essays on human memory in honor of Bennet B. Murdock* (pp. 207-225). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mandler, J. M., Seegmiller, D., & Day, J. (1977). On the coding of spatial information. *Memory and Cognition, 5*, 10-16.

- Mangels, J. A. (1997). Strategic processing and memory for temporal order in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychology, 11*, 207-221.
- Mangels, J., Gershberg, F. B., Shimamura, A. P., & Knight, R. T. (1996). Impaired retrieval from remote memory in patients with frontal lobe damage. *Neuropsychology, 10*, 32-41.
- Manns, J. R., Hopkins, R. O., Reed, J. M., Kitchener, E. G., & Squire, L. R. (2003). Recognition memory and the human hippocampus. *Neuron, 37*, 171-180.
- Manns, J. R., Hopkins, R. O., & Squire, L. R. (2003). Semantic memory and the human hippocampus. *Neuron, 38*, 127-133.
- Manns, J. R. & Squire, L. R. (1999). Impaired recognition memory on the Doors and People Test after damage limited to the hippocampal region. *Hippocampus, 9*, 495-499.
- Mäntylä, T. (1993). Knowing but not remembering: Adult age differences in recollective experience. *Memory and Cognition, 21*, 379-388.
- Mäntylä, T. (1997). Recollection of faces: Remembering differences and knowing similarities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 23*, 1203-1216.
- Martein, R. (1995). Norms for name and concept agreement, familiarity, visual complexity and image agreement on a set of 216 pictures. *Psychologica Belgica, 35*, 205-225.
- Martin, A., Wiggs, C., & Weisberg, J. (1997). Modulation of human medial temporal lobe activity by form, meaning, and experience. *Hippocampus, 7*, 587-593.
- Mattis, S. (1973). *Dementia Rating Scale*. Windsor, England: NFER-Nelson.
- Mayes, A. R. (2001). Aware and unaware memory: Does unaware memory underlie aware memory? In C. Hoerl & T. McCormack (Eds.), *Time and memory: Issues in philosophy and psychology* (pp. 187-211). Oxford: Clarendon Press.
- Mayes, A. R. (2002). Memory disorders, organic. In V.S. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of the human brain* (pp. 759-772). Elsevier.
- Mayes, A. R., Holdstock, J. S., Isaac, C. L., Hunkin, N. M., & Roberts, N. (2002). Relative sparing of item recognition memory in a patient with adult-onset damage limited to the hippocampus. *Hippocampus, 12*, 325-340.

- Mayes, A. R., Isaac, C. L., Holdstock, J. S., Hunkin, N. M., Montaldi, D., Downes, J. J., MacDonald, C., Cezayirli, E., & Roberts, J. N. (2001). Memory for single items, word pairs, and temporal order of different kinds in a patient with selective hippocampal lesions. *Cognitive Neuropsychology*, *18*, 97-123.
- Mayes, A. R., Meudell, P. R., Mann, D., & Pickering, A. (1988). Location of lesions in Korsakoff's syndrome: Neuropsychological and neuropathological data on two patients. *Cortex*, *24*, 367-388.
- Mayes, A. R. & Roberts, N. (2001). Theories of episodic memory. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, *356*, 1395-1408.
- Mayes, A. R., Van Eijk, R., & Isaac, C. L. (1995). Assessment of familiarity and recollection in the false fame paradigm using modified process dissociation procedure. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *1*, 469-482.
- Maylor, E. A. (1995). Remembering versus knowing television themes tunes in middle-aged and elderly adults. *British Journal of Psychology*, *86*, 21-25.
- McAndrews, M. P. & Milner, B. (1991). The frontal cortex and memory for temporal order. *Neuropsychologia*, *29*, 849-859.
- McClelland, J. L., McNaughton, B. L., & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review*, *102*, 419-457.
- McCormack, P. D. (1982). Temporal coding and study-phase retrieval in young and elderly adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *20*, 242-244.
- McCormack, P. D. (1984). Temporal coding by young and elderly adults in a list-discrimination setting. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *22*, 401-402.
- McDermott, K. B., Buckner, R. L., Petersen, S. E., Kelley, W. M., & Sanders, A. L. (1999). Set- and code-specific activation in the frontal cortex: An fMRI study of encoding and retrieval of faces and words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 631-640.
- McDonald, R. M., Ergis, A.-M., & Winocur, G. (1999). Functional dissociation of brain regions in learning and memory: Evidence from multiple systems. In J. K. Foster & M. Jelicic (Eds.), *Memory: Systems, process, or function?* (pp. 66-103). New York: Oxford University Press.

- McElree, B., Dolan, P. O., & Jacoby, L. L. (1999). Isolating the contributions of familiarity and source information to item recognition: A time-course analysis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *25*, 563-582.
- McIntyre, J. S., & Craik, F. I. M. (1987). Age differences in memory for item and source information. *Canadian Journal of Psychology*, *41*, 175-192.
- McKenna, P. & Gerhand, S. (2002). Preserved semantic learning in an amnesic patient. *Cortex*, *38*, 37-58.
- McMackin, D., Cockburn, J., Anslow, P., & Gaffan, D. (1995). Correlation of fornix damage with memory impairment in six cases of colloid cyst removal. *Acta Neurochirurgica*, *135*, 12-18.
- Mecklinger, A., & Meinshausen, R. (1998). Recognition memory for object forms and spatial locations: An event-related potential study. *Memory and Cognition*, *26*, 1068-1088.
- Meudell, P. R., Mayes, A. R., Ostergaard, A. L., & Pickering, A. (1985). Recency and frequency judgements in alcoholic amnesics and normal people with poor memory. *Cortex*, *21*, 487-511.
- Meunier, M., Bachevalier, J., & Mishkin, M. (1997). Effects of orbital frontal and anterior cingulate lesions on object and spatial memory in rhesus monkeys. *Neuropsychologia*, *35*, 999-1015.
- Michon, J. A. & Jackson, J. L. (1984). Attentional effort and cognitive strategies in the processing of temporal information. In J. Gibbon & L. Allan (Eds.), *Timing and time perception* (pp. 298-321). New York: The New York Academy of Sciences.
- Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of neurology*, *9*, 100-110
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, *27*, 272-277.
- Milner, B., Corsi, P., & Leonard, G. (1991). Frontal-lobe contribution to recency judgements. *Neuropsychologia*, *29*, 601-618.
- Mishkin, M. (1978). Memory in monkeys severely impaired by combined but not by separate removal of amygdala and hippocampus. *Nature*, *273*(5660), 297-298.

- Mishkin, M., Suzuki, W. A., Gadian, D. G., & Vargha-Khadem, F. (1997). Hierarchical organization of cognitive memory. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, *352*, 1461-1467.
- Mishkin, M., Vargha-Khadem, F., & Gadian, D. G. (1998). Amnesia and the organization of the hippocampal system. *Hippocampus*, *8*, 212-216.
- Mitchell, K. J. & Johnson, M. K. (2000). Source monitoring: Attributing mental experiences. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 179-195). New York: Oxford University Press.
- Mitchell, K. J., Johnson, M. K., Raye, C. L., & D'Esposito, M. (2000). fMRI evidence of age-related hippocampal dysfunction in feature binding in working memory. *Cognitive Brain Research*, *10*, 197-206.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100.
- Montaldi, D., Mayes, A. R., Barnes, A., Pirie, H., Hadley, D. M., Patterson, J., & Wyper, D. J. (1998). Associative encoding of pictures activates the medial temporal lobes. *Human Brain Mapping*, *6*, 85-104.
- Morris, C. D., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *16*, 519-533.
- Morris, N. & 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. M. (2001). Episodic-like memory in animals: Psychological criteria, neural mechanisms and the value of episodic-like tasks to investigate animal models of neurodegenerative disease. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B*, *356*, 1453-1465.
- Moscovitch, M. (1989). Confabulation and the frontal systems: Strategic versus associative retrieval in neuropsychological theories of memory. In H.L. Roediger & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness. Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 133-160). Hillsdale: Erlbaum.
- Moscovitch, M. (1992). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *4*, 257-267.

- Moscovitch, M. (1994). Memory and working with memory: Evaluation of a component process model and comparisons with other models. In D.L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 269-310). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Moscovitch, M. & Melo, B. (1997). Strategic retrieval and the frontal lobes: Evidence from confabulation and amnesia. *Neuropsychologia*, *35*, 1017-1034.
- Mountain, M. A., & Snow-William, W. G. (1993). Wisconsin Card Sorting Test as a measure of frontal lobe pathology: A review. *Clinical Neuropsychologist*, *7*, 108–118.
- Mulligan, N. W. & Hirshman, E. (1997). Measuring the bases of recognition memory: An investigation of the process-dissociation framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *23*, 280-304.
- Murdock, B. B. (1976). *Human memory: Theory and data*. Potomac, Maryland: Lawrence Erlbaum Associates.
- Murre, J. M. J. (1997). Implicit and explicit memory in amnesia: Some explanations and predictions by the TraceLink model. *Memory*, *5*, 213-232.
- Murre, J. M. J. (2002). Connectionist models of memory disorders. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.). *The handbook of memory disorders*. Second Edition (pp. 101-121). Chichester, Sussex: Wiley.
- Nadel, L. (1994). Multiple memory systems: What and why, an update. In D.L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 39-63). Cambridge: Massachusetts: The MIT Press.
- Nadel, L. & Moscovitch, M. (1997). Memory consolidation, retrograde amnesia and the hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology*, *7*, 217-227.
- Nadel, L. & Moscovitch, M. (1998). Hippocampal contributions to cortical plasticity. *Neuropharmacology*, *37*, 431-439.
- Nadel, L., Samsonovich, A., Ryan, L., & Moscovitch, M. (2000). Multiple Trace Theory of human memory: Computational, neuroimaging, and neuropsychological results. *Hippocampus*, *10*, 352-368.
- Nagahama, Y., Fukuyama, H., Yamauchi, H., Matsuzaki, S., Konishi, J., Shibasaki, H., & Kimura, J. (1996). Cerebral activation during performance of a card sorting test. *Brain*, *119*, 1667–1675.



- Naveh-Benjamin, M. (1988). Recognition of spatial location information: Another failure to support automaticity. *Memory and Cognition*, 16, 437-445.
- Naveh-Benjamin, M. (1990). Coding of temporal order information: An automatic process? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 117-126.
- Nelson, H. E. (1976). A modified card sorting test sensitive to frontal lobe defects. *Cortex*, 12, 313-324.
- Newman, M. C., Allen, J. J. B., & Kaszniak, A. W. (2001). Tasks for assessing memory for temporal order versus memory for items in aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 8, 72-78.
- Nichelli, P. (1993). The neuropsychology of human temporal information processing. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (pp. 339-371). Amsterdam: Elsevier.
- Nolde, S. F., Johnson, M. K., & D'Esposito, M. (1998). Left prefrontal activation during episodic remembering: An event-related fMRI study. *NeuroReport*, 9, 3509-3514.
- Nolde, S. F., Johnson, M. K., & Raye, C. L. (1998). The role of prefrontal cortex during tests of episodic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 399-406.
- Norman, D. A., & Bobrow, D. G. (1979). Descriptions: An intermediate stage in memory retrieval. *Cognitive Psychology*, 11, 107-123.
- Norman, K. A., & O'Reilly, R. C. (2001). *Modeling hippocampal and neocortical contributions to recognition memory: A complementary learning systems approach* (ICS Tech. Rep. 01-02). Boulder: University of Colorado, Institute of Cognitive Science.
- Norman, K. A. & O'Reilly, R. C. (2003). Modelling hippocampal and neocortical contributions to recognition memory: A complementary learning systems approach. *Psychological Review*, 110, 611-646.
- Norman, K. A. & Schacter, D. L. (1996). Implicit memory, explicit memory, and false recognition: A cognitive neuroscience perspective. In L.M. Reder (Ed.), *Implicit memory and metacognition* (pp. 229-257). Mahwah: Erlbaum.
- Nyberg, L., Cabeza, R., & Tulving, E. (1996). PET studies of encoding and retrieval: The HERA model. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 135-148.

- Nyberg, L., Maitland, S. B., Rönnlund, M., Bäckman, L., Dixon, R. A., Wahlin, A., & Nilsson, L.-G. (2003). Selective adult age differences in an age-invariant multifactor model of declarative memory. *Psychology and Aging, 18*, 149-160.
- Nyberg, L., McIntosh, A. R., Cabeza, R., Habib, R., Houle, S., & Tulving, E. (1996). General and specific brain regions involved in encoding and retrieval of events: What, where and when. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, 93, 11280-11285.
- Nyberg, L., McIntosh, A. R., Houle, S., Nilsson, L.-G., & Tulving, E. (1996). Activation of medial temporal structures during episodic memory retrieval. *Nature, 380*, 715-717.
- O'Connor, M. & Verfaellie, M. (2002). The amnesic syndrome: Overview and subtypes. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.). *The handbook of memory disorders*. Second Edition (pp. 145-165). Chichester, Sussex: Wiley.
- O'Keefe, J. & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- O'Reilly, R. C. & Norman, K. A. (2002). Hippocampal and neocortical contributions to memory: Advances in the complementary learning systems framework. *Trends in Cognitive Sciences, 6*, 505-510.
- O'Reilly, R. C. & Rudy, J. W. (2001). Conjunctive representations in learning and memory: Principles of cortical and hippocampal function. *Psychological Review, 108*, 311-345.
- Otten, L. J., Henson, R. N. A., & Rugg, M. D. (2001). Depth of processing effects on neural correlates of memory encoding: Relationship between findings from across- and within-task comparisons. *Brain, 124*, 399-412.
- Owen, A. M. (2000). The role of the lateral frontal cortex in mnemonic processing: The contribution of functional neuroimaging. *Experimental Brain Research, 133*, 33-43.
- Owen, A. M., Lee, A. C. H., & Williams, E. J. (2000). Dissociating aspects of verbal working memory within the human frontal lobe: Further evidence for a "process-specific" model of lateral frontal organization. *Psychobiology, 28*, 146-155.
- Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology and Psychiatry, 79*, 217-224.
- Park, D. C. (2000). The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. In D.C. Park & N. Schwarz (Eds.), *Cognitive aging: A primer* (pp. 3-21). Philadelphia, PA: Psychology Press.

- Park, D. C., Puglisi, J. T., & Smith, A. D. (1986). Memory for pictures: Does an age-related decline exist? *Psychology and Aging, 1*, 11-17.
- 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.
- Parkin, A. J. (1992). Functional significance of etiological factors in human amnesia. In L.R.Squire & N. Butters (Eds.), *Neuropsychology of memory* (pp. 122-129). New York: Guilford Press.
- Parkin, A. J. (1997a). *Memory and amnesia (Second edition)*. Oxford: Blackwell Publishers Inc.
- Parkin, A. J. (1997b). The long and winding road: Twelve years of frontal amnesia. In A.J. Parkin (Ed.), *Case studies in the neuropsychology of memory* (pp. 127-140). Hove, UK: Psychology Press.
- Parkin, A. J., Bindschaedler, C., Harsent, L., & Metzler, C. (1996). Pathological false alarm rates following damage to the left frontal cortex. *Brain and Cognition, 32*, 14-27.
- Parkin, A. J., Dunn, J. C., Lee, C., O'Hara, P. F., & Nussbaum, L. (1993). Neuropsychological sequelae of Wernicke's encephalopathy in a 20-year-old woman: Selective impairment of a frontal memory system. *Brain and Cognition, 21*, 1-19.
- Parkin, A. J., Gardiner, J. M., & Rosser, R. (1995). Functional aspects of recollective experience in face recognition. *Consciousness and Cognition, 4*, 387-398.
- Parkin, A. J. & Hayward, C. (1983). The influence of trait and physical-feature-based orienting strategies on aspects of facial memory. *British Journal of Psychology, 74*, 71-82.
- Parkin, A. J. & Hunkin, N. M. (1993). Impaired temporal context memory on anterograde but not retrograde tests in the absence of frontal pathology. *Cortex, 29*, 267-280.
- Parkin, A. J. & Leng, N. (1993). *Neuropsychology of the amnesic syndrome*. Hillsdale: L.E.A.
- Parkin, A. J., Leng, N. R. C., & Hunkin, N. M. (1990). Differential sensitivity to context in diencephalic and temporal lobe amnesia. *Cortex, 26*, 373-380.

- Parkin, A. J., Leng, N. R. C., Stanhope, N., & Smith, A. P. (1988). Memory impairment following ruptured aneurysm of the anterior communicating artery. *Brain and Cognition*, *7*, 231-243.
- Parkin, A. J., Rees, J. E., Hunkin, N. M., & Rose, P. E. (1994). Impairment of memory following discrete thalamic infraction. *Neuropsychologia*, *32*, 39-51.
- Parkin, A. J. & Russo, R. (1993). On the origin of functional differences in recollective experience. *Memory*, *1*, 231-237.
- Parkin, A. J. & Walter, B. M. (1992). Recollective experience, normal aging, and frontal dysfunction. *Psychology and Aging*, *7*, 290-298.
- Parkin, A. J., Walter, B. M., & Hunkin, N. M. (1995). Relationships between normal aging, frontal lobe function, and memory for temporal and spatial information. *Neuropsychology*, *9*, 304-312.
- Parkin, A. J., Ward, J., Bindschaedler, C., Squires, E. J., & Powell, G. (1999). False recognition following frontal lobe damage: The role of encoding factors. *Cognitive Neuropsychology*, *16*, 243-265.
- Parkin, A. J., Yeomans, J., & Bindschaedler, C. (1994). Further characterization of the executive memory impairment following frontal lobe lesions. *Brain and Cognition*, *26*, 23-42.
- Perfect, T. (1997). Memory aging as frontal lobe dysfunction. In M. A. Conway (Ed.), *Cognitive models of memory* (pp. 315–339). Hove, England: Psychology Press.
- Perfect, T. & Dasgupta, Z. R. R. (1997). What underlies the deficit in reported recollective experience in old age? *Memory and Cognition*, *25*, 849-858.
- Perfect, T. J., Mayes, A. R., Downes, J. J., & Van Eijk, R. (1996). Does context discriminate recollection from familiarity in recognition memory? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49A*, 797-813.
- Perfect, T. J., Williams, R. B., & Anderton-Brown, C. (1995). Age differences in reported recollective experience are due to encoding effects, not response bias. *Memory*, *3*, 169-186.
- Perlmutter, M., Metzger, R., Nezworski, T., & Miller, K. (1981). Spatial and temporal memory in 20 and 60 years olds. *Journal of Gerontology*, *36*, 59-65.

- Petrides, M. (2000). Frontal lobes and memory. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (2 ed., pp. 67-84). Amsterdam: Elsevier.
- Petrides, M. (2002). The mid-ventrolateral prefrontal cortex and active mnemonic retrieval. *Neurobiology of Learning and Memory*, *78*, 528-538.
- Phillips, P. J., Wechsler, H., Huang, J., & Rauss, P. (1998). The FERET database and evaluation procedure for face recognition algorithms. *Image and Vision Computing Journal*, *16*, 295-306.
- Pollack, I., & Norman, D. A. (1964). A nonparametric analysis of recognition experiments. *Psychonomic Science*, *1*, 125-126.
- Postle, B. R. & Corkin, S. (1998). Impaired word-stem completion priming but intact perceptual identification priming with novel words: Evidence from the amnesic patient H.M. *Neuropsychologia*, *36*, 421-440.
- Postma, A. (1999). The influence of decision criteria upon remembering and knowing in recognition memory. *Acta Psychologica*, *103*, 65-76.
- Pribram, K. H. & Tubbs, W. E. (1967). Short-term memory, parsing, and the primate frontal cortex. *Science*, *156*, 1765-1767.
- Rabbitt, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive function. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 1-38). Hove, England: Psychology Press.
- Rabinowitz, J. C. (1989). Judgments of origin and generation effects: Comparisons between young and elderly adults. *Psychology and Aging*, *4*, 259-268.
- Rahhal, T. A., Hasher, L., & Colcombe, S. J. (2001). Instructional manipulations and age differences in memory: Now you see them, now you don't. *Psychology and Aging*, *16*, 697-706.
- Rajaram, S. (1993). Remembering and knowing: Two means of access the personal past. *Memory and Cognition*, *21*, 89-102.
- Rajaram, S. (1996). Perceptual effects on remembering: Recollective processes in picture recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *22*, 365-377.

- Rajaram, S. (1998). The effects of conceptual salience and perceptual distinctiveness on conscious recollection. *Psychonomic Bulletin and Review*, 5, 71-78.
- Rajaram, S. & Roediger, H. L. (1997). Remembering and knowing as states of consciousness during retrieval. In J.D. Cohen & J. W. Schooler (Eds.), *Scientific approaches to consciousness* (pp. 213-240). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ranganath, C., & Paller, K. A. (1999). Normal brain potentials during recognition are modulated by requirements to retrieve perceptual details. *Neuron*, 22, 605-613.
- Ranganath, C., & Paller, K. A. (2000). Neural correlates of memory retrieval and evaluation. *Cognitive Brain Research*, 9, 209-222.
- Ranganath, C., Yonelinas, A. P., Cohen, M. X., Dy, C. J., Tom, S. M., & D'Esposito, M. (2003). Dissociate correlates of recollection and familiarity within the medial temporal lobes. *Neuropsychologia*, 42, 2-13.
- Rapcsak, S.Z., Kaszniak, A.W., Reminger, S.L, Glisky, M.L., Glisky, E.L., & Comer, J.F. (1998). Dissociation between verbal and autonomic measures of memory following frontal lobe damage. *Neurology*, 50, 1258-1265.
- Raz, N. (1996). Neuroanatomy of aging brain: Evidence from structural MRI. In E. D. Bigler (Ed.), *Neuroimaging II: Clinical applications* (pp. 153-182). New York: Academic Press.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In F.I.M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (Second ed., pp. 1-90). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Reber, P. J., Siwec, R. M., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., Mesulam, M.-M., & Paller, K. A. (2002). Neural correlates of successful encoding identified using functional magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience*, 22, 9541-9548.
- Reber, P. L. & Squire, L. R. (1999). Relaxing decision criteria does not improve recognition memory in amnesic patients. *Memory and Cognition*, 27, 501-511.
- Reed, A. V. (1973). Speed-accuracy trade-off in recognition memory. *Science*, 181, 574-576.

- Reed, J. M. & Squire, L. R. (1997). Impaired recognition memory in patients with lesions limited to the hippocampal formation. *Behavioral Neuroscience*, *111*, 667-675.
- Rempel-Clower, N. L., Zola, S. M., Squire, L. R., & Amaral, D. G. (1996). Three cases of enduring memory impairment after bilateral damage limited to the hippocampal formation. *The Journal of Neuroscience*, *16*, 5233-5255.
- Reuter-Lorenz, P. A. (2000). Cognitive neuropsychology of the aging brain. In D.C. Park & N. Schwarz (Eds.), *Cognitive aging: A primer* (pp. 93-114). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Reuter-Lorenz, P. A. (2002). New visions of the aging mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*, 394-400.
- Reynolds, C. R., Hopkins, R. O., & Bigler, E. D. (1999). Continuing decline of memory skills with significant recovery of intellectual function following severe carbon monoxide exposure: Clinical, psychometric, and neuroimaging findings. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *14*, 235-249.
- Richardson-Klavehn, A., Gardiner, J. M., & Java, R. I. (1996). Memory: Task dissociations, process dissociations and dissociations of consciousness. In G. Underwood (Ed.), *Implicit cognition* (pp. 85-158). Oxford: Oxford University Press.
- Richer, F., Decary, A., Lapierre, M.-F., Rouleau, I., Bouvier, G., & Sainthilaire, J. M. (1993). Target detection deficits in frontal lobectomy. *Brain and Cognition*, *21*, 203-211.
- Robinson, J. A. (1986). Temporal reference systems and autobiographical memory. In D.C. Rubin (Ed.), *Autobiographical memory* (pp. 159-188). New York: Cambridge University Press.
- Roediger, H. L., Buckner, R. L., & McDermott, K. B. (1999). Components of processing. In J. Foster & M. Jelicic (Eds.), *Memory: Systems, process, or function?* (pp. 31-65). New York: Oxford University Press.
- Roediger, H. L., Gallo, D. A., & Geraci, L. (2002). Processing approaches to cognition: The impetus from the levels-of-processing framework. *Memory*, *10*, 319-332.
- Roediger, H. L. & McDermott, K. B. (1994). The problem of differing false-alarms rates for the Process Dissociation Procedure: Comment on Verfaellie and Treadwell (1993). *Neuropsychology*, *8*, 284-288.

- Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *21*, 803-814.
- Roediger, H. L., Weldon, M. S., & Challis, B. H. (1989). Explaining dissociations between explicit and implicit measures of retention: A processing account. In H.L. Roediger & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 3-41). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rolls, E. T. (1996). A theory of hippocampal function in memory. *Hippocampus*, *6*, 601-620.
- Rolls, E. T. (2000). Hippocampo-cortical and cortico-cortical backprojections. *Hippocampus*, *10*, 380-388.
- Rombouts, S. A. R. B., Barkhof, F., Witter, M. P., Machielsen, W. C. M., & Scheltens, P. (2001). Anterior medial temporal lobe activation during attempted retrieval of encoded visuospatial scenes: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, *14*, 67-76.
- Rotello, C. M. & Heit, E. (1999). Two-process models of recognition memory: Evidence for recall-to-reject? *Journal of Memory and Language*, *40*, 432-453.
- Rotello, C. M. & Heit, E. (2000). Associative recognition: A case of recall-to-reject processing. *Memory and Cognition*, *28*, 907-922.
- Rotello, C. M., Macmillan, N. A., & Van Tassel, G. (2000). Recall-to-reject in recognition: Evidence from ROC curves. *Journal of Memory and Language*, *43*, 67-88.
- Rudy, J. W., & Sutherland, R. J. (1994). The memory-coherence problem, configural associations, and the hippocampal system. In D. L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 119-146). London: A Bradford Book. The MIT Press.
- Rugg, M. D. (2002). Functional neuroimaging of memory. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.). *The handbook of memory disorders*. Second Edition (pp. 57-79). Chichester, Sussex: Wiley.
- Rugg, M. D. & Wilding, E. L. (2000). Retrieval processing and episodic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 108-115.
- Sagar, H. J., Gabrieli, J. D. E., Sullivan, E. V., & Corkin, S. (1990). Recency and frequency discrimination in the amnesic patient H.M. *Brain*, *113*, 581-602.



- Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical perspectives and cognitive aging*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salthouse, T. A. (1992). *Mechanisms of age-cognition relations in adulthood*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salthouse, T. A. (1993). Speed mediation of adult age differences in cognition. *Developmental Psychology, 29*, 722-738.
- Salthouse, T. A. (1994). Aging associations: Influence of speed on adult age differences in associative learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 20*, 1486-1503.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review, 103*, 403-428.
- Salthouse, T. A. & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology, 27*, 763-776.
- Salthouse, T. A. & Meinz, E. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 50*, 297-306.
- Sanders, R. E., Gonzalez, E. G., Murphy, M. D., Liddle, C. L., & Vitina, J. R. (1987). Frequency of occurrence and the criteria for automatic processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 13*, 241-250.
- Saykin, A. J., Johnson, S. C., Flashman, L. A., McAllister, T. W., Sparling, M., Darcey, T. M., Moritz, C. H., Guerin, S. J., Weaver, J., & Mamourian, A. (1999). Functional differentiation of medial temporal and frontal regions involved in processing novel and familiar words: An fMRI study. *Brain, 122*, 1963-1971.
- Schacter, D. L. (1987). Memory, amnesia, and frontal lobe dysfunction. *Psychobiology, 15*, 21-36.
- Schacter, D. L., Alpert, N. M., Savage, C. R., Rauch, S. L., & Albert, M. S. (1996). Conscious recollection and the human hippocampal formation: Evidence from positron emission tomography. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA, 93*, 321-325.
- Schacter, D. L., Curran, T., Galluccio, L., Milberg, W. P., & Bates, J. F. (1996). False recognition and the right frontal lobe: A case study. *Neuropsychologia, 34*, 793-808.

- Schacter, D. L., Norman, K. A., & Koutstaal, W. (1998). The cognitive neuroscience of constructive memory. *Annu.Rev.Psychol.*, *49*, 289-318.
- Schacter, D. L., Osowiecki, D., Kaszniak, A. W., Kihlstrom, J. F., & Valdiserri, M. (1994). Source memory: Extending the boundaries of age-related deficits. *Psychology and Aging*, *9*, 81-89.
- Schacter, D. L. & Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? In D.L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 1-38). London: A Bradford Book. The MIT Press.
- Schacter, D. L., Verfaellie, M., & Anes, M. D. (1997). Illusory memories in amnesic patients: Conceptual and perceptual false recognition. *Neuropsychology*, *11*, 331-342.
- Schacter, D. L., Verfaellie, M., & Pradere, D. (1996). The neuropsychology of memory illusions: False recall and recognition in amnesic patients. *Journal of Memory and Language*, *35*, 319-334.
- Schacter, D. L. & Wagner, A. D. (1999). Medial temporal lobe activations in fMRI and PET studies of episodic encoding and retrieval. *Hippocampus*, *9*, 7-24.
- Schacter, D. L., Wagner, A. D., & Buckner, R. L. (2000). Memory systems of 1999. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 627-643). New York: Oxford University Press.
- Scheibel, A. B. (1996). Structural and functional changes in the aging brain. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the Psychology of Aging* (4<sup>th</sup> edition, pp. 105-128). San Diego, CA: Academic Press.
- Schmitter-Edgecombe, M. & Simpson, A. L. (2001). Effects of age and intentionality on content memory and temporal memory for performed activities. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *8*, 81-97.
- Schnider, A. (2001). Spontaneous confabulation, reality monitoring, and the limbic system: A review. *Brain Research Reviews*, *36*, 150-160.
- Schnider, A., Gutbrod, K., Hess, C. W., & Schroth, G. (1996). Memory without context: Amnesia with confabulations after infarction of the right capsular genu. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *61*, 186-193.
- Schnider, A., & Ptak, R. (1999). Spontaneous confabulators fail to suppress currently irrelevant memory traces. *Nature Neuroscience*, *2*, 677-681.

- Schnider, A., Ptak, R., von Däniken, C., & Remonda, L. (2000). Recovery from spontaneous confabulations parallels recovery of temporal confusion in memory. *Neurology*, *55*, 74-83.
- Schnider, A., von Däniken, C., & Gutbrod, K. (1996). Disorientation in amnesia: A confusion of memory traces. *Brain*, *119*, 1627-1632.
- Scoville, W. B., & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *20*, 11-21.
- Seamon, J. G., Brody, N., & Kauff, D. M. (1983). Affective discrimination of stimuli that are not recognized: II. Effect of delay between study and test. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *21*(3), 187-189.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T. & Evans, M. E. (1978). The involvement of the frontal lobes in cognitive estimation. *Cortex*, *14*, 294-303.
- Shepard, R. N. & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, *171*(3972), 701-703.
- Shimamura, A. P. (1995). Memory and the frontal lobe function. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 803-813). Cambridge: The MIT Press.
- Shimamura, A. P. (2000). The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering. *Psychobiology*, *28*, 207-218.
- Shimamura, A. P., Janowsky, J. S., & Squire, L. R. (1990). Memory for the temporal order of events in patients with frontal lobes lesions and amnesic patients. *Neuropsychologia*, *28*, 803-813.
- Shimamura, A. P., Jernigan, T. L., & Squire, L. R. (1988). Korsakoff's syndrome: Radiological (CT) findings and neuropsychological correlates. *The Journal of Neuroscience*, *8*, 4400-4410.
- Shimamura, A. P., Jurica, P. J., Mangels, J. A., & Gershberg, F. B. (1995). Susceptibility to memory interference effects following frontal lobe damage: Findings from tests of paired-associate learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *7*, 144-152.

- Shuren, J. E., Jacobs, D. H., & Heilman, K. M. (1997). Diencephalic temporal order amnesia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *62*, 163-168.
- Simons, J. S., Graham, K. S., Galton, C. J., Patterson, K., & Hodges, J. R. (2001). Semantic knowledge and episodic memory for faces in semantic dementia. *Neuropsychology*, *15*, 101-114.
- Slotnick, S. D., Moo, L. R., Segal, J. B., & Hart, J. (2003). Distinct prefrontal cortex activity associated with item memory and source memory for visual shapes. *Cognitive Brain Research*, *17*, 75-82.
- Smith, M. E. (1993). Neurophysiological manifestations of recollective experience during recognition memory judgments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *5*, 1-13.
- Smith, M. L. & Milner, B. (1984). Differential effects of frontal-lobe lesions cognitive estimation and spatial memory. *Neuropsychologia*, *22*, 697-705.
- Smith, M. L. & Milner, B. (1988). Estimation of frequency of occurrence of abstract designs after frontal or temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, *26*, 297-306.
- Snodgrass, J. G. & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *6*, 174-215.
- Spencer, W. D. & Raz, N. (1994). Memory for facts, source, and context: Can frontal lobe dysfunction explain age-related differences? *Psychology and Aging*, *9*, 149-159.
- Spencer, W. D. & Raz, N. (1995). Differential effects of aging on memory for content and context: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, *10*, 527-539.
- Spieler, D. H., Balota, D. A., & Faust, M. E. (1996). Stroop performance in healthy younger and older adults and in individuals with dementia of the Alzheimer's type. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *22*, 461-479.
- Sporer, S. L. (1991). Deep-deeper-deepest? Encoding strategies and the recognition of human faces. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *17*, 323-333.
- Squire, L. R. (1981). Two forms of human amnesia: An analysis of forgetting. *Journal of Neuroscience*, *1*, 635-640.

- Squire, L. R. (1982). Comparisons between forms of amnesia: Some deficits are unique to Korsakoff's syndrome. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *8*, 560-571.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, *99*, 195-231.
- Squire, L. R. (1994). Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. In D.L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 203-231). London: A Bradford Book. The MIT Press.
- Squire, L. R. & Alvarez, P. (1995). Retrograde amnesia and memory consolidation: A neurobiological perspective. *Current Opinion in Neurobiology*, *5*, 169-177.
- Squire, L. R. & Knowlton, B. J. (1995). Memory, hippocampus, and brain systems. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 825-837). Cambridge: A Bradford Book, MIT Press.
- Squire, L. R., Knowlton, B. J., & Musen, G. (1993). The structure and organization of memory. *Annu.Rev.Psychol.*, *44*, 453-495.
- Squire, L. R., Nadel, L., & Slater, P. C. (1981). Anterograde amnesia and memory for temporal order. *Neuropsychologia*, *19*, 141-145.
- Squire, L. R., Ojemann, J. G., Miezin, F. M., Petersen, S. E., Videen, T. O., & Raichle, M. E. (1992). Activation of the hippocampus in normal humans: A functional anatomical study of memory. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*, *89*, 1837-1841.
- Squire, L. R., Schmolck, H., & Stark, C. E. L. (2001). Impaired auditory recognition memory in amnesic patients with medial temporal lobe lesions. *Learning and Memory*, *8*, 252-256.
- Squire, L. R. & Shimamura, A. P. (1986). Characterizing amnesic patients for neurobehavioral study. *Behavioral Neuroscience*, *100*, 866-877.
- Squire, L. R., Shimamura, A. P., & Graf, P. (1985). Independence of recognition memory and priming effects: A neuropsychological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *11*, 37-44.
- Squire, L. R. & Zola, S. M. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, *93*, 13515-13522.

- Squire, L. R. & Zola, S. M. (1998). Episodic memory, semantic memory, and amnesia. *Hippocampus*, 8, 205-211.
- Squire, L. R. & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science*, 253, 1380-1386.
- Stark, C. E. L., Bayley, P. J., & Squire, L. R. (2002). Recognition memory for single items and for associations is similarly impaired following damage to the hippocampal region. *Learning and Memory*, 9, 238-242.
- Stark, C. E. L. & Squire, L. R. (2000a). Functional magnetic resonance imaging (fMRI) activity in the hippocampal region during recognition memory. *The Journal of Neuroscience*, 20, 7776-7781.
- Stark, C. E. L. & Squire, L. R. (2000b). Recognition memory and familiarity judgments in severe amnesia: No evidence for a contribution of repetition priming. *Behavioral Neuroscience*, 114, 459-467.
- Stark, C. E. L. & Squire, L. R. (2001). When zero is not zero: The problem of ambiguous baseline conditions in fMRI. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, 98, 12760-12766.
- Stark, C. E. L. & Squire, L. R. (2003). Hippocampal damage equally impairs memory for single items and memory for conjunctions. *Hippocampus*, 13, 281-292.
- Stefanacci, L., Buffalo, E. A., Schmolck, H., & Squire, L. R. (2000). Profound amnesia after damage to the medial temporal lobe: A neuroanatomical and neuropsychological profile of patient E.P. *The Journal of Neuroscience*, 20, 7024-7036.
- Strack, F. & Förster, J. (1995). Reporting recollective experiences: Direct access to memory systems? *Psychological Science*, 6, 352-358.
- Strange, B. A., Fletcher, P. C., Henson, R. N. A., Friston, K. J., & Dolan, R. J. (1999). Segregating the functions of human hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 96, 4034-4039.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 6, 661.
- Stuss, D. T. & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-298.

- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Floden, D., Binns, M. A., Levine, B., McIntosh, A. R., Rajah, N., & Hevenor, S. J. (2003). Fractionation and localization of distinct frontal lobe processes: Evidence from focal lesions in humans. In D.T. Stuss & R. G. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 392-407). New York: Oxford University Press.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Palumbo, C. L., Buckle, L., Sayer, L., & Pogue, J. (1994). Organizational strategies of patients with unilateral or bilateral frontal lobe injury in word list learning tasks. *Neuropsychology, 8*, 355-373.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- Stuss, D. T. & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: Lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology, 53*, 401-433.
- Suzuki, M., Fujii, T., Tsukiura, T., Okuda, J., Umetsu, A., Nagasaka, T., Mugikura, S., Yanagawa, I., Takahashi, S., & Yamadori, A. (2002). Neural basis of temporal context memory: A functional MRI study. *NeuroImage, 17*, 1790-1796.
- Suzuki, W. A., & Amaral, D. G. (1994). Topographical organization of the reciprocal connections between the monkey entorhinal cortex and the perirhinal and parahippocampal cortices. *Journal of Neuroscience, 14*, 1856-1877.
- Swick, D. & Knight, R. T. (1999). Contributions of prefrontal cortex to recognition memory: Electrophysiological and behavioral evidence. *Neuropsychology, 13*, 155-170.
- Taylor, S. F., Kornblum, S., Lauber, E. J., Minoshima, S., & Koeppe, R. A. (1997). Isolation of specific interference processing in the Stroop task: PET activation studies. *NeuroImage, 6*, 81-92.
- Tendolkar, I. & Rugg, M. D. (1998). Electrophysiological dissociation of recency and recognition memory. *Neuropsychologia, 36*, 477-490.
- Thaiss, L. & Petrides, M. (2003). Source versus content memory in patients with a unilateral frontal cortex or a temporal lobe excision. *Brain, 126*, 1112-1126.
- Thompson-Schill, S. L., D'Esposito, M., Aguirre, G. K., & Farah, M. J. (1997). Role of left inferior prefrontal cortex in retrieval of semantic knowledge: A re-evaluation. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA, 94*, 14792-14797.
- Toglia, M. P. & Kimble, G. A. (1976). Recall and use of serial position information. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 2*, 431-445.

- Toth, J. P. (1996). Conceptual automaticity in recognition memory: Levels-of-processing effects on familiarity. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 50*, 123-138.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs, 77*, whole n°576.
- Trott, C. T., Friedman, D., Ritter, W., Fabiani, M., & Snodgrass, J. G. (1999). Episodic priming and memory for temporal source: Event-related potentials reveal age-related differences in prefrontal functioning. *Psychology and Aging, 14*, 390-413.
- Troyer, A. K. & Craik, F. I. M. (2000). The effect of divided attention on memory for items and their context. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 54*, 161-170.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.). *Organization of memory*. New York: Academic Press.
- Tulving, E. (1981). Similarity relations in recognition. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 20*, 479-496.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology, 26*, 1-12.
- Tulving, E. (1989). Remembering and knowing the past. *American Psychologist, 77*, 361-367.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory: quo vadis? In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 839-847). Cambridge: A Bradford Book, The MIT Press.
- Tulving, E. (1999). On the uniqueness of episodic memory. In L.-G. Nilsson & H. J. Markowitsch (Eds.), *Cognitive neuroscience of memory* (pp. 11-42). Göttingen, Germany: Hogrefe & Huber Publishers.
- Tulving, E. (2001). Episodic memory and common sense: How far apart? *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B, 356*, 1505-1515.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology, 53*, 1-53.
- Tulving, E., Hayman, C. A. G., & MacDonald, C. A. (1991). Long-lasting perceptual priming and semantic learning in amnesia: A case experiment. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 17*, 595-617.



- Tulving, E., Kapur, S., Craik, F. I. M., Moscovitch, M., & Houle, S. (1994). Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: Positron emission tomography findings. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*, *91*, 2016-2020.
- Tulving, E., Kapur, S., Habib, S., & Houle, S. (1994). Novelty encoding networks in the human brain: Positron emission tomography data. *NeuroReport*, *5*, 2525-2528.
- Tulving, E. & Madigan, S. A. (1970). Memory and verbal learning. *Annual Review of Psychology*, *21*, 437-484.
- Tulving, E. & Markowitsch, H. J. (1998). Episodic and declarative memory: Role of the hippocampus. *Hippocampus*, *8*, 198-204.
- Tulving, E., Markowitsch, H. J., Craik, F. I. M., Habib, R., & Houle, S. (1996). Novelty and familiarity activations in PET studies of memory encoding and retrieval. *Cerebral Cortex*, *6*, 71-79.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, *80*, 352-373.
- Tzeng, O. J. L. (1976). A precedence effect in the processing of verbal information. *American Journal of Psychology*, *89*, 577-599.
- Tzeng, O. J. L. & Cotton, B. (1980). A study-phase retrieval model of temporal coding. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *6*, 705-716.
- Tzeng, O. J. L., Lee, A. T., & Wetzel, C. D. (1979). Temporal coding in verbal information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *5*, 52-64.
- Underwood, B. J. (1977). *Temporal codes for memories: Issues and problems*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Underwood, B. J. & Malmi, R. A. (1978a). An evaluation of measures used in studying temporal codes for words within a list. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *17*, 279-293.
- Underwood, B. J. & Malmi, R. A. (1978b). Transfer from recency learning to corresponding two-category classification learning. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *11*, 200-202.

- Uylings, H. B. M. & de Brabander, J. M. (2002). Neuronal changes in normal human aging and Alzheimer's disease. *Brain and Cognition*, 49, 268-276.
- Vaidya, C. J., Gabrieli, J. D. E., Verfaellie, M., Fleischman, D., & Askari, N. (1998). Font-specific priming following global amnesia and occipital lobe damage. *Neuropsychology*, 12, 183-192.
- Vakil, E. & Tweedy, J. R. (1994). Memory for temporal order and spatial position information: Tests of the automatic-effortful distinction. *Neuropsychiatry*, 7, 281-288.
- Van der Linden, M., Andrès, P., & Marczewski, P. (1999). Le rôle des lobes frontaux dans le fonctionnement de la mémoire épisodique. In M. Van der Linden, X. Seron, D. Le Gall, & P. Andrès (Eds.), *Neuropsychologie des lobes frontaux* (pp. 167-201). Marseille: Solal.
- 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., Brédart, S., Depoorter, N., & Coyette, F. (1996). Semantic memory: A case study. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 391-413.
- Van der Linden, M., Cornil, V., Meulemans, T., Ivanoiu, A., Salmon, E., & Coyette, F. (2001). Acquisition of a novel vocabulary in an amnesic patient. *Neurocase*, 7, 283-293.
- 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., Rolland, J., Schils, J.-P., & Bruyer, R. (1992). Approche neuropsychologique du syndrome amnésique consécutif à une rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure. *Revue de Neuropsychologie*, 2, 169-192.
- Vargha-Khadem, F., Gadian, D. G., & Mishkin, M. (2001). Dissociations in cognitive memory: The syndrome of developmental amnesia. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 356, 1435-1440.
- Vargha-Khadem, F., Gadian, D. G., Watkins, K. E., Connelly, A., Van Paesschen, W., & Mishkin, M. (1997). Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science*, 277, 376-380.

- Vendrell, P., Junque, C., Pujol, J., Jurado, M. A., Molet, J., & Grafman, J. (1995). The role of prefrontal region in the Stroop task. *Neuropsychologia*, *33*, 341–352.
- Verfaellie, M. (1994). A re-examination of recognition memory in amnesia: Reply to Roediger and McDermott. *Neuropsychology*, *8*, 289-292.
- Verfaellie, M., Croce, P., & Milberg, W. P. (1995). The role of episodic memory in semantic learning: An examination of vocabulary acquisition in a patient with amnesia due to encephalitis. *Neurocase*, *1*, 291-304.
- Verfaellie, M., Koseff, P., & Alexander, M. P. (2000). Acquisition of novel semantic information in amnesia: Effects of lesion location. *Neuropsychologia*, *38*, 484-492.
- Verfaellie, M., Rapcsak, S. Z., Keane, M. M., & Alexander, M. P. (in press). Elevated false recognition in patients with frontal lobe damage is neither a general nor a unitary phenomenon. *Neuropsychology*.
- Verfaellie, M. & Treadwell, J. R. (1993). Status of recognition memory in amnesia. *Neuropsychology*, *7*, 5-13.
- Volpe, B. T., & Hirst, W. (1983). Amnesia following the rupture and repair of an anterior communicating artery aneurysm. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *46*, 709.
- Volpe, B. T., Holtzman, J. D., & Hirst, W. (1986). Further characterization of patients with amnesia after cardiac arrest: Preserved recognition memory. *Neurology*, *36*, 408-411.
- Wagner, A. D., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. E. (1998). Prefrontal cortex and recognition memory: Functional-MRI evidence for context-dependent retrieval processes. *Brain*, *121*, 1985-2002.
- Wagner, A. D., Gabrieli, J. D. E., & Verfaellie, M. (1997). Dissociations between familiarity processes in explicit recognition and implicit perceptual memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *23*, 305-323.
- Wagner, A. D., Schacter, D. L., Rotte, M., Koutstaal, W., Maril, A., Dale, A. M., Rosen, B. R., & Buckner, R. L. (1998). Building memories: Remembering and forgetting of verbal experiences as predicted by brain activity. *Science*, *281*, 1188-1191.
- Wagner, A. D., Stebbins, G. T., Masciari, F., Fleischman, D. A., & Gabrieli, J. D. E. (1998). Neuropsychological dissociation between recognition familiarity and perceptual priming in visual long-term memory. *Cortex*, *34*, 493-511.

- Ward, G., Woodward, G., Stevens, A., & Stinson, C. (2003). Using Overt Rehearsals to Explain Word Frequency Effects in Free Recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(2), 186-210.
- Ward, J. (2003). Encoding and the frontal lobes: A dissociation between retrograde and anterograde memories. *Cortex*, 39, 791-812.
- Ward, J. & Parkin, A. J. (2000). Pathological false recognition and source memory deficits following frontal lobe damage. *Neurocase*, 6, 333-345.
- Ward, J., Parkin, A. J., Powell, G., Squires, E. J., Townshend, J., & Bradley, V. (1999). False recognition of unfamiliar people: "Seeing film stars everywhere". *Cognitive Neuropsychology*, 16, 293-315.
- Warrington, E. K. (1984). *The Recognition Memory Test*. Windsor, England: NFER-Nelson.
- Warrington, E. K. & James, M. (1991). *Visual Object and Space Perception Battery*. Bury St. Edmund: Thames Valley Test Company.
- Wearden, J. H. (2001). Internal clocks and the representation of time. In C. Hoerl & T. McCormack (Eds.), *Time and memory: Issues in philosophy and psychology* (pp. 37-58). Oxford: Clarendon Press.
- Wechsler, D. (1987). *Wechsler Memory Scale-Revised*. New York: Psychological Corporation.
- Wegelin, D. J., Friedman, D., Varughese, N., & Stern, Y. (2002). Age-related changes in source memory retrieval: An ERP replication and extension. *Cognitive Brain Research*, 13, 323-338.
- Wegelin, D. J., Jacobs, D. M., Zubin, N. R., Ventura, P. R., & Stern, Y. (2000). Source memory and encoding strategy in normal aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22, 455-464.
- Weiskrantz, L. (1985). On issues and theories of the human amnesic syndrome. In N.M. Weinberger, J. L. McGaugh, & G. Lynch (Eds.), *Memory systems of the brain* (pp. 380-415). New York: The Guilford Press.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.

- West, R. L. (2000). In the defense of the frontal lobe hypothesis of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 727-729.
- Wheeler, M. A. & Stuss, D. T. (2003). Remembering and knowing in patients with frontal lobe injuries. *Cortex*, 39, 827-846.
- Wheeler, M. A., Stuss, D. T., & Tulving, E. (1995). Frontal lobe damage produces episodic memory impairment. *Journal of International Neuropsychological Society*, 1, 525-536.
- Wheeler, M. A., Stuss, D. T., & Tulving, E. (1997). Toward a theory of episodic memory: The frontal lobes and autonoetic consciousness. *Psychological Bulletin*, 121, 331-354.
- White, N. M. (1997). Mnemonic functions of the basal forebrain. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 164-169.
- Wilding, E. L. (1999). Separating retrieval strategies from retrieval success: An event-related potential study of source memory. *Neuropsychologia*, 37, 441-454.
- Wilding, E. L. (2000). In what way does the parietal ERP old/new effect index recollection? *International Journal of Psychophysiology*, 35, 81-87.
- Whiting, W. L. & Smith, A. D. (1997). Differential age-related processing limitations in recall and recognition tasks. *Psychology and Aging*, 12, 216-224.
- Wilding, E. L., & Rugg, M. D. (1996). An event-related potential study of recognition memory with and without retrieval of source. *Brain*, 119, 889-905.
- Wilding, E. L. & Rugg, M. D. (1997a). An event-related potential study of memory for word spoken aloud or heard. *Neuropsychologia*, 35, 1185-1195.
- Wilding, E. L. & Rugg, M. D. (1997b). Event-related potentials and the recognition memory exclusion task. *Neuropsychologia*, 35, 119-128.
- Winograd, E. (1981). Elaboration and distinctiveness in memory for faces. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 7, 181-190.
- Winograd, E. & Soloway, R. M. (1985). Reminding as a basis for temporal judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11, 262-271.
- Worthington, A. (1999). Dysexecutive paramnesia: Strategic retrieval deficits in retrospective and prospective remembering. *Neurocase*, 5, 47-57.
- Wright, D. B., & Davies, G. M. (1999). Eyewitness testimony. In F. T. Durso (Ed.), *Handbook of applied cognition* (pp. 789-818). Chichester, England: Wiley.

- Yarmey, A. D. (1993). Adult age and gender differences in eyewitness recall in field settings. *Journal of Applied Social Psychology, 23*, 1921–1932.
- Yasuno, F., Hirata, M., Takimoto, H., Taniguchi, M., Nakagawa, Y., Ikejiri, Y., Nishikawa, T., Shinozaki, K., Tanabe, H., Sugita, Y., & Takeda, M. (1999). Retrograde temporal order amnesia resulting from damage to the fornix. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 67*, 102-105.
- Yntema, D. B. & Trask, F. P. (1963). Recall as a search process. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 2*, 65-74.
- Yonelinas, A. P. (1994). Receiver-operating characteristics in recognition memory: Evidence for a dual-process model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 20*, 1341-1354.
- Yonelinas, A. P. (1997). Recognition memory ROCs for item and associative information: The contribution of recollection and familiarity. *Memory and Cognition, 25*, 747-763.
- Yonelinas, A. P. (1999). The contribution of recollection and familiarity to recognition and source-memory judgments: A formal dual-process model and an analysis of receiver operating characteristics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 25*, 1415-1434.
- Yonelinas, A. P. (2001a). Components of episodic memory: The contribution of recollection and familiarity. *Phil.Trans.R.Soc.Lond.B, 356*, 1363-1374.
- Yonelinas, A. P. (2001b). Consciousness, control, and confidence: The 3 C's of recognition memory. *Journal of Experiment Psychology: General, 130*, 361-379.
- Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language, 46*, 441-517.
- Yonelinas, A. P., Dobbins, I., Szymanski, M. D., Dhaliwal, H. S., & King, L. (1996). Signal-detection, threshold, and dual-process of recognition memory: ROCs and conscious recollection. *Consciousness and Cognition, 5*, 418-441.
- Yonelinas, A. P., Hopfinger, J. B., Buonocore, M. H., Kroll, N. E. A., & Baynes, K. (2001). Hippocampal, parahippocampal and occipito-temporal contributions to associative and item recognition memory: A fMRI study. *NeuroReport, 12*, 359-363.

- Yonelinas, A. P. & Jacoby, L. L. (1994). Dissociations of processes in recognition memory: Effects of interference and of response speed. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 48*, 516-534.
- Yonelinas, A. P. & Jacoby, L. L. (1996a). Noncriterial recollection: Familiarity as automatic, irrelevant recollection. *Consciousness and Cognition, 5*, 131-141.
- Yonelinas, A. P. & Jacoby, L. L. (1996b). Response bias and the Process-Dissociation-Procedure. *Journal of Experimental Psychology: General, 125*, 422-434.
- Yonelinas, A. P., Kroll, N. E. A., Dobbins, I., Lazzara, M., & Knight, R. T. (1998). Recollection and familiarity deficits in amnesia: Convergence of remember-know, process dissociation, and receiver operating characteristics data. *Neuropsychology, 12*, 323-339.
- Yonelinas, A. P., Kroll, N. E. A., Quamme, J. R., Lazzara, M. M., Sauvé, J.-M., Widaman, K. F., & Knight, R. G. (2002). Effects of extensive temporal lobe damage or mild hypoxia on recollection and familiarity. *Nature Neuroscience, 5*, 1236-1241.
- Zacks, R. T., Hasher, L., Alba, J. W., Sanft, H., & Rose, K. C. (1984). Is temporal order encoded automatically? *Memory and Cognition, 12*, 387-394.
- Zacks, R. T., Hasher, L., & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In F.I.M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (2nd edition ed., pp. 293-357). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology Monograph Supplement, 9*, 1-27.
- Zimmerman, J., & Underwood, B. J. (1968). Ordinal position knowledge within and across lists as a function of instructions in free recall learning. *Journal of General Psychology, 79*, 301-307.
- Zola, S. M. & Squire, L. R. (2000). The medial temporal lobe and the hippocampus. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 485-500). New York: Oxford University Press.
- Zola-Morgan, S. & Squire, L. R. (2001). Relationship between magnitude of damage to the hippocampus and impaired recognition memory in monkeys. *Hippocampus, 11*, 92-98.

Zola-Morgan, S., Squire, L. R., & Amaral, D. G. (1986). Human amnesia and the medial temporal region: Enduring memory impairment following a bilateral lesion limited to field CA1 of the hippocampus. *The Journal of Neuroscience*, 6, 2950-2967.

Zorrilla, L. T. E., Aguirre, G. K., Zarahn, E., Cannon, T. D., & D'Esposito, M. (1996). Activation of the prefrontal cortex during judgments of recency: A functional MRI study. *NeuroReport*, 7, 2803-2806.