

**Rachel Solans**

Soutenu en juin 2017

# L'apprentissage procédural

---

Evaluation d'un apprentissage procédural dans le vieillissement  
et dans la maladie d'Alzheimer.



Université de Toulouse  
Faculté de Médecine Toulouse Rangueil  
Institut de Formation en Psychomotricité



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Etat de psychomotricienne

# Table des matières

---

Remerciements	0
Introduction	1
<b>PARTIE THEORIQUE</b>	<b>3</b>
<b>I. La mémoire et l'apprentissage procédural</b>	<b>4</b>
<b>A. Le fonctionnement de la mémoire</b>	<b>4</b>
1. La mémoire à long terme	4
2. Les processus d'apprentissage	5
<b>B. Le fonctionnement de l'apprentissage procédural</b>	<b>6</b>
1. Définitions	6
2. Trois grandes catégories d'épreuves procédurales	6
3. Les phases de l'apprentissage procédural cognitif du modèle ACT (Adaptative Control of Thought)	7
4. L'apprentissage procédural massé et distribué	13
<b>II. L'apprentissage procédural dans le vieillissement normal</b>	<b>16</b>
<b>A. Les effets du vieillissement</b>	<b>16</b>
1. Effets du vieillissement sur la mémoire	16
2. Effets du vieillissement sur les performances motrices	16
3. Effets du vieillissement sur le temps de mouvement et sur les ressources attentionnelles	17
<b>B. Préservation de l'apprentissage procédural dans le vieillissement</b>	<b>17</b>
1. Préservation d'un apprentissage perceptivo-moteur	17
2. L'apprentissage perceptivo-verbal	21
3. L'apprentissage procédural cognitif	21
<b>C. La dynamique des processus d'apprentissage procédural et fonctions cognitives impliquées</b>	<b>23</b>
<b>D. La durabilité</b>	<b>25</b>

<b>III. L'apprentissage procédural dans la maladie d'Alzheimer</b>	<b>26</b>
<b>A. La mémoire dans la maladie d'Alzheimer</b>	<b>26</b>
<b>B. Le fonctionnement de l'apprentissage procédural dans la maladie d'Alzheimer</b>	<b>27</b>
1. Préservation d'un apprentissage procédural	27
2. Atteinte du système déclaratif –contrôlé	35
3. Le transfert	36
<b>C. L'impact du mode d'apprentissage</b>	<b>37</b>
1. Composantes à prendre en compte	37
2. Le focus de l'attention	39
3. L'apprentissage sans erreur	39
<b>PARTIE PRATIQUE</b>	<b>44</b>
<b>I. Problématique</b>	<b>45</b>
<b>II. Méthode</b>	<b>45</b>
1. Population	45
2. Matériel	46
3. Expérimentation	46
4. Données	47
5. Hypothèses	48
6. Analyses statistiques	50
<b>III. Résultats</b>	<b>51</b>
1. Evolution de l'indice de compétence au cours du temps	51
2. Evolution des indices de compétences entre les deux sessions	52
3. Evolution de l'indice d'apprentissage	53
<b>IV. Discussion</b>	<b>54</b>
1. Commentaires des résultats	54
2. Confrontation avec mes hypothèses de départ	56
3. Les limites	56
4. Perspectives	57
<b>Conclusion</b>	<b>59</b>

# Index des figures

---

<b>Figure 1:</b> Les systèmes mnésiques _____	5
<b>Figure 2:</b> Performance en termes de mouvements (A) et de temps d'exécution pour la tâche de la tour de Toronto (B) (Which processes are involved in cognitive procedural learning? Beaunieux et al.) _____	6
<b>Figure 3:</b> Performance en termes de mouvements (A) et de temps d'accomplissement pour la tâche de la tour de Toronto (Which processes are involved in cognitive procedural learning? Beaunieux et al.) _____	9
<b>Figure 4:</b> Evolution du temps de contact en fonction des essais chez les personnes jeunes et âgées à la tâche du rotor test (thèse de Beaunieux) _____	20
<b>Figure 5 :</b> Evolution du nombre de mouvement en fonction des essais chez les personnes jeunes et âgées pour la résolution de la Tour de Hanoï (thèse de Beaunieux) _____	22
<b>Figure 6:</b> Evolution du temps de contact en fonction des essais chez les personnes jeunes et âgées pour la résolution de la tour de Hanoï (thèse de Beaunieux) _____	22
<b>Figure 7:</b> Les stades de la maladie d'Alzheimer selon Braak et Braak (cours d'Elodie Martin) _____	26
<b>Figure 8:</b> Evolution du temps de contact en fonction des essais pour la tâche du rotor test (thèse de Beaunieux) _____	28
<b>Figure 9:</b> Illustration de la tâche bimanuelle pour l'étude de Mochizuki et al. (Deficits in long-term retention of learned motor skills in patients with cortical or subcortical degeneration.)	30
<b>Figure 10:</b> Organisation étude de Merbah et al. _____	31
<b>Figure 11:</b> Evolution du nombre de mouvement en fonction des essais pour la résolution de la tour de Hanoï (thèse de Beaunieux) _____	35
<b>Figure 12:</b> Evolution du temps d'exécution en fonction des essais chez les personnes âgées et Alzheimer pour la résolution de la tour de Hanoï (thèse de Beaunieux) _____	35
<b>Figure 13:</b> Fonctionnement de l'apprentissage procédural _____	43
<b>Figure 14:</b> Population d'expérimentation _____	46
<b>Figure 15:</b> Dispositif d'expérimentation _____	46
<b>Figure 16:</b> Trajectoire du point lumineux _____	46
<b>Figure 17:</b> Déroulement de l'expérimentation _____	47
<b>Figure 18:</b> Données de l'expérimentation _____	48
<b>Figure 19:</b> Hypothèses _____	49

<b>Figure 20:</b> Evolution de l'indice de compétence en fonction de la session _____	51
<b>Figure 21:</b> Evolution de l'indice de compétence en fonction des blocs _____	51
<b>Figure 22:</b> Evolution de l'indice de compétence en fonction du groupe, de la session et de bloc _____	52
<b>Figure 23:</b> Evolution de l'indice de compétence en fonction du groupe en milieu d'apprentissage _____	53
<b>Figure 24:</b> Evolution de l'indice d'apprentissage en fonction du groupe et de la session ____	53

# Introduction

---

Le vieillissement de la population augmente rapidement et d'ici 2050, une personne sur trois aura plus de 60 ans. L'expansion de la population vieillissante et des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer (MA) est un problème de santé publique. Environ 850 000 personnes sont atteintes de cette maladie en France, avec 225 000 nouveaux cas par an (France Alzheimer, 2014). C'est une maladie neurodégénérative qui entraîne une perte progressive et irréversible des fonctions mentales et notamment de la mémoire. La maladie d'Alzheimer est associée aux lésions des plaques amyloïdes (ou plaques séniles, formées par l'agglutinement de la protéine bêta-amyloïde) entre les neurones, et à la dégénérescence neuro-fibrillaire des neurones. L'atteinte neurologique touche d'abord le lobe temporal interne et notamment l'hippocampe, puis s'étend par la suite aux cortex associatifs frontaux et temporo-pariétaux. Les causes exactes de ces lésions sont encore inconnues mais des facteurs environnementaux et génétiques sont impliqués dans son développement.

La maladie d'Alzheimer entraîne des troubles mnésiques mais également une désorientation spatio-temporelle pouvant entraîner des comportements inadaptés, des troubles du langage et des troubles de l'attention. L'inhibition, le manque de flexibilité, une agnosie et une apraxie sont également retrouvés dans la MA. Ces atteintes ont diverses conséquences sur les activités de la vie quotidienne des patients Alzheimer ; une évolution a lieu sur plusieurs années avec l'apparition progressive d'une perte d'autonomie, qui retentit sur les activités de la vie quotidienne (habillage, toilette, préparation des repas, courses), sur les activités de loisirs, sur la vie sociale et sur l'entourage (HAS, 2011). Les personnes Alzheimer deviennent dépendantes de leurs aidants, familiaux ou professionnels, qui peuvent alors ressentir un fardeau très important. Il est donc important que les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer continuent à vivre de manière autonome le plus longtemps possible, pour cela il faut qu'elles conservent les habiletés acquises et apprennent de nouvelles compétences pratiques. En tant que psychomotriciens nous pouvons donc leur apprendre ou réapprendre des notions et habiletés spécifiques (Martin et Innocent Mutel, 2015). Ce sont souvent des méthodes d'apprentissage explicites ou déclaratives qui sont utilisées pour l'apprentissage de nouvelles compétences. Néanmoins, dans le vieillissement normal, comme dans la maladie d'Alzheimer, les processus mnésiques déclaratifs sont altérés, alors que les processus non déclaratifs et automatiques restent conservés (Dick et al., 2003 et Eustache et Desgranges, 2003). On suppose

alors que dans le vieillissement normal et dans la maladie d'Alzheimer les techniques d'apprentissage implicite et procédural sont plus efficaces.

L'objectif de ce travail est de voir dans quelle mesure il est possible d'apprendre ou de réapprendre des habiletés sensori-motrices aux personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer par une méthode d'apprentissage procédural.

Pour tenter de répondre à cette question nous aborderons dans un premier temps la mémoire dans l'apprentissage, puis l'apprentissage procédural dans le vieillissement, et enfin l'apprentissage procédural dans la maladie d'Alzheimer. Je présenterai ensuite une étude que j'ai réalisée concernant la préservation d'un apprentissage perceptivo-moteur pour une tâche visuo-motrice dans la maladie d'Alzheimer.

# **PARTIE THEORIQUE**

# I. La mémoire et l'apprentissage procédural

---

## A. Le fonctionnement de la mémoire

Selon Tulving (2000), la mémoire peut être définie comme la capacité à encoder, à entreposer et à récupérer l'information. Selon Ebbinghaus (1885), il existe plusieurs types de systèmes mnésiques : il y a d'une part la **mémoire à long terme**, comprenant la mémoire déclarative et la mémoire procédurale, et d'autre part la **mémoire à court terme**. La mémoire à court terme n'est pas impliquée lors de l'apprentissage procédural.

### 1. La mémoire à long terme

#### a. La mémoire explicite

##### La mémoire épisodique

La mémoire épisodique permet d'enregistrer, de stocker et de récupérer des informations personnellement vécues dans leur contexte spatio-temporel. Elle contient les souvenirs autobiographiques, et c'est cette mémoire qui permet de se remémorer les événements antérieurs dans une certaine situation (Tulving, 1993). La mémoire épisodique contient la mémoire prospective, c'est la mémoire des intentions ; elle permet de se rappeler des actions à exécuter à un moment donné dans le futur, malgré le fait d'être absorbé dans une autre tâche (Brandimonte, 1997).

##### La mémoire sémantique

La mémoire sémantique concerne les concepts et les savoirs, elle permet la production et la compréhension du langage, la lecture et l'écriture ainsi que l'identification d'objets (Tulving, 1993).

#### b. La mémoire implicite ou mémoire procédurale

D'après Cohen et Squire (1994), la mémoire procédurale est un système mnésique chargé de coder, de stocker et de récupérer les procédures qui sous-tendent les habiletés motrices, verbales et cognitives. Elle concerne les automatismes qui ont été appris et les gestes réalisés sans nécessité d'intervention des compétences cognitives.

Pour résumer, les systèmes mnésiques peuvent être décomposés en deux catégories de processus : les processus contrôlés et déclaratifs (mémoire épisodique et mémoire sémantique) et les processus non déclaratifs et automatiques (mémoire procédurale).

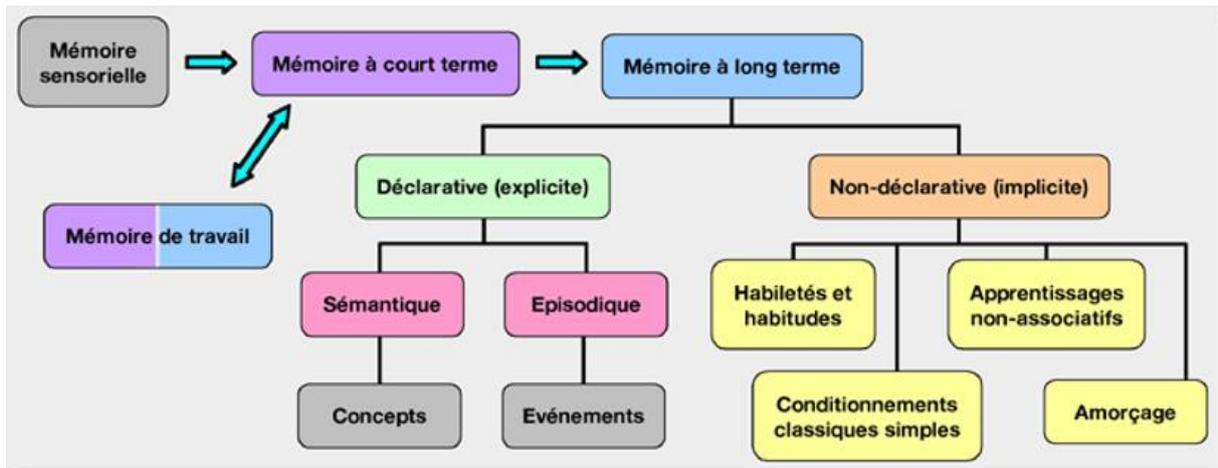


Figure 1: Les systèmes mnésiques

## 2. Les processus d'apprentissage

Le processus d'apprentissage a lieu par trois phases successives : l'**encodage**, la **consolidation** et la **récupération**. L'encodage consiste à l'acquisition de nouveau matériel dans la mémoire, il vise à créer une trace mnésique plus forte et plus saillante. Une information est mieux consolidée si elle est mise en relation avec des connaissances déjà acquises, si elle intéresse la personne et si elle est associée à une charge émotionnelle. De plus, pour qu'une information soit encodée, elle doit être comprise par la personne.

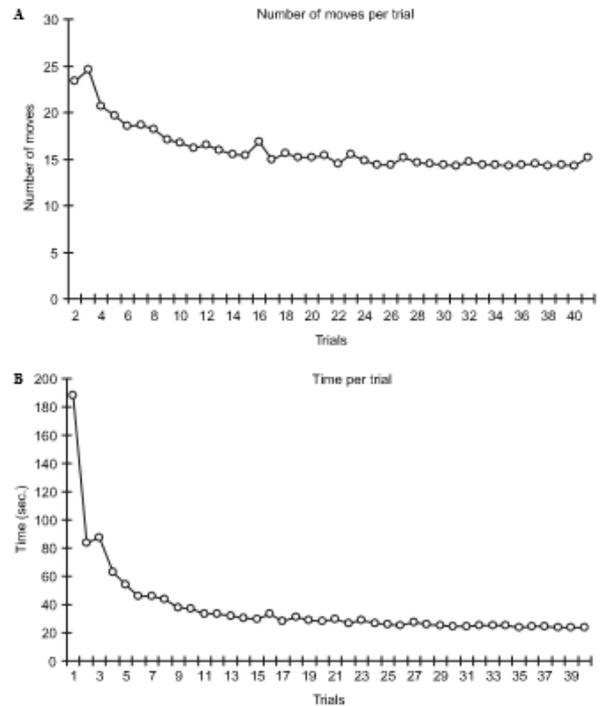
La récupération peut avoir lieu de deux façons : par un mode implicite ou par un mode explicite. D'après Adam (2003) et Tulving (1995), la récupération implicite est l'expression d'expériences passées sans nécessité de se souvenir des circonstances d'apprentissage, elle utilise les processus automatiques, c'est-à-dire les processus moins conscients de la mémoire. La récupération explicite est utilisée lors d'un rappel volontaire d'une information et recrute alors des mécanismes conscients de la mémoire.

Selon Tulving (1995), les informations stockées en mémoire épisodique et en mémoire de travail sont récupérées explicitement tandis que les informations stockées en mémoire procédurale, voire en mémoire sémantique sont récupérées implicitement.

## **B. Le fonctionnement de l'apprentissage procédural**

### **1. Définitions**

L'apprentissage procédural correspond à l'acquisition progressive de nouvelles connaissances ou d'habiletés grâce à la pratique répétée d'une tâche constante, selon Beaunieux et al (2003), et Eustache et Desgranges (2003). Au cours de la pratique, les compétences dans l'habileté s'améliorent. Par exemple, dans la tâche de la tour de Toronto (Beaunieux et al. 2003), durant laquelle on demande aux participants de réaliser des déplacements de boules en suivant certaines règles pour arriver à un but précis, on note que le nombre d'erreurs et le temps de réalisation diminuent au cours des essais comme illustré sur la figure 2.



pour la tâche de la tour de Toronto (B) (Which processes are involved in cognitive procedural learning? Beaunieux et al.)

### **2. Trois grandes catégories d'épreuves procédurales**

Il existe trois grandes catégories d'épreuves procédurales, différenciées par la nature de la procédure à acquérir.

#### **a. Les épreuves procédurales perceptivo-motrices**

Les épreuves procédurales perceptivo-motrices concernent l'acquisition, de procédures perceptivo-motrices (l'individu doit adapter ses mouvements physiques aux informations sensorielles reçues) de différentes natures, au cours de plusieurs essais.

Selon Rosenbaum (2001), les aptitudes perceptivo-motrices ont un objectif non symbolique, elles sont plus primitives que les habiletés intellectuelles et ce sont elles qui se développent en premier. De plus, les habiletés perceptivo-motrices sont plus spécifiques que les habiletés intellectuelles. Par exemple jouer aux échecs (habileté intellectuelle) est un apprentissage moins spécifique que jouer du violon (habileté perceptivo-motrice) : un joueur d'échec peut jouer avec des pions de différentes tailles ou avec les deux mains tandis qu'un violoniste doit toujours avoir un instrument de même taille, la même inclinaison du bras ... Cette étroitesse dans la

manière d'exécuter les habiletés perceptivo-motrice est due à leurs objectifs non symboliques dépendant d'associations restreintes entre stimuli et réponse.

L'apprentissage moteur est défini par Schmidt (1988) comme les modifications, associées à la pratique ou à l'expérience, des processus cognitifs sous-jacents au comportement moteur et qui aboutissent à des modifications relativement permanentes de la performance motrice.

b. Les épreuves procédurales perceptivo-verbales

Les épreuves perceptivo-verbales sont souvent associées à des tâches de lecture telle que la lecture en miroir, consistant à l'apprentissage de la lecture de mots écrits en miroir.

c. Les épreuves procédurales cognitives

Les épreuves procédurales cognitives sont constituées de tâches proposant l'acquisition d'une procédure cognitive telle que la tour de Hanoï<sup>1</sup>.

**3. Les phases de l'apprentissage procédural cognitif du modèle ACT (Adaptative Control of Thought)**

Lors de l'apprentissage procédural, l'implication de la mémoire procédurale n'est pas exclusive. Effectivement, plusieurs études (Ackerman, 1988; Beaunieux et al., 2006, 2009; Pitel et al., 2007; Schmidtke et al., 1996, 2002; Woltz, 1988) montrent que l'apprentissage procédural nécessite l'intervention de d'autres fonctions cognitives que la mémoire procédurale. Anderson (1987) et Ackermann (1988) conceptualisent le modèle ACT (Adaptative Control of Thought) de l'apprentissage procédural cognitif, ensuite prouvé par Beaunieux et al. (2000) impliquant diverses fonctions cognitives.

Anderson (1987) est l'un des nombreux auteurs pour lesquels l'existence de deux formes de systèmes mnésiques est acquise, le modèle ACT accorde la plus grande importance à la dichotomie entre les connaissances déclaratives et les connaissances procédurales : la mémoire de travail est en relation constante avec la mémoire déclarative et procédurale. Ainsi, selon Anderson (1987) la mémoire déclarative stocke les informations déclaratives (c'est-à-dire les séquences temporelles, les images et les propositions abstraites) et la mémoire procédurale stocke les connaissances procédurales (c'est-à-dire les procédures). Selon Anderson (1988), dans le modèle ACT l'acquisition d'une procédure cognitive passe par trois grandes phases : la phase cognitive, la phase associative puis la phase autonome. Durant ces phases et avec la

---

<sup>1</sup> La tour de Hanoï est une base rectangulaire sur laquelle sont fixées trois tiges en bois. Des disques sont placés sur ces tiges (selon une configuration de départ). Le but est de déplacer les disques pour créer une nouvelle configuration prédéterminée, en suivant certaines règles.

pratique le sujet va générer, spécifier puis automatiser une procédure à partir de connaissances déclaratives.

Beaunieux et al. (2012) démontrent l'existence de ces trois phases ainsi que l'intervention des diverses fonctions cognitives. Ils soumettent 100 volontaires âgés de 18 à 35 ans à un apprentissage procédural à l'aide de la tour de Toronto. La tour de Toronto est constituée d'une base rectangulaire sur laquelle trois piquets sont fixés, quatre disques (un noir, un rouge, un jaune et un blanc) sont empilés sur le piquet de gauche du plus clair au plus foncé. Le but de cette tâche est de reconstruire la configuration des disques sur le piquet de droite en respectant deux règles : premièrement, le participant ne peut déplacer qu'un disque à la fois et deuxièmement, un disque plus foncé ne peut jamais être placé au-dessus d'un disque plus clair. Les participants n'avaient aucune contrainte concernant le temps d'exécution ou la démarche à suivre (ils avaient seulement comme indication de commencer par mettre le disque blanc sur la cheville du milieu). Le dispositif de la tour de Toronto a été connecté à un ordinateur afin de mesurer le temps d'exécution et le nombre de mouvement par essai pour la réalisation de la tâche pour chaque participant et pour chaque essai.

Afin de caractériser les trois phases de l'apprentissage procédural, les auteurs ont évalué la mémoire de travail, la mémoire épisodique, les fonctions exécutives, le traitement perceptif, l'intelligence générale ainsi que les fonctions psychomotrices. Le protocole expérimental comportait deux sessions avec un intervalle d'une semaine : lors de la première session les participants ont dû réaliser 40 essais de la tâche « tour de Toronto » soit huit blocs de cinq essais ; le but de la première session était que les patients apprennent la réalisation de cette tâche de manière procédurale. Lors de la deuxième session les participants devaient réaliser un ensemble de tâches cognitives supplémentaires afin d'évaluer les fonctions cognitives impliquées dans l'apprentissage procédural cognitif.

Les fonctions intellectuelles générales ont été évaluées par les sous-tests block design et matrix reasoning de la WAIS. L'évaluation des fonctions psychomotrices a eu lieu par le test de la tour de Toronto (avant et après l'apprentissage procédural) et par le test de la tour de Londres. La mémoire de travail a été évaluée par l'étendue des chiffres de la WAIS III et le test de portée visuo-spatiale du BEM 14 (Signoret, 1991). La mémoire déclarative a été évaluée à l'aide du test d'apprentissage verbal de Californie (Delis et al., 1991 et Deweer et al., 1994). Les fonctions exécutives ont été évaluées à l'aide du test de Stroop (Albaret, 1999), du Trail Making Test et d'une version adaptée de la tour de Londres. Le traitement perceptuel a été mesuré par des symboles de chiffres et des recherches de symboles de la WAIS III.

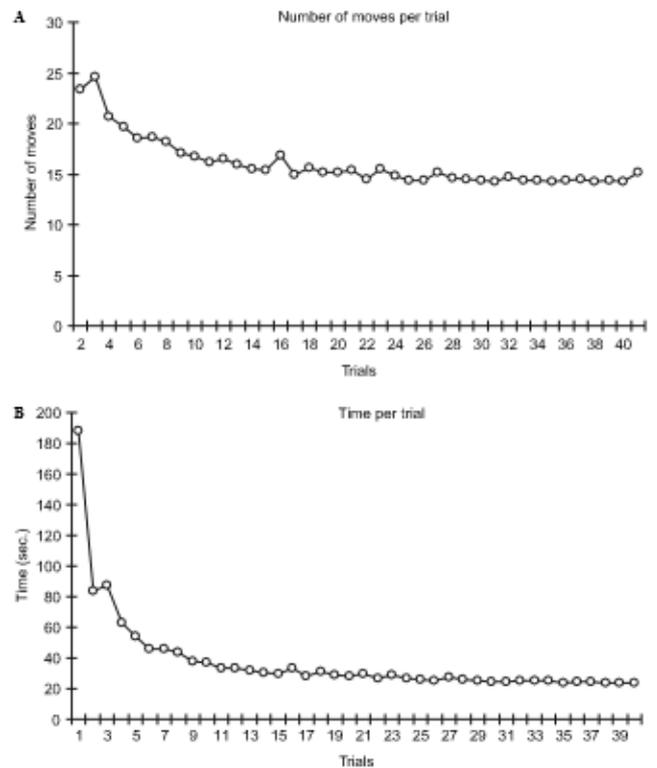
Les résultats de cette étude montrent qu'il y a un effet significatif de la répétition des essais sur le niveau moyen de performance en termes de nombre de mouvement (figure 1A) comme en termes de durée d'exécution de la tâche (figure 1B).

Pour tester les limites des trois phases, Beaunieux et al (2006) ont aussi mesuré le degré d'amélioration au cours des essais : selon Ackermann, il y a une amélioration notable durant la phase cognitive puis durant la phase associative, les sujets commencent à trouver la solution optimale et donc leur amélioration ne varie plus, enfin durant la phase autonome le niveau de

performance reste stable. La phase cognitive a lieu de l'essai 1 à l'essai 7, la phase associative a lieu de l'essai 8 à l'essai 22 et la phase autonome a lieu de l'essai 23 à l'essai 40. Les performances pour la réalisation de la tâche tour Toronto s'améliorent donc de façon significative lors de la phase cognitive et restent plutôt stable lors des phases associative et autonome.

L'analyse de la corrélation des niveaux de performances, des fonctions intellectuelles et des fonctions psychomotrices montrent que l'intelligence générale est impliqué jusqu'au 22<sup>ème</sup> essai tandis que les fonctions psychomotrices sont impliquées à partir du 15<sup>ème</sup> essai.

L'analyse des fonctions cognitives a permis de mettre en évidence les facteurs cognitifs influençant les performances durant cette tâche. **La mémoire épisodique** est impliquée au début de l'apprentissage et son implication diminue au cours des essais. **La mémoire de travail** est impliquée durant les essais 4 à 7. Le **traitement perceptuel** est impliqué tout au long du processus d'apprentissage. Les **fonctions exécutives** interviennent surtout en début et fin de processus d'apprentissage. Les **fonctions psychomotrices** jouent un rôle important à la fin de l'apprentissage.



Performance trends in terms of moves (A) and completion time (B) per trial in the Tower of Toronto

Ainsi d'après ce modèle, l'apprentissage procédural cognitif a lieu en trois phases successives : la phase cognitive, la phase associative et la phase autonome. Selon Chauvel (2011), l'apprentissage moteur a également lieu en suivant ces trois phases.

a. La phase cognitive

- Définition

D'après Beaunieux (2012), la phase cognitive correspond au processus initial ; les performances dans la tâche proposée s'améliorent de façon notable. Selon Anderson (1987), le sujet extrait et traite les informations déclaratives concernant la tâche proposée : les informations concernant les connaissances déclaratives sont encodées comme un ensemble de faits déclaratifs à propos de la tâche. Dans le cas de l'apprentissage moteur, les savoir-faire sont encodés sous la forme de connaissances épisodiques (par exemple lorsqu'un débutant effectue un lancer franc au basket-ball, il utilise la connaissance épisodique « placer le coude en position haute par rapport aux épaules ») (Chauvel, 2011). Durant cette phase, le sujet utilise des méthodes de **résolutions de problèmes** telles que des mécanismes d'analogie, d'essais-erreurs...

- Activation des structures corticales

D'après une analyse par émission de positons réalisée par Hubert et al (2007), la phase cognitive d'un apprentissage procédural cognitif est associée à une activation du **cortex orbito-frontal** (intervenant dans les prises de décisions), une activation du **cervelet** notamment à gauche (impliqué dans l'activité motrice ainsi que dans la détection et la correction des erreurs) ainsi qu'une activation de la **zone pariétale**, notamment le précunéus, le gyrus angulaire et le gyrus cingulaire (intervenant dans la mémoire de travail, l'attention et la planification). Cette activation du réseau fronto-pariétal est due à la charge des stratégies de résolutions de problèmes mises en œuvre durant cette phase. Néanmoins, cette activation diminue au cours des essais, faisant penser que la résolution de problème diminue également au cours des essais.

- Implication des autres systèmes mnésiques

Durant cette phase, la contribution de la **mémoire épisodique** est majeure car elle permet de détecter et d'éliminer les erreurs qui sont faites lors des premiers essais d'exécution de l'habileté et de sélectionner les essais qui vont optimiser l'exécution des actions motrices en cours et à venir. **La mémoire de travail** intervient également durant cette phase étant donné que les connaissances déclaratives doivent en permanence être rafraichies afin de pouvoir être traitées.

**L'intelligence générale** est aussi impliquée durant cette phase de l'apprentissage procédural cognitif.

Selon Chauvel (2011), dans le cas de l'apprentissage procédural moteur, la mémoire de travail permet d'activer, de maintenir et de manipuler les connaissances épisodiques au cours de l'exécution de l'habileté motrice apprise, les processus cognitifs sont contrôlés car ils mobilisent fortement les capacités attentionnelles. La performance motrice dépend des capacités attentionnelles : les processus mnésiques déclaratifs et contrôlés sont prépondérants

b. La phase associative

- Définition

La phase associative est une phase de transition entre la phase cognitive et la phase autonome, permettant de transformer les nouvelles règles de production en procédure. Durant cette phase Anderson (1988) distingue deux types de traitement des connaissances : la **composition** (c'est-à-dire la combinaison séquentielle des différentes productions déclaratives en une seule et unique production plus efficace : les sujets commencent à découvrir la solution optimale pour la réalisation de tâche et en restent proche) et la **procéduralisation** (c'est le passage d'une production déclarative non spécifique à une production hautement spécifique). La tâche est effectuée avec davantage de fluidité et d'efficacité. La procédure est alors spécifique à la tâche apprise, la conservation d'informations déclaratives en mémoire de travail n'est alors plus nécessaire.

- Activation des structures corticales

D'après Hubert et al (2007), la phase associative de l'apprentissage procédural cognitif est associée à l'activation de la **zone préfrontale droite** (intervenant dans la mémoire de travail et la résolution de problème), des **ganglions de la base**, notamment le striatum (intervenant dans l'apprentissage d'habiletés motrices et l'acquisition de compétences cognitives), du **thalamus** et des **régions occipitales**, notamment le calcarine et la région linguale (intervenant dans l'imagerie mentale).

- Implication des autres systèmes mnésiques

Les **capacités de traitement perceptif** peuvent être impliquées dans cette phase en fonction du type de tâche proposée.

Selon Chauvel (2011), dans le cas de l'apprentissage d'une habileté motrice, les connaissances sous-jacentes à sa réalisation sont plus difficilement verbalisables et sont moins coûteuses au niveau attentionnel (c'est-à-dire qu'elles mobilisent moins de processus mnésiques contrôlés),

les connaissances sont semi-procéduralisées et semi-automatisées. Les relations entre connaissance et procédure motrice sont plus directes. Par exemple, pour un basketteur de niveau intermédiaire, ses capacités seront probablement moins importantes dans une situation qui détourne les ressources attentionnelles de la tâche motrice.

c. La phase autonome

- Définition

La phase autonome est la dernière phase de l'apprentissage procédural cognitif, la procédure est plus **adaptée** et plus **automatisée**, le niveau de performance des sujets reste stable et l'écart-type des différences intra-individuelles est proche de 0.

Dans le cas d'un apprentissage moteur, les savoir-faire sont encodés sous la forme de connaissances procédurales et donc difficilement verbalisables.

- Activation des structures corticales

D'après Hubert et al (2007), la phase autonome de l'apprentissage procédural cognitif est associée à l'activation des parties antérieures du **cervelet** (intervenants dans la régulation des mouvements, la mémoire procédurale et les capacités psychomotrices), des mêmes **régions occipitales** que durant la phase associative (intervenants dans l'imagerie mentale) ainsi qu'à l'activation simultanée du **cerveau droit** et du **thalamus gauche** (intervient lors de la consolidation d'un apprentissage).

- Implication des autres systèmes mnésiques

La phase autonome se caractérise essentiellement par l'intervention de la **mémoire procédurale** en soi (les habiletés sont stockées à l'intérieur de la mémoire procédurale). Les **fonctions psychomotrices** interviennent également durant cette phase, ce sont généralement elles qui limitent les progrès en terme de rapidité. Cette phase est la seule à être fonctionnellement indépendante des autres fonctions cognitives.

Selon Beaunieux et al (2003) et Meulemans (2000), l'apprentissage procédural fait intervenir les deux modes de récupération d'une information : la récupération explicite intervient lors des phases initiales, puis son intervention décroît au cours de l'apprentissage et une fois automatisée, la réalisation de la tâche repose essentiellement sur la mémoire procédurale, la récupération a donc lieu selon un mode implicite.

D'après Hubert et al (2007), les transitions entre les régions fronto-pariétales et les régions occipitales et thalamiques peuvent être interprétées comme une transition entre le stade déclaratif (dans la phase cognitive) et le stade procédural (dans la phase autonome).

La collaboration inter-systémique lors de l'apprentissage cognitif procédural est donc nécessaire pour l'encodage de procédures cognitives en mémoire procédurale.

Selon Fitts et Posner (1967), ce modèle d'apprentissage en trois phases concernerait l'apprentissage explicite alors que dans l'apprentissage implicite il n'y aurait pas de distinction entre les trois étapes, qui peuvent se chevaucher ou être ordonnées différemment.

Pour conclure, au cours de l'apprentissage procédural, l'acquisition de la procédure permet une automatisation de l'habileté ; les processus déclaratifs et contrôlés interviennent de moins en moins et laissent la place aux processus non déclaratifs.

#### **4. L'apprentissage procédural massé et distribué**

La fatigue jouant également un rôle dans l'apprentissage, il est important de savoir comment alterner la pratique et le repos pour maximiser les capacités d'apprentissage.

Schmidt et Wrisberg (2000) distinguent deux types de pratique : durant la « pratique massée » la majeure partie du temps est consacré à l'exécution de la tâche tandis que dans la « pratique distribuée » la durée de repos est supérieure ou égale à la durée de pratique.

La majorité des études montrent que l'apprentissage distribuée est plus bénéfique que l'apprentissage massé, notamment pour la rétention d'une information ou d'une habileté à long terme. Par exemple, une étude réalisée par Mackay et al. (2002) étudie les effets de la pratique distribuée et de la pratique massée lors d'une formation chirurgicale : pour le premier groupe de participants, l'entraînement comprenait 20 minutes de pratique massée, pour le second groupe il comprenait 20 minutes de pratique répartie en 4 blocs de 5 minutes, alors que pour le troisième groupe il comprenait seulement 15 minutes d'entraînement, réparties en 3 blocs de 5 minutes. Le deuxième groupe a obtenu des scores significativement supérieurs aux scores du premier et du troisième groupe. Cela montre effectivement que la pratique d'un apprentissage massé est plus bénéfique que celle d'un apprentissage distribué lors de l'apprentissage d'un acte chirurgical.

Une autre étude réalisée par Beck & Mostow (2008) a montré que chez la majorité des élèves la pratique distribuée est plus efficace que la pratique massée pour l'apprentissage de la lecture

de mots rapide et avec précision. De plus l'apprentissage à long terme est meilleur dans le cas d'une pratique distribuée que dans le cas d'une pratique massée.

Nous savons donc que l'apprentissage distribué est plus bénéfique que l'apprentissage massé, mais quel est l'effet du sommeil et quel laps de temps faut-il laisser entre deux sessions d'apprentissage ?

Simmons (2011) a réalisé une étude portant sur l'influence des laps de temps libres entre les sessions d'apprentissage d'une suite musicale au piano. Vingt-neuf musiciens ont été répartis en trois groupes, chaque groupe a eu trois sessions d'entraînement. Pour le groupe 1, chaque session était séparée de 5 minutes, pour le groupe 2 les sessions étaient séparées de 6 heures tandis que pour le groupe 3 les sessions étaient séparées de 24 heures (avec une phase de sommeil dans ce dernier cas). Dans les trois groupes, la vitesse d'exécution a augmenté lors de la deuxième session ; par contre lors de la troisième session, la vitesse n'a augmenté que pour le deuxième et le troisième groupe. En revanche, l'exactitude de l'habileté est améliorée seulement dans le troisième groupe et lors de la deuxième session. Ces résultats confirment qu'une pratique distribuée est plus bénéfique qu'une pratique massée pour l'apprentissage procédural d'une habileté musicale, notamment en termes de vitesse. Les résultats montrent aussi qu'un temps de repos au cours d'un apprentissage, en sommeil comme au réveil permet une consolidation de l'apprentissage procédural. La vitesse d'exécution peut être améliorée autant lorsque la pause a lieu au sommeil que lorsqu'elle a lieu à l'éveil, par contre, pour que la précision soit améliorée, une phase de sommeil au cours de la pause est nécessaire.

Nous pouvons alors nous demander pourquoi l'apprentissage distribué est plus bénéfique que l'apprentissage massé.

Selon Underwood (1970), lors d'un apprentissage distribué, l'apprentissage est plus simple lors de la seconde session. Selon Bjork et Alain (1970), il existe deux raisons à l'avantage de l'apprentissage distribué sur l'apprentissage massé. Effectivement, il y a une consolidation de l'apprentissage lors de la première session et donc l'encodage est meilleur lors de la deuxième session. D'autre part, si la tâche est légèrement plus complexe lors de la seconde session, la récupération sera aussi plus compliquée mais il sera alors plus facile de récupérer cette information plus tard.

Les conditions d'apprentissage distribuées (qui sont plus écologiques) modifient la dynamique de l'apprentissage procédural en comparaison aux conditions d'apprentissage massées : les trois phases sont retrouvées dans les deux types d'apprentissage néanmoins, la phase associative est

allongée et l'automatisation de la procédure est plus progressive au cours d'un apprentissage distribué.

Pour conclure, il existe trois sortes d'apprentissage procédural : l'apprentissage perceptivo-moteur, l'apprentissage perceptivo-verbal et l'apprentissage cognitif. L'apprentissage procédural a lieu en trois phases (la phase cognitive, la phase associative et la phase autonome) durant lesquelles l'habileté apprise s'automatise : au départ, la réalisation de l'activité nécessite une intervention de processus contrôlés et déclaratifs ; puis au cours de l'autonomisation le recrutement de ces processus s'amointrit pour laisser la place à des processus non contrôlés et automatiques. L'apprentissage procédural peut avoir lieu de manière intense (apprentissage massé) ou de manière espacée (apprentissage distribué). Les études prouvent que l'apprentissage distribué est plus bénéfique que l'apprentissage massé et que la précision est augmentée quand il y a une phase de sommeil au cours du repos, entre deux sessions d'apprentissage.

Au cours du vieillissement, les processus contrôlés et déclaratifs (notamment au niveau de la mémoire déclarative et au niveau attentionnel) peuvent être altérés, nous pouvons alors nous demander si les capacités d'apprentissage procédural sont conservées chez les personnes Alzheimer.

## **II. L'apprentissage procédural dans le vieillissement normal**

---

Selon Tulving (1995), la mémoire procédurale est le système mnésique le plus résistant au cours du vieillissement. Toutefois, les diverses études à propos de l'effet de l'âge sur l'apprentissage procédural donnent des résultats hétérogènes.

### **A. Les effets du vieillissement**

#### **1. Effets du vieillissement sur la mémoire**

En psychologie cognitive, il est prouvé que le vieillissement affecte l'efficacité des processus mnésiques déclaratifs et contrôlés alors que ses effets sont nettement moins marqués au niveau des processus mnésiques non déclaratifs et automatiques (Desgranges, Eustache et Rioux, 1994). Lors d'un apprentissage procédural, les processus déclaratifs sont fortement mobilisés au cours du stade cognitif. Cette altération peut alors compromettre l'apprentissage procédural.

Les modifications produites par le vieillissement normal sur la mémoire humaine peuvent ralentir l'apprentissage ou le réapprentissage mais n'entravent pas complètement l'acquisition de nouvelles actions motrices. Par exemple, une personne de 80 ans peut apprendre à utiliser un téléphone portable mais devra faire preuve de plus de persévérance qu'une personne de 18 ans (Chauvel, 2011). Selon Chauvel et al. (2011), le vieillissement entrave l'apprentissage lorsque l'exécution des habiletés motrices fait appel au souvenir explicite des actions passées (c'est-à-dire à la mémoire épisodique et aux traitements contrôlés de la mémoire de travail). En revanche, le vieillissement n'affecte pas l'apprentissage lorsque les actions motrices sont exécutées sur un mode non verbal et automatique.

#### **2. Effets du vieillissement sur les performances motrices**

Les performances motrices des personnes âgées peuvent être modifiées avec l'âge : par exemple en 2001, Li et al montrent que les personnes âgées rencontrent plus de difficultés que les personnes jeunes au cours d'une tâche durant laquelle elles doivent retenir une liste de mots en marchant. Ce résultat suggère qu'au cours du vieillissement le contrôle de la marche étant moins automatique, les personnes âgées ont alors recourt aux processus mnésiques déclaratifs et contrôlés. D'autre part, Molander et Backman (1986) montrent, en évaluant la performance d'experts en mini-golf, que les résultats sont comparables chez des personnes jeunes et chez des personnes âgées en situation non-stressante. Par contre, en situation stressante les personnes

âgées ont de moins bonnes performances que les personnes jeunes : l'augmentation de la charge attentionnelle induite par la situation stressante affecte donc les performances des séniors, mais pas celles des personnes jeunes. Il semble donc que l'exécution d'une habileté motrice perdrait en automaticité avec l'avancée en âge.

### **3. Effets du vieillissement sur le temps de mouvement et sur les ressources attentionnelles**

Le vieillissement entraîne une lenteur dans l'acquisition d'un nouveau savoir-faire ainsi qu'une difficulté à atteindre un niveau élevé de performance.

Pratt et al (1994) ont réalisé une étude concernant les effets du vieillissement sur les processus de contrôle sous-tendant la réalisation d'une tâche visuo-motrice consistant à déplacer un curseur (à l'aide d'un pointeur tenu dans la main droite) et à le placer dans une zone cible (espace délimité par deux traits espacés) figurant sur l'écran d'un ordinateur de manière répétée. Le temps de mouvement (positionnement du curseur dans la zone cible) est plus long chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes tout au long de la phase d'apprentissage. Chez les personnes âgées la vitesse et la précision du mouvement stagnent au cours de la pratique alors qu'ils augmentent chez les personnes jeunes. L'analyse du mouvement montre que les performances sont comparables chez les personnes jeunes et âgées en début de mouvement alors que les performances des personnes âgées sont moindres en fin de mouvement : la partie terminale du geste nécessiterait des efforts d'attention, à la différence de la première partie du mouvement qui semblerait plus automatique.

Mc Nay et Willingham (1998) ont observé, dans une tâche consistant à reproduire une ligne droite présentée sur un écran en la dessinant à l'aide d'un stylet, des performances moindres chez les séniors. Pour eux, cette baisse de performance est due à un amoindrissement des ressources attentionnelles.

## **B. Préservation de l'apprentissage procédural dans le vieillissement**

### **1. Préservation d'un apprentissage perceptivo-moteur**

Selon le modèle sériel de l'apprentissage, l'acquisition de nouveaux savoir-faire semble être freinée par les effets négatifs du vieillissement sur les processus mnésiques déclaratifs et contrôlés mais un apprentissage implicite ou un apprentissage dans un contexte d'erreur peu fréquente peut tout de même être préservé.

- Apprentissage implicite

Par exemple, Howard et Howard (1989) ont montré l'existence de capacités d'apprentissage perceptivo-moteur implicite préservées des effets du vieillissement lorsque les patients n'ont pas conscience du matériel à apprendre (c'est-à-dire que l'exécution de l'habileté doit avoir lieu sur un mode relativement autonome et sans effort d'attention) lors d'une tâche **d'apprentissage sériel**. Dans cette étude les participants ont réalisé quatre séries de cent essais d'une tâche consistant à indiquer rapidement la zone de l'écran dans laquelle apparaît un astérisque (4 zones) en appuyant sur la touche de réponse correspondante d'un clavier (4 touches possibles). Les séquences d'essais peuvent être aléatoires (l'ordre d'apparition de l'astérisque dans l'une des quatre zones de l'écran est aléatoire) ou régulières (l'ordre d'apparition de l'astérisque dans l'une des quatre zones de l'écran est prédéterminée et identique d'une série à l'autre). Les participants ne sont pas informés de la présence de régularité dans le matériel. Les résultats de cette étude prouvent que le temps de réaction est plus court lors des séquences régulières que lors des séquences aléatoires alors que les participants n'ont aucun souvenir explicite des régularités du matériel : les participants ont donc appris la régularité des séquences sans en avoir conscience. D'autre part, les résultats montrent que le temps de réaction moyen est comparable chez les sujets jeunes et chez les sujets âgés lors des séquences régulières alors que lors des séquences aléatoires, le temps de réaction moyen est plus long chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes : les capacités d'apprentissage de séquences perceptivo-motrices régulières sans effort sont donc préservées au cours du vieillissement.

- Apprentissage explicite en situation d'erreur fréquente ou peu fréquente

Maswell et al (2001) réalisent une étude durant laquelle l'**habileté à acquérir est le putt** (coup spécifique du golf consistant à frapper une balle) mettant en évidence une préservation de l'apprentissage explicite en situation d'erreur peu fréquente, contrairement à une situation d'erreur fréquente. Durant la phase de pratique, les participants ont réalisé 3 blocs de 50 putts à des distances éloignées du trou pour la moitié des participants ou à des distances proches du trou pour l'autre moitié : le nombre d'erreur et le nombre de stratégies à retenir sont beaucoup plus importants lors des tirs à distance éloignée que lors des tirs à distance proche du trou. Pour la phase de test les participants ont réalisé 50 putts à une distance intermédiaire, soit en condition simple (groupe contrôle) soit en réalisant simultanément une tâche cognitive de comptage mobilisant les ressources attentionnelles. Les résultats montrent que la réalisation simultanée de la tâche cognitive affecte les performances motrices des participants qui ont exécuté la phase de pratique en situation d'erreurs fréquentes (tir à distance éloignée), tandis

qu'elle n'affecte pas les performances des participants qui l'ont exécutée en situation d'erreurs peu fréquentes (tir à distance proche du trou). Ces résultats montrent qu'il existe effectivement deux systèmes mnésiques impliqués dans un apprentissage explicite: l'un nécessite des connaissances épisodiques et des traitements contrôlés en mémoire de travail, l'autre opère avec relativement peu de connaissances épisodiques et sans effort d'attention. Des conditions minimisant la nécessité d'avoir à ajuster de façon consciente la performance d'un essai à l'autre font intervenir de manière prédominante les processus mnésiques non déclaratifs et automatiques.

Chauvel et al (2011), montrent que les performances motrices au putt sont comparables chez des personnes jeunes et âgées dans les conditions d'acquisition faisant intervenir principalement les processus mnésiques non déclaratifs et automatiques, mais elles sont inférieures chez les seniors comparées à celles des jeunes lors de l'acquisition dans des conditions impliquant les processus mnésiques.

Lors des acquisitions motrices s'appuyant sur les systèmes de mémoire les moins affectés lors du vieillissement (la mémoire procédurale), celui-ci a peu d'impact : les seniors peuvent acquérir de nouvelles habiletés motrices avec des performances proches, si ce n'est équivalentes à celles de personnes jeunes : pour optimiser l'apprentissage moteur chez les personnes âgées il est préférable d'utiliser des conditions d'apprentissage favorisant la prédominance de la mémoire procédurale sur les processus mnésiques déclaratifs et contrôlés, c'est-à-dire des conditions d'apprentissage implicite ou un contexte d'erreurs peu fréquentes.

Ainsi, les différences de performance au niveau de l'apprentissage moteur, sont marquées entre les personnes âgées et les personnes jeunes en condition d'apprentissage explicite avec des erreurs fréquentes, mais s'amointrissent, voire disparaissent, en condition d'apprentissage implicite ou d'apprentissage avec des erreurs peu fréquentes. La nature des conditions d'apprentissage semble donc être un facteur susceptible d'influencer la prédominance de certains processus mnésiques sur d'autres.

- Complexité – apprentissage massé et distribué

Différentes études de poursuite de cible lors de **l'épreuve du rotor test** rapportent des effets contradictoires en fonction de la complexité de la tâche et des conditions d'apprentissage. Effectivement, une étude effectuée par Wright et Payne (1985) rapporte un effet délétère de l'âge sur cette acquisition motrice. Au contraire Durkin et al (1995) et Beaunieux (2000), prouvent que l'apprentissage procédural de la tâche de poursuite de cible du rotor test est

préservé chez les personnes âgées, même si tout au long de l'étude les résultats des personnes âgées sont inférieurs à ceux des personnes jeunes. La différence entre ces résultats peut s'expliquer par les différences méthodologiques entre les deux études : Wright et Payne proposent une seule session d'apprentissage de 30 essais à une vitesse de 60 tours par minute, tandis que Durkin et al proposent l'apprentissage sur trois sessions de 20 essais chacune à une vitesse de 45 tours par minute.

Le protocole de Beaunieux (2000) se réalise sur deux jours consécutifs à raison de deux sessions par jour. Les sessions 1 et 2 ainsi que les sessions 3 et 4 sont séparées par un délai de 2 heures, tandis que les sessions 2 et 3 sont séparées par un délai 22 heures. Les sessions 1, 2 et 3 contiennent l'exécution de la poursuite de cible ainsi que des épreuves complémentaires permettant d'évaluer les fonctions intellectuelles globales, les capacités de traitement perceptif, les capacités psychomotrices, l'efficacité de la mémoire de travail et de la mémoire déclarative ainsi que les fonctions exécutives. La session 4 contient seulement des épreuves complémentaires. Lors de l'épreuve du rotor test, le but est de maintenir le stylet sur une cible en mouvement circulaire dont la vitesse est variable (6 à 60 tours par minute). La vitesse de rotation retenue est individualisée pour chaque sujet, c'est la vitesse pour laquelle lors de l'essai de familiarisation, le sujet a maintenu le stylet en contact avec la cible au minimum durant 20 % du temps total de l'essai. Chaque session d'apprentissage est composée de 20 essais de 15 secondes et une pause de 30 secondes est proposée après l'essai 5 et après l'essai 10. Pour chaque essai, Beaunieux (2000) a relevé le temps total de contact avec la cible : l'apprentissage perceptivo-moteur se traduit par un allongement avec la pratique du temps de contact entre le stylet et la cible. Les résultats montrent que les sujets âgés, comme les sujets jeunes, améliorent leurs performances dans la poursuite de cible avec la répétition de l'exécution de la tâche au cours des trois sessions et voient leur marge d'amélioration diminuer avec la répétition des sessions d'apprentissage (car leur niveau de performance devient optimal).

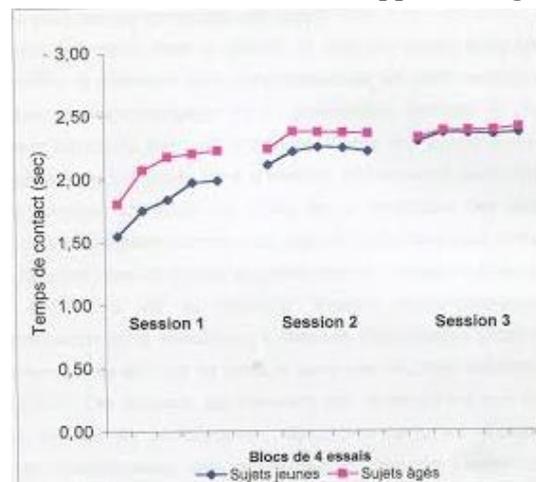


Figure 4: Evolution du temps de contact en fonction des essais chez les personnes jeunes et âgées à la tâche du rotor test (thèse de Beaunieux)

Les conditions mises en place par Wright et Payne ne sont pas optimales pour l'apprentissage des personnes âgées ; effectivement l'apprentissage est massé et la procédure plus complexe (60 tours par minutes), ce qui nécessite dans les

premiers temps de l'acquisition, une mobilisation des fonctions attentionnelles trop importante pour que les sujets âgés progressent au même rythme que les jeunes.

Ainsi, l'apprentissage procédural est conservé dans ce type de tâche chez les personnes âgées lorsqu'il est réalisé dans de bonnes conditions d'apprentissage.

## **2. L'apprentissage perceptivo-verbal**

Les capacités d'apprentissage procédural concernant les tâches perceptivo-verbales semblent préservées. Par exemple, Desgranges et al (1994) et Durkin et al (1995) ont montré une préservation des capacités d'acquisition des procédures perceptivo-verbales dans le vieillissement normal lors de la réalisation d'une tâche consistant à **la lecture en miroir**. Moscovitch et al (1986) et Hashtroudi et al (1991) effectuent des études consistant à la réalisation d'une lecture de mots inversés. Moscovitch et al montrent que l'apprentissage procédural est conservé durant cette tâche, tandis que Hashtroudi et al rapportent le résultat inverse avec la même épreuve. Ils montrent cependant, avec une expérimentation complémentaire, que les personnes âgées ont des capacités d'apprentissage procédural similaires à celles des jeunes lorsqu'ils disposent de plus de temps pour accomplir la tâche. La difficulté d'apprentissage est finalement davantage due à une difficulté dans le traitement des stimuli qu'à une altération de l'apprentissage avec l'âge.

## **3. L'apprentissage procédural cognitif**

L'apprentissage procédural cognitif est préservé chez les personnes âgées sans pathologie, à condition que la tâche ne soit pas trop complexe. Plusieurs études ayant pour but d'évaluer cet apprentissage ont été réalisées avec la tour de Hanoï. La tour de Hanoï est constituée d'un socle en bois sur lequel sont disposées trois tiges verticales identiques. Plusieurs disques de diamètre décroissant sont empilés sur la tige de gauche. Le principe est de transférer les disques de la tige de gauche vers une autre tige en respectant deux règles : ne jamais poser un disque sur un disque plus petit et ne déplacer qu'un seul disque à la fois.

### **- Apprentissage malgré des compétences plus faibles**

En 1987, Charness propose la résolution de **la tour de Hanoï** avec quatre disques mettant en évidence des difficultés de planification dans les stratégies lors des premiers essais, mais en 1997, une étude réalisée par Vakil et Agmon-Ashkenazi prouve que les personnes âgées améliorent leurs performances de la même manière que les sujets jeunes lors de la réalisation de la tour de Hanoï avec quatre disques. Il y a donc une préservation de l'apprentissage

procédural de la tour de Hanoï à quatre disques, même si le niveau de performance est inférieur chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes.

Ces résultats sont confirmés par une étude réalisée par Beaunieux en 2000 consistant également à résoudre le problème de la tour de Hanoï avec quatre disques afin de mesurer les capacités d'apprentissage procédural cognitif. L'apprentissage de la procédure est organisé en trois sessions de cinq essais chacune. L'apprentissage a été évalué par deux variables : le temps total de résolution du problème et le nombre de mouvement nécessaire pour sa résolution. L'évaluation du temps total de résolution de problème met en évidence une lenteur chez les sujets âgés comparativement aux sujets jeunes, par contre l'amélioration de leur performance dans la vitesse d'exécution au cours de l'apprentissage est équivalente chez les jeunes et les âgés : il y a donc une absence de l'effet de l'âge sur l'amélioration de la performance en terme de vitesse au cours de l'apprentissage. La progression tend à diminuer avec la répétition des sessions. L'évaluation du nombre de mouvement montre que les sujets âgés et les sujets jeunes ont un rythme d'acquisition équivalent : en termes de nombre de mouvements, le niveau d'apprentissage est équivalent chez les personnes jeunes et chez les personnes âgées. Les personnes âgées ont donc un niveau de performance inférieur aux personnes jeunes dans la résolution de la tour de Hanoï mais l'amélioration des performances est équivalente pour les deux populations.

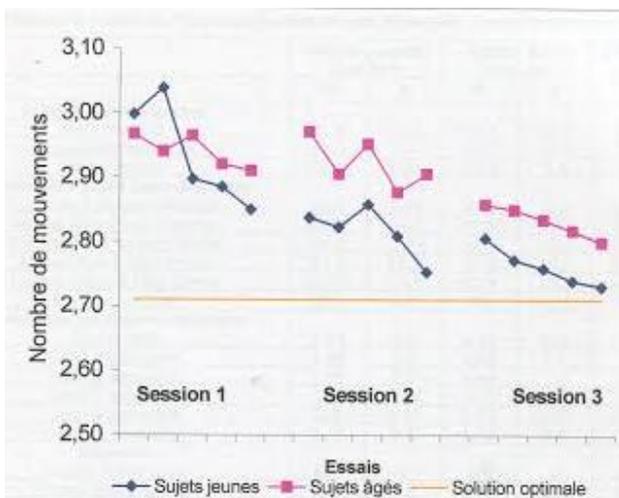


Figure 5 : Evolution du nombre de mouvement en fonction des essais chez les personnes jeunes et âgées pour la résolution de la Tour de Hanoï (thèse de Beaunieux)

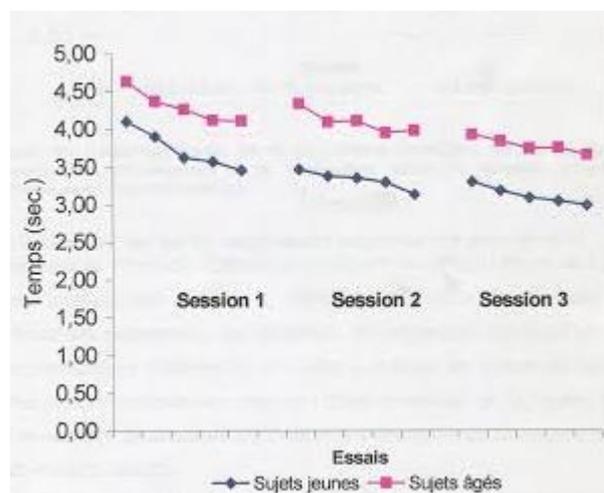


Figure 6: Evolution du temps de contact en fonction des essais chez les personnes jeunes et âgées pour la résolution de la tour de Hanoï (thèse de Beaunieux)

Charness et Campbell (1988) mettent en évidence une capacité d'apprentissage lors de l'épreuve de mise au carré de nombres à deux chiffres, même si les performances des personnes âgées sont nettement inférieures à celles des personnes jeunes.

- La complexité de la tâche

Les capacités d'apprentissage procédural cognitif ne sont cependant pas préservées si la complexité de la tâche est trop élevée et nécessite une intervention importante des fonctions cognitives altérées. Effectivement, Davis et Bernstein (1992), réalisent une étude consistant à résoudre le problème de la tour de Hanoï avec une version contenant cinq disques. Cette étude rapporte une altération de l'acquisition et de la rétention de la procédure de résolution de la tour de Hanoï. La version contenant cinq disques est trop difficile pour les personnes âgées à cause des effets de l'âge sur la mémoire de travail et sur les fonctions exécutives, ce qui empêche un traitement procédural de la tâche.

Les capacités d'apprentissage procédural cognitif sont donc préservées tant que l'altération de d'autres fonctions cognitives (telles que la mémoire de travail ou la mémoire épisodique) n'interfère pas avec la tâche.

### **C. La dynamique des processus d'apprentissage procédural et fonctions cognitives impliquées**

Nous avons vu que chez les personnes jeunes les fonctions cognitives interviennent en début d'apprentissage tandis que les fonctions psychomotrices interviennent en fin d'apprentissage. Les chercheurs ont également étudié les fonctions cognitives impliquées chez les personnes âgées au cours du vieillissement, en fonction du type de tâche exécutée et de la phase d'apprentissage.

Beaunieux (2000) a examiné la dynamique des processus d'apprentissage procédural en étudiant les corrélations entre les niveaux de performances aux tâches rotor test et tour de Hanoï, et les indices cognitifs représentant les capacités intellectuelles, les capacités de traitement perceptif, les capacités psychomotrices et la mémoire de travail.

- Epreuve du rotor test

Lors de l'acquisition de la performance perceptivo-motrice du rotor test, les niveaux de performances sont seulement corrélés avec les capacités psychomotrices des sujets jeunes en fin de seconde session. Il n'existe aucune corrélation entre les indices cognitifs et le niveau de performance au rotor test chez les personnes âgées.

- Epreuve de la tour de Hanoï

Chez les sujets jeunes le temps de résolution est corrélé aux niveaux de performance des indices cognitifs pour les trois sessions. Durant la première session, le niveau de performance (temps

de résolution) est d'abord corrélé aux capacités de traitement perceptif, puis aux capacités intellectuelles non verbales. Lors de la seconde session, il est corrélé aux mêmes indices cognitifs, et lors de la troisième session, les niveaux de performance sont uniquement déterminés par les capacités de traitement perceptif.

Lorsque le niveau de performance est exprimé par le nombre de mouvements nécessaires à la résolution du problème, les corrélations suivent la même dynamique que pour le temps de résolution, mais sont globalement plus faibles et non significatives : il y a seulement le traitement perceptif qui est corrélé de manière significative à la vitesse d'exécution lors de la seconde session. La plus grande sensibilité de la variance « temps », par rapport à celle de « nombre de mouvements », peut s'expliquer par le fait que le temps évalue les compétences motrices et les compétences cognitives alors que le nombre de mouvements évalue seulement les compétences cognitives. De plus, le nombre de mouvements présente un effet planché plus important que le temps. Effectivement, la solution optimale en termes de nombre de mouvements est plus rapidement atteinte que la vitesse maximale.

Les corrélations observées diffèrent entre le groupe de sujets jeunes et le groupe de sujets âgés. Chez les sujets âgés le maintien de corrélation entre le niveau de performance et les capacités intellectuelles suggère qu'ils restent en phase déclarative. Etant donné que les capacités intellectuelles restent corrélées au niveau procédural tout au long de l'apprentissage, l'intervention des capacités psychomotrices lors du premier essai de la seconde session peut difficilement permettre de conclure à l'existence d'une phase procédurale comme définie dans le modèle ACT. La contribution des capacités psychomotrices pourrait plutôt s'expliquer par la réduction des capacités de rappel des informations en mémoire déclarative chez les sujets âgés : étant donné que les connaissances déclaratives acquises lors de la première session sont plus difficilement accessibles, le premier essai de la seconde session se ferait sur un mode plus procédural pour favoriser la rapidité d'exécution. Le premier essai ayant permis de favoriser le rappel indicé des informations déclaratives, les résolutions suivantes se font sur un mode cognitif. Les sujets âgés semblent donc rester en phase déclarative tout au long de l'apprentissage, les sujets n'ont pas automatisé la procédure. Les sujets âgés présentent, là aussi, un retard dans la dynamique d'apprentissage procédural en comparaison des sujets jeunes. Ce ralentissement peut être envisagé comme la réduction de l'efficacité des fonctions cognitives nécessaires au traitement des informations durant la phase déclarative.

## **D. La durabilité**

Rodrigue et al (2005) ont montré qu'un apprentissage moteur peut être préservé pendant plusieurs années pour des personnes âgées : ils ont mesuré les performances de personnes âgées et jeunes dans une tâche consistant à suivre une cible se déplaçant sur un écran d'ordinateur au moyen d'un stylet suite à trois sessions d'apprentissage distribuées sur trois jours. Au terme de la phase de pratique, les séniors présentaient des capacités inférieures aux sujets jeunes. Un post-test réalisé cinq ans plus tard indique une préservation de la différence entre les performances des sujets jeunes et des sujets âgés observés juste après la phase de pratique.

Pour conclure, l'apprentissage procédural est globalement préservé chez les personnes âgées malgré une altération des processus mnésiques déclaratifs et contrôlés, des difficultés attentionnelles et une perte d'automatisme de certaines fonctions motrices. Pour que cet apprentissage soit préservé, il faut qu'il ait lieu dans de bonnes conditions (c'est-à-dire de manière implicite ou dans des conditions d'erreurs peu fréquentes) et que l'habileté apprise n'ait pas un niveau de complexité très élevé (il ne faut pas que les fonctions cognitives altérées interfèrent trop avec l'apprentissage). Les personnes âgées peuvent préserver les compétences apprises pendant plusieurs années. Nous savons que dans la maladie d'Alzheimer les processus déclaratifs et contrôlés sont altérés de manière massive, nous pouvons alors nous demander si l'apprentissage procédural est également préservé chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer.

# III. L'apprentissage procédural dans la maladie d'Alzheimer

## A. La mémoire dans la maladie d'Alzheimer

En 1991, Braak et Braak définissent trois stades à la maladie d'Alzheimer : le stade léger lorsque le MMSE est compris entre 19 et 26, le stade modéré lorsque le MMSE est compris entre 10 et 19 et le stade sévère lorsque le MMSE est inférieur à 10.

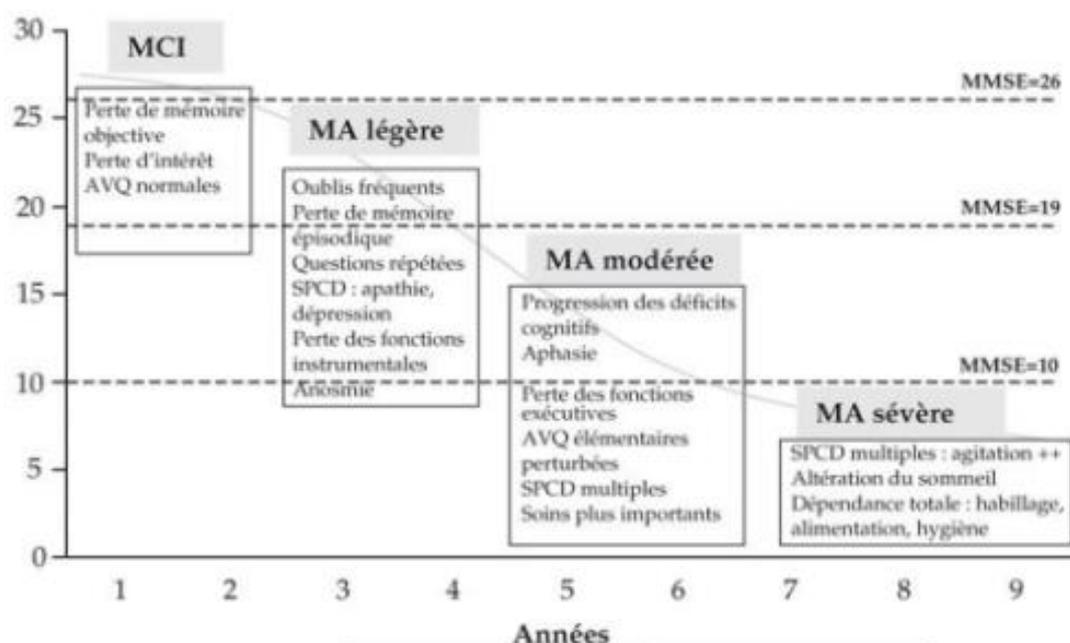


Figure 7. Les stades de la maladie d'Alzheimer selon Braak et Braak (Cours de Liouie Martin)

D'après Dick et al (2003) et Hiono et al (1997), la mémoire procédurale resterait relativement intacte, même dans les phases les plus avancées de la maladie.

Selon Deweer et al. (1994) et Eustache et Desgranges (2003), les personnes atteintes d'une maladie d'Alzheimer en début d'évolution ont des difficultés dans les tâches de rappel explicite mais ont de bonnes performances concernant les tâches de rappel implicite (avec amorçage ou capacités associées à la mémoire procédurale). Par exemple, elles ne peuvent pas se souvenir d'une conversation ayant eu lieu quelques minutes auparavant mais savent encore tricoter, s'habiller... La mémoire épisodique est atteinte de manière massive dès les premiers stades de la maladie, ce sont d'abord les souvenirs les plus récents qui sont atteints. La mémoire sémantique peut également être atteinte mais de manière moins constante et moins sévère que la mémoire épisodique. Cette altération se traduit par des erreurs sémantiques correspondant principalement à des substitutions de mots à l'intérieur d'une catégorie ou à des confusions ;

les distinctions sémantiques les plus fines sont altérées en premier alors que les distinctions plus grossières sont préservées plus longtemps.

Le type d'atteinte décrit précédemment est rencontré chez la majorité des patients présentant une maladie d'Alzheimer, néanmoins, cette maladie est hétérogène c'est-à-dire qu'il existe une variabilité inter-individuelles (Bier, Gagnon et Desrosiers) concernant le degré d'atteinte de chaque fonction (Fisher et al, 1996) ainsi que la vitesse de leur détérioration au cours de l'évolution de la maladie (Joanette et al, 1995). Ainsi, dans les stades initiaux de la maladie, les fonctions mnésiques ne sont pas uniformément affectées, certains pensent alors avoir un trouble disproportionnel du langage. Effectivement, l'aphasie est un trouble fréquemment retrouvé dans la maladie d'Alzheimer (diminution de la fluence verbale, manque de mots, paraphasies) à cause de l'altération de la mémoire sémantique dont l'atteinte a des répercussions essentiellement au niveau du langage.

## **B. Le fonctionnement de l'apprentissage procédural dans la maladie d'Alzheimer**

La collaboration des différents types de systèmes cognitifs impliqués dans l'apprentissage cognitif procédural le rend plus compliqué dans le vieillissement en général, et dans la maladie d'Alzheimer en particulier.

### **1. Préservation d'un apprentissage procédural**

Selon la revue de littérature de Tilborg (2007), vingt-trois études montrent que l'apprentissage moteur implicite est préservé chez les personnes atteintes de maladie d'Alzheimer et que si le programme de formation est adapté aux besoins et aux compétences des patients, le (ré) apprentissage de ces habiletés permet aux personnes Alzheimer d'améliorer leur autonomie.

De nombreuses études ont donc été réalisées afin d'étudier le fonctionnement de l'apprentissage perceptivo-moteur, de l'apprentissage perceptivo-verbal et de l'apprentissage cognitif dans la maladie d'Alzheimer.

#### **a. L'apprentissage perceptivo-moteur**

Selon Tilborg (2007), il convient de différencier deux aspects de l'apprentissage dans les différentes études prouvant une préservation de l'apprentissage perceptivo-moteur dans la maladie d'Alzheimer: le **niveau de performance global** et la **qualité de l'apprentissage**.

- Niveau de performance global et qualité de l'apprentissage

Toutes les études ont mis en évidence un maintien de la capacité d'apprentissage procédural ; les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer peuvent acquérir des habiletés motrices (Bondi & Kaszniak, 1991, Grafman et al. 1990, Hirono et al., 1996) et les conserver pendant au moins un mois (Deweer et al, 1994, Dick, Nielson, Beth, Shankle, & Cotman, 1995).

Néanmoins, les résultats prenant en compte la qualité de l'apprentissage sont moins cohérents : selon la revue de littérature de Tilborg (2007), même si un apprentissage procédural est possible, les personnes Alzheimer n'atteignent pas le même niveau de qualité d'apprentissage que les sujets contrôles.

Ainsi dans une tâche **de rotor test**, les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, à des stades légers à modérés, sont capables d'apprendre à réaliser la tâche de poursuite de cible (décrite précédemment) de manière procédurale, bien que leurs performances soient inférieures à celles de personnes du même âge sans démence ( Pasgreta et al.,2013, Beaunieux et al., 2013, Deweer et al.,1994, Bondi et Kasnial, 1991, Heindel et al., 1988 et Brooks et Baddeley, 1976 ). On retrouve ces résultats dans l'étude réalisée par Pasgreta en 2013 auprès de 32 personnes âgées atteintes de la maladie d'Alzheimer et de 32 personnes âgées sans démence, durant laquelle elles devaient maintenir un curseur sur un point en mouvement circulaire. L'apprentissage de la poursuite de cible est donc préservé malgré la maladie d'Alzheimer.

Lors de l'étude réalisée par Beaunieux et al. en 2000, les participants réalisent l'épreuve du rotor test 5 fois par session, durant 3 sessions. Beaunieux et al. (2000) ont décidé d'égaliser le niveau de performance initial des personnes Alzheimer et des personnes contrôles, en adaptant la vitesse de rotation lors de la tâche du rotor test. Cette adaptation n'a pas parfaitement réduit les différences initiales de performances entre les deux groupes. Conformément aux autres études, les performances des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer

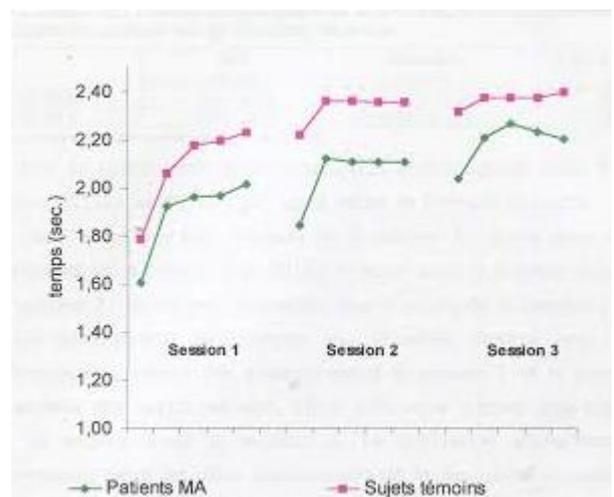


Figure 8: Evolution du temps de contact en fonction des essais pour la tâche du rotor test (thèse de Beaunieux)

s'améliorent au cours de la répétition des essais, malgré un niveau final inférieur aux personnes âgées contrôles. Néanmoins, entre les sessions, le maintien de performance est inférieur chez les personnes Alzheimer par rapport au groupe contrôle. La réduction des capacités de rétention

entre les deux premières sessions chez les patients Alzheimer pourrait provenir de l'altération massive de la mémoire déclarative entraînant une plus grande difficulté à réinitialiser la procédure motrice en cours d'élaboration lors de la session précédente.

- Capacité d'apprentissage et transfert de l'habileté

Gabrieli et al. (1993) montrent que les personnes Alzheimer sont capables d'acquérir une nouvelle compétence perceptivo-motrice, de la maintenir durant 24 heures au moins et même de transférer cet apprentissage à des tâches différentes, alors qu'elles ne sont pas capables de se rappeler la tâche effectuée ou de reconnaître le matériel utilisé. Pour prouver cela, Gabrieli et al. (1993) ont réalisé une étude auprès de personnes âgées contrôles, de personnes Alzheimer et de personnes amnésiques, durant laquelle ces personnes devaient apprendre à recopier une figure en miroir (ils ne pouvaient voir la figure et leur main qu'à travers un miroir). Cette étude a eu lieu en trois sessions, chacune espacées de 24 heures ; chaque session était composée de sept essais de copie de figure en miroir. Les sujets ont tracé un double hexagone lors du premier essai de la session un, et lors du dernier essai de la session trois, afin d'évaluer les capacités de transfert d'apprentissage. Les résultats aux questionnaires de rappel et de reconnaissance (portant sur la reconnaissance de la salle et du matériel utilisé, ainsi que sur le temps passé à exécuter la tâche durant la session précédente, de la main utilisée, de la position prise...), ont montré que les personnes Alzheimer se rappellent moins bien des épisodes d'apprentissage antérieurs et qu'elles reconnaissent moins bien le matériel utilisé que les personnes âgées contrôles. L'évaluation des compétences de traçage en miroir a montré une amélioration similaire et significative chez les personnes Alzheimer comme chez les personnes contrôles. La comparaison des performances aux essais 7 et 8, puis 14 et 15 (chacun séparés de 24 heures), a montré que les personnes Alzheimer sont capables de conserver l'apprentissage à long terme. L'amélioration de performance entre l'essai 1 (tracé du double hexagone) et l'essai 2 (tracé de l'étoile), puis entre l'essai 20 (tracé de l'étoile) et l'essai 21 (tracé du double hexagone) montre que les personnes Alzheimer sont capables de transfert comme les personnes contrôles, voire plus. Les personnes Alzheimer ont donc des capacités dans l'apprentissage de cette tâche et ont même un niveau équivalent aux personnes du même âge sans pathologie.

- Maintien de compétence durant un certain temps

Nous savons donc que les personnes Alzheimer sont capables d'apprendre une tâche perceptivo-motrice de manière procédurale, nous pouvons alors nous demander si les compétences apprises sont maintenues au cours du temps. En 2004, Mochizuki et al. prouvent que l'apprentissage moteur est possible chez les personnes Alzheimer et qu'il est conservé durant au moins 3 mois. Ils réalisent une



Figure 9: Illustration de la tâche bimanuelle pour l'étude de Mochizuki et al. (Deficits in long-term retention of learned motor skills in patients with cortical or subcortical degeneration.)

étude durant laquelle les participants doivent apprendre à réaliser une tâche de coordination bimanuelle (tracer une figure géométrique avec un dispositif pantographique). Cette étude a été réalisée en quatre sessions ; les sessions 1 et 2 étaient effectuées à un mois d'intervalle, les sessions 2 et 3 à trois mois d'intervalle et les sessions 3 et 4 à dix-huit mois d'intervalle. Durant chaque session il y avait 3 blocs, séparés de deux semaines, comprenant chacun 3 essais réalisés dans la même journée. Cette étude a prouvé la capacité des personnes Alzheimer à acquérir de nouvelles compétences motrices et à les conserver pendant au moins 3 mois. Par contre, les résultats n'ont pas été concluants concernant le maintien de la compétence de la coordination bimanuelle nouvellement acquise à 18 mois : le niveau de performance a diminué entre le dernier essai de la session 3 et le premier essai de la session 4 mais le niveau de performance lors de la session 4 demeurait supérieur à celui de la session 1. Le manque de maintien de la compétence à 18 mois pourrait être lié à un déclin cognitif qui empêcherait la récupération efficace de la compétence même si elle est normalement conservée. Selon Penhune et Doyon (2002) le striatum joue un rôle important dans la formation et la conservation de nouvelles habiletés motrices.

Pour conclure, les personnes Alzheimer sont donc capables d'apprentissage procédural perceptivo-moteur, de transférer les apprentissages et de les maintenir tant que l'altération de d'autres fonctions cognitives n'empêche pas la récupération de l'habileté. Le niveau d'apprentissage peut différer selon les tâches à exécuter et la rétroaction visuelle semble avoir un effet bénéfique sur le rythme d'apprentissage.

### b. L'apprentissage perceptivo-verbal

Les études concernant la préservation d'un apprentissage perceptivo-verbal chez des personnes Alzheimer sont principalement réalisées sur des tâches de lecture en miroir et rapportent des résultats hétérogènes qui s'expliquent en partie par des différences méthodologiques.

Merbah et al (2009), ont réalisé une étude auprès de 30 sujets âgés, 30 sujets jeunes et 30 sujets âgés atteints de la maladie d'Alzheimer afin de savoir si l'apprentissage procédural perceptivo-verbal était préservé chez ces personnes. Cette étude a été réalisée avec le paradigme de la lecture en miroir développé par Cohen et Squire en 1980 consistant à l'apprentissage de la lecture de mots écrits en miroir. Cet apprentissage se déroule en deux phases (la phase d'acquisition, constituée des blocs 1, 2 et 3, et la phase de test, constituée des blocs 4 et 5) durant lesquelles les participants devaient lire en miroir des pseudo-mots composés de 5, 6 ou 7 lettres écrites en majuscule.

Les 26 lettres de l'alphabet étaient divisées en trois groupes : le groupe A (les lettres sont symétriques donc identiques lors d'une lecture en miroir et donc la lecture en miroir de ces lettres ne nécessite pas d'apprentissage, par exemple les lettres « A », « X », « H »...), le groupe B et le groupe C contiennent les autres lettres de l'alphabet, réparties de manière aléatoire.

Pour la moitié des sujets, les blocs 1, 2, 3 et 4 sont composés de pseudo-mots créés à partir de lettres des groupes A et B, le bloc 5 est composé de pseudo-mots créés à partir de lettres des groupes A et C (le sujet n'a jamais été entraîné avec les lettres C et l'entraînement n'a pas d'effet sur les lettres du groupe A). Pour l'autre moitié des sujets, les blocs 1, 2, 3 et 4 sont composés de mots comprenant les lettres des groupes A et C, le bloc 5 est composé de mots comprenant les lettres des groupes A et B (le sujet n'a jamais été entraîné avec les lettres B et l'entraînement n'a pas d'effet sur les lettres du groupe A).

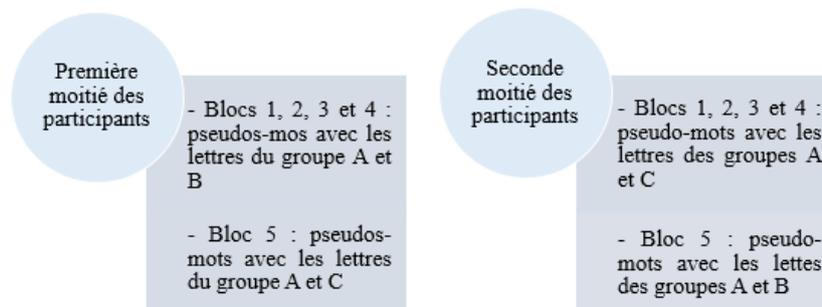


Figure 10: Organisation étude de Merbah et al.

Ainsi, Merbah et al (2009), montrent qu'il n'y a pas de différence entre les performances pour lire une lettre du groupe B ou du groupe C en miroir.

Dans cette étude, la progression peut être due à l'apprentissage procédural, à un effet d'amorçage ou à un effet combiné de l'apprentissage procédural et de l'effet d'amorçage. Il y a un apprentissage procédural si les mots du bloc 4 et 5 sont lus plus rapidement que les mots du bloc 1. Il y a un effet d'amorçage à deux conditions : premièrement, les mots du bloc 4 doivent être lus plus rapidement que les mots du bloc 1 et deuxièmement, les mots du bloc 5 doivent être lus à la même vitesse que les mots du bloc 1. Il y a un effet combiné de l'apprentissage procédural et de l'amorçage, également dans deux conditions : premièrement, les sujets doivent lire plus rapidement les mots du bloc 4 et 5 que ceux du bloc 1, et deuxièmement, ils doivent lire les mots du bloc 4 plus rapidement que ceux du bloc 5.

Les résultats montrent que les personnes âgées contrôles lisent les mots du bloc 4 plus rapidement que ceux du bloc 1, et les mots du bloc 5 plus rapidement que ceux du bloc 1, l'amélioration est donc due à l'effet combiné de l'apprentissage procédural et de l'effet d'amorçage.

Les résultats des personnes Alzheimer montrent que le bloc 4 a été lu plus rapidement que le bloc 1 (l'amélioration est équivalente entre les personnes âgées contrôles et les personnes Alzheimer), mais le bloc 5 n'a pas été lu plus rapidement que le bloc 1. L'amélioration est donc seulement due à l'effet d'amorçage et pas à l'apprentissage procédural.

D'après ces résultats, les personnes Alzheimer n'ont pas appris à lire en miroir de manière procédurale. En revanche, les sujets contrôles ont appris à lire en miroir de manière procédurale.

Ainsi d'après l'étude réalisée par Merbah et al (2011), les capacités d'apprentissage procédural de cette tâche perceptivo-verbale ne semblent pas possible dans la maladie d'Alzheimer. De plus, la participation des systèmes cognitifs tels que la mémoire de travail (Desgranges et al. 1996), les capacités de traitement perceptif (Hashtroudi et al. 1991) ou les facultés de raisonnement abstrait (Grober et al. 1992) est nécessaire lors de l'épreuve de lecture en miroir. D'autre part, l'acquisition de la lecture dépend d'une stratégie qui nécessite une stratégie de rotation du texte, et la mise en place de cette stratégie dépend des cortex associatifs et nécessite l'activation des cortex associatifs frontal et pariétal qui sont habituellement atteints dans la maladie d'Alzheimer (Grober et al, 1992, Kassubek et al. 20001).

Néanmoins, ces auteurs précisent qu'il ne faut pas exclure l'hypothèse selon laquelle les personnes Alzheimer auraient pu acquérir la lecture en miroir avec plus de temps. De plus, l'expérience avait lieu en condition d'apprentissage massée alors qu'il semblerait que des conditions d'apprentissage distribuées soient plus bénéfiques (Greene 1989). D'autre part, peut-être que cette tâche est trop complexe pour les personnes Alzheimer avec une trop grande variabilité de la tâche (Masson, 1986). Par exemple, peut-être qu'avec une présentation de mots plus courts les patients Alzheimer pourraient plus facilement apprendre la lecture en miroir.

### c. L'apprentissage cognitif

Grafman et al. (1990) ont proposé à des participants deux **résolutions d'un puzzle** de 42 pièces représentant les Etats-Unis à 24 heures d'intervalle ; cette étude a montré une altération de la capacité des personnes Alzheimer à améliorer leurs performances.

Au contraire, Perani et al. (1993), suggèrent qu'il y a une persévération de l'apprentissage procédural cognitif dans la maladie d'Alzheimer : ils proposent à 18 personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer l'apprentissage de la réalisation d'un puzzle durant 6 essais. Le puzzle est constitué de 15 pièces et a été mis au point par Brook et Baddeley (1976). Cette étude montre une amélioration des performances équivalentes à celles des sujets témoins pour 11 des 18 participants.

La différence entre ces deux résultats peut certainement être expliquée par le niveau de complexité de la tâche et le nombre d'essais. Effectivement, la tâche de résolution est plus complexe dans l'étude de Grafmann que dans l'étude de Perani (à cause du nombre de pièce). D'autre part, lors de l'étude de Perani, les patients réalisent le puzzle six fois tandis qu'ils ne le réalisent que deux fois (à 24 h d'intervalle) lors de l'étude de Grafmann.

De la même manière, Hirono et al. (1996) ont évalué l'apprentissage procédural cognitif chez les personnes Alzheimer de manière plus spécifique en utilisant un puzzle informatisé de 15 pièces (les pièces ne peuvent pas être tournées ce qui diminue la complexité de la tâche). Cette étude a été réalisée avec 20 participants, il y avait une session évaluant la performance initiale, trois sessions d'entraînement durant trois jours consécutifs, puis une dernière session d'évaluation. Durant la première et la dernière session le puzzle représentait un insecte, tandis qu'il représentait une fleur pour les sessions d'entraînement. Sur les 20 participants, seuls 11 ont pu finir les essais d'entraînement, les autres avaient un niveau d'altération des fonctions cognitives plus important ; effectivement, la réalisation de cette épreuve demande une intégrité des fonctions cognitives supérieures. Les 11 participants ont amélioré leurs performances de

manière similaire aux sujets contrôles même s'ils étaient plus lents. En plus des résultats retrouvés dans les études précédentes, Hirono et al (1996), prouvent que l'apprentissage procédural du puzzle est conservé à condition que les fonctions cognitives impliquées dans sa réalisation soient préservées.

Les puzzles ont été classiquement utilisés, Beaunieux et al. (2000) proposent alors d'évaluer les capacités d'apprentissage cognitif procédural dans la maladie d'Alzheimer à l'aide d'un dispositif différent : la **tour de Hanoï**.

Concernant le nombre de mouvement pour la résolution du problème de la tour de Hanoï, les performances des personnes Alzheimer et des témoins s'améliorent de la même manière au cours des deux premières sessions, mais lors de la troisième session (20 heures de délai), les personnes Alzheimer font plus de mouvements que les sujets contrôles. De plus, l'amélioration n'est significative pour aucune des sessions. La marge de progression entre les sessions est constante. Ce qui signifie que même si les personnes Alzheimer améliorent leurs performances au cours des deux premières sessions, elles restent loin de la solution optimale et elles sont encore dans une phase d'élaboration de la procédure cognitive. Les personnes Alzheimer ne semblent pas faire preuve de rétention de la procédure cognitive après le délai de 20 heures précédant la troisième session.

Concernant le temps d'exécution de la tâche, les personnes âgées contrôles et les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, s'améliorent de la même façon au cours des essais de résolution de la tour de Hanoï, et le temps d'exécution diminue au cours de la répétition des sessions. Les personnes Alzheimer ont toutefois un niveau de performance inférieur aux personnes contrôles en termes de temps. Selon les résultats du temps d'exécution, Beaunieux et al. (2000) suggèrent que les personnes Alzheimer apprennent la procédure cognitive de manière identique aux témoins, bien que l'acquisition soit plus lente, ils suggèrent également que les personnes Alzheimer, comme les témoins, tendent vers un niveau de performance maximal nécessaire à l'automatisation.

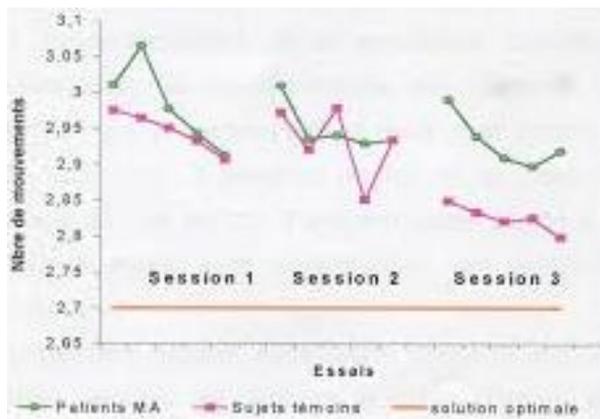


Figure 11: Evolution du nombre de mouvement en fonction des essais pour la résolution de la tour de Hanoï (thèse de Beaunieux)

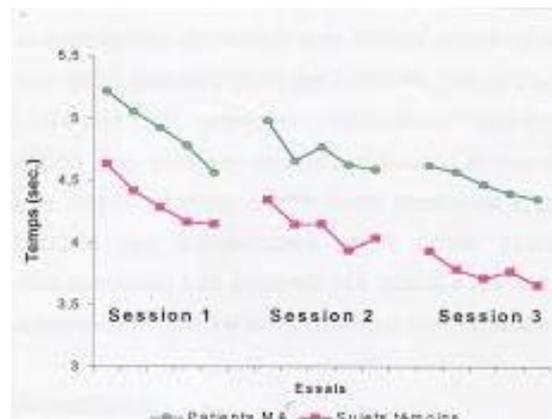


Figure 12: Evolution du temps d'exécution en fonction des essais chez les personnes âgées et Alzheimer pour la résolution de la tour de Hanoï (thèse de Beaunieux)

Il semble donc que l'apprentissage procédural cognitif ne soit pas toujours préservé dans la maladie d'Alzheimer, mais qu'il puisse tout de même être préservé pour des tâches simples, ne nécessitant pas une intervention importante d'autres fonctions cognitives.

Pour conclure, d'après les études vues précédemment, l'apprentissage procédural perceptivo-moteur est le mieux préservé, les compétences peuvent être transférées à des tâches sensiblement différentes et peuvent être maintenues durant au moins 3 mois. L'apprentissage procédural perceptivo-verbal et cognitif est possible dans la maladie d'Alzheimer mais est plus compliqué, les tâches apprises doivent rester simples et ne pas nécessiter l'intervention d'un grand nombre d'autres fonctions cognitives.

Nous pouvons alors nous demander comment le maintien d'un apprentissage procédural dans la maladie d'Alzheimer est possible malgré une altération du système déclaratif et son implication en début de processus d'apprentissage.

## **2. Atteinte du système déclaratif –contrôlé**

Comme nous avons vu, la mémoire épisodique et la mémoire de travail sont perturbées dans la maladie d'Alzheimer. Selon Baddeley, Van der Linden et al. (1994) à cause de l'atteinte de la mémoire épisodique, les personnes Alzheimer ne parviennent pas à se souvenir des réponses fournies lors des essais précédents et ne peuvent donc pas éviter de commettre de nouveau la même erreur, elles font donc plus d'erreurs. Etant donné que ces deux types de mémoire interviennent en début de processus d'apprentissage procédural, nous pourrions penser que celui-ci est impossible chez les patients Alzheimer mais les études exposées précédemment montrent que l'apprentissage procédural est préservé chez les personnes Alzheimer. Les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer ne semblent pas utiliser leur mémoire déclarative

durant la phase cognitive mais utilisent par contre la mémoire de travail et l'intelligence verbale tout au long du processus d'apprentissage. Elles restent donc sur un mode de résolution de problème jusqu'à la fin du processus d'apprentissage. Ainsi, d'après Schmidtke et al. (1996), la transition entre la phase cognitive et l'acquisition de l'habileté est retardée : étant donnée l'altération de la mémoire déclarative, la correction d'erreur n'est pas possible et donc les personnes Alzheimer ont plus de difficultés à générer la procédure automatique. Des difficultés demeurent tout de même dans l'apprentissage procédural cognitif chez les personnes Alzheimer.

### **3. Le transfert**

Selon Dick et al (2003), le transfert est la capacité d'une personne à appliquer de manière adéquate des apprentissages passés dans des contextes plus ou moins différents du contexte d'apprentissage. Dick et al ont évalué les capacités des personnes Alzheimer à acquérir et à transférer des compétences au cours de la tâche de poursuite d'une tâche rotative ; le transfert est évalué par une variation de la vitesse de rotation du processus. L'apprentissage d'une tâche procédurale par la pratique constante pourrait permettre son transfert dans une situation présentant des caractéristiques très semblables à celles de l'apprentissage

#### **a. L'hyperspécificité de l'apprentissage**

Les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer sont capables de transférer leur compétence concernant une tâche apprise de manière procédurale si la situation présente des caractéristiques très semblables à celles de l'apprentissage. Glisky développe en 1992 le concept « d'hyperspécificité » selon lequel les personnes Alzheimer ont des difficultés à se rappeler correctement l'information si le contexte change. Selon Shimamura et Squire (1988), l'hyperspécificité découle d'un sur-apprentissage c'est-à-dire que le nombre d'essais lors de l'apprentissage procédural est trop élevé : la répétition de la tâche tendrait à cristalliser l'apprentissage procédural en le rendant moins flexible. A l'inverse, selon Butters et al. (1993), l'exposition répétée à la tâche à apprendre favorise la création de liens entre celle-ci et les connaissances antérieures favorisant ainsi le transfert de la tâche apprise. Selon ces auteurs, la flexibilité de l'apprentissage (et donc les capacités de transfert de la compétence apprise) est influencée par le caractère significatif ou familier de la tâche apprise. Par exemple, une étude réalisée par Beatty et al, en 1999, démontre qu'une pianiste atteinte de la maladie d'Alzheimer à un stade avancé peut transférer ses compétences musicales (jouer un morceau de musique) au xylophone. Ainsi, une connaissance antérieure de la tâche peut faciliter le transfert des acquisitions dans la maladie d'Alzheimer.

### b. Le mode de récupération

Pour qu'une personne utilise spontanément les tâches apprises, il faut qu'elle se rappelle du contexte dans lequel elle peut utiliser cette nouvelle compétence (Barnett et Ceci, 2002). Ce rappel peut être facilité par une récupération implicite de l'information en présence de certains stimuli de l'environnement (Bourgeois et al. (2003), néanmoins l'atteinte de la mémoire épisodique chez les personnes Alzheimer risque de rendre difficile le rappel d'utilisation de la compétence (Coyette et Seron, 2003). Par exemple, Provencher (2006), tente de réapprendre à une patiente atteinte de la maladie d'Alzheimer à réécouter de la musique de manière spontanée (ceci correspond à une activité appréciée dans le passé). Pour cela, elle réapprend à la patiente à utiliser un radiocassette et utilise des stratégies incitatives pour qu'elle pense à écouter la musique (association de phrases affichées et écoute de musique). La patiente est finalement capable d'utiliser le radiocassette de manière autonome mais n'écoute pas souvent la musique de manière spontanée (20%), de plus à la fin de l'intervention ce score diminue encore (7% au bout de 12 semaines). La patiente sait donc exécuter la tâche mais a des difficultés pour l'initier. Effectivement, la patiente a besoin d'être stimulée pour exécuter des activités, la consultation de l'affiche nécessite alors une participation active qui n'est pas forcément possible chez cette patiente.

## **C. L'impact du mode d'apprentissage**

Pour Wilson et Baddeley (1994) il est essentiel de compenser les déficits des personnes Alzheimer en adaptant les conditions d'apprentissage ou les aides pédagogiques. Des adaptations devraient permettre d'exploiter les capacités résiduelles des personnes Alzheimer (Beaunieux, 2010). L'évaluation préliminaire des capacités cognitives est donc nécessaire afin de comprendre l'origine des difficultés rencontrées par la personne et ainsi de développer des aides adaptées.

### **1. Composantes à prendre en compte**

D'abord, l'**intensité** de la pratique doit être prise en considération lors de la réalisation d'un apprentissage pour les personnes Alzheimer. Selon la revue de littérature de Tilborg (2007), les (ré)apprentissages d'habiletés motrices nécessitent une pratique fréquente et importante chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Effectivement, un tel apprentissage nécessite une intervention minime de la mémoire épisodique et des autres fonctions cognitives, qui sont altérées dans la maladie d'Alzheimer. Un principe indique que plus la pratique est importante, plus les progrès augmentent. Néanmoins, lors de l'exécution de la « Pursuit rotor task », Dick et al. (2003) ont constaté que le groupe témoin, comme le groupe de personnes Alzheimer, ont

atteint leur performance optimale après 40 essais et que continuer d'exécuter cette tâche n'améliorait pas les performances. D'après cette expérience, il existe un seuil plancher à partir duquel les participants ont atteint leurs capacités optimales et ne peuvent plus progresser. Ainsi, la pratique doit être fréquente et importante mais à partir d'un certain seuil la personne a atteint ses capacités optimales et ne progresse plus.

Ensuite, lors d'un apprentissage procédural avec des personnes Alzheimer, il faut être attentif à la fatigabilité. Effectivement, selon Tilborg (2007), le rôle de la fatigue est important. Une alternance entre la **pratique massée et la pratique distribuée** pourrait être une solution au problème de fatigabilité des personnes Alzheimer.

D'autre part, une tâche peut être apprise de deux façons : **de manière globale** c'est-à-dire dans son ensemble, ou de **manière séquencée**, c'est-à-dire en apprenant chaque composante de la tâche de manière séparée. Selon Schmidt (1988), il peut être intéressant d'apprendre aux patients Alzheimer les différentes composantes d'une tâche séparément, à condition que la tâche puisse naturellement être divisée en composantes reflétant son objectif inhérent. Par exemple, l'apprentissage de la conduite peut être séquencé par les activités « apprendre à changer de vitesse » et « apprendre à utiliser le volant ». Par contre, l'apprentissage de la saisie d'un objet ne peut pas être décomposé en phase étant donné que l'atteinte de l'objet et la saisie font partie du même mouvement.

La variation dans les **conditions d'entraînement** a également des effets importants sur les capacités d'apprentissage. Il existe trois types de variabilité dans les conditions d'apprentissage : la conception aléatoire, la conception bloquée et la conception constante. Lors de la conception aléatoire, des variations ont lieu de manière aléatoire au cours de l'apprentissage, lors de la conception bloquée, il y a une variable dans la tâche lors de chaque bloc, et lors de la conception constante il y a une seule variable dans la tâche qui est la même tout au long de l'apprentissage. Selon Schmidt (1988), la pratique aléatoire est plus efficace pour l'acquisition et la généralisation d'une habileté motrice dans la population contrôle. Par contre des études réalisées par Dick et al. (1996, 2000, 2003) montrent que les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer apprennent mieux dans des conditions de pratique constante. En effet, lors de la pratique constante, la répétition d'un même programme moteur de manière constante nécessite une moindre intervention des processus déclaratifs et contrôlés. De plus, lors de la pratique aléatoire, la mémoire épisodique ainsi que d'autres fonctions cognitives (telles que l'attention divisée) qui sont atteintes dans la maladie d'Alzheimer, jouent un rôle important. L'environnement et le matériel utilisé sont également à prendre en compte

étant donné les difficultés des personnes Alzheimer dans la généralisation : l'apprentissage doit alors avoir lieu dans un environnement quasi identique à celui dans lequel la compétence sera utilisée et en utilisant les mêmes objets que ceux utilisés par le patient dans sa vie quotidienne (Tilborg, 2007). Par exemple, si un patient apprend à utiliser un micro-onde, le micro-onde utilisé lors de l'apprentissage doit être identique à celui disponible au domicile du patient.

## **2. Le focus de l'attention**

Lorsque le **focus de l'attention** porte sur des éléments situés en dehors du corps de l'individu, comme le trou dans lequel lancer la balle de golf, l'exécution repose davantage sur des processus non déclaratifs et automatiques (Poolton, Maxwell, Masters, Raab, 2006). D'autre part, lors d'un apprentissage moteur les instructions utilisant des analogies privilégient l'utilisation des processus mnésiques automatiques contrairement aux consignes explicites portant sur les règles d'action (Larn, Maxwell, Masters, 2009).

## **3. L'apprentissage sans erreur**

D'après Baddeley et Wilson (1994), l'apprentissage sans erreur correspond à une condition d'apprentissage qui implique l'élimination des erreurs pendant le processus d'apprentissage.

Selon Van der Linden, Coyette & Seron (2000), la méthode d'apprentissage sans erreur vise à limiter la production d'erreurs en restreignant les essais basés sur des choix aléatoires et en favorisant une exposition répétée à des réponses correctes.

Ainsi, lors de l'apprentissage sans erreur, le thérapeute indique d'emblée la bonne façon de faire et s'assure que le patient ne fasse pas d'erreur afin qu'il n'encode pas une mauvaise information, dont il aurait du mal à se départir.

### **a. Un processus plutôt qu'une technique**

Selon Clare et al. (2000) l'apprentissage sans erreur est un principe général plutôt qu'une technique spécifique : il existe plusieurs techniques d'apprentissage sans erreur pouvant être appliquées à des tâches d'apprentissage équivalentes avec plus ou moins de succès. Par exemple, la stratégie mnémotechnique nécessitant d'associer une caractéristique faciale au son d'un nom et la récupération espacée, sont des méthodes d'apprentissage sans erreur. D'après ces auteurs, l'apprentissage sans erreur pouvant être appliqué avec diverses techniques, le fait de favoriser l'apprentissage implicite ou explicite dépendrait donc de la façon dont les tâches sont construites.

#### b. Utilité auprès des personnes Alzheimer

D'après Kessels et Hensken (2009), l'apprentissage sans erreur a des effets bénéfiques sur l'apprentissage procédural dans la maladie d'Alzheimer et permet d'atteindre plus rapidement la phase autonome de l'apprentissage. L'atteinte des fonctions d'inhibition chez les personnes Alzheimer augmente encore leur risque de produire des erreurs étant donné que leurs capacités à ignorer des informations non pertinentes sont diminuées.

Dans l'étude de Clare, et al (2000), six personnes atteintes de maladie d'Alzheimer à un stade précoce (MMS entre 21 et 26) ont bénéficié d'une intervention individuelle visant la réduction d'un problème de mémoire intervenant dans la vie quotidienne et utilisant l'apprentissage sans erreur : pour les patients A, B et C, le but de cette intervention était de retenir des noms, pour le patient D le but était de retenir des renseignements personnels, et pour le participant E d'apprendre à utiliser un calendrier pour connaître la date du jour. Les résultats de cette étude prouvent que l'apprentissage sans erreur est utile pour la résolution de ces problématiques à un stade précoce de la maladie pour certains patients. Effectivement, cinq personnes sur six ont amélioré leur performance et cette amélioration s'est maintenue jusqu'à six mois après l'intervention. Ainsi, il semble que pour l'apprentissage de noms, les stratégies mnémotechniques (tel que trouver un lien entre le son du nom et un trait du visage ...) et de récupération espacée, soient efficaces. La méthode de la répétition en expansion est aussi utile pour le rappel de renseignements personnels. La formation aux aides à la mémoire (pour le participant E) a entraîné des modifications dans les comportements des participants ainsi que des généralisations, c'est-à-dire qu'il a pu appliquer de nouvelles stratégies lorsque de nouvelles situations difficiles sont apparues. Dans cette étude, la participation des patients et leur entraînement tout au long du suivi semblent avoir un impact sur les résultats positifs obtenus : les facteurs individuels tels que la motivation, les croyances, les facteurs psycho-sociaux ou encore la qualité de la relation avec l'aidant sont importants.

Une autre étude menée par Clare, (2002) a démontré l'efficacité de la méthode d'apprentissage sans erreur lors de l'association de noms à des visages. L'intervention, basée sur une méthode d'apprentissage sans erreur a eu lieu sur douze participants Alzheimer avec un MMSE supérieur ou égal à 18, et a permis une amélioration de la connaissance des noms. Les bénéficiaires ont été maintenus pendant au moins six mois. Les participants ayant conscience de leurs troubles mnésiques ont eu de meilleurs résultats que les autres.

### c. Mécanismes implicites et explicites

Il apparaît alors, comme le disent Anderson et Craik (2006), que l'apprentissage sans erreur améliore plus les capacités mnésiques que l'apprentissage par essai-erreur. Ces auteurs souhaitent alors établir des liens plus précis entre les mécanismes implicites et explicites de la mémoire. Ils prouvent que l'apprentissage sans erreur a lieu par l'intermédiaire de la mémoire procédurale : les personnes avec une atteinte de la mémoire explicite tirent profit de l'apprentissage sans erreur car ce mode d'apprentissage contourne l'implication de la mémoire épisodique dans le processus d'apprentissage en supprimant la nécessité de détecter et d'éliminer les erreurs produites. L'apprentissage par essais-erreur, ou par feedback peut utiliser des processus implicites, ainsi que des processus explicites (Shohamy et al., 2004). Chez les jeunes adultes, plus une personne est engagée dans le processus de mémorisation, mieux elle encode l'information. L'apprentissage sans erreur est amplifié si les personnes sont plus actives dans le processus d'encodage (Tailby et Haslam, 2003). De plus, les mots semblent mieux retenus lorsqu'ils sont appris selon une méthode essais-erreurs, que lorsqu'ils sont appris avec une méthode d'apprentissage sans erreur : le fait de deviner les informations entraîne un niveau de traitement plus profond (Rodriguez-Fornelles et al., 2004). Par contre, lors de l'apprentissage par essais-erreurs les personnes âgées s'appuient plus sur les processus automatisés. Il semble donc que l'apprentissage sans erreur ne soit pas idéal pour les personnes jeunes qui se souviennent correctement des éléments et qui ont une mémoire explicite intacte, par contre c'est un apprentissage électif pour les personnes présentant des déficits mnésiques à cause de leur incapacité à ne pas reproduire les erreurs commises antérieurement.

## **Conclusion de la partie théorique**

Ainsi, l'apprentissage procédural est constitué de trois phases : la phase cognitive, la phase associative et la phase autonome. Des processus déclaratifs et contrôlés sont impliqués dans l'apprentissage procédural durant les premières phases tandis que des processus non déclaratifs et autonomes sont impliqués durant les dernières phases. L'apprentissage procédural comporte trois catégories: l'apprentissage perceptivo-moteur, l'apprentissage perceptivo-verbal et l'apprentissage cognitif.

Dans le vieillissement normal, les processus mnésiques déclaratifs et contrôlés deviennent moins efficaces ; par contre, le vieillissement n'a pas d'effet sur les processus non déclaratifs et automatiques. L'apprentissage perceptivo-moteur est préservé, notamment en condition d'apprentissage implicite et lorsqu'il ne nécessite pas d'efforts. L'apprentissage perceptivo-verbal est également préservé malgré quelques difficultés en lien avec le traitement des stimuli. L'apprentissage cognitif est également préservé tant que le niveau de complexité n'est pas trop élevé. Dans l'ensemble les résultats concernant l'apprentissage procédural montrent que l'automatisation de l'habileté est plus lente à se mettre en place, ce résultat peut être mis en lien avec l'altération des processus déclaratifs et contrôlés intervenants dans les premières phases de l'apprentissage. Les personnes âgées maintiennent l'habileté acquise pendant plusieurs années.

Dans la maladie d'Alzheimer, les processus déclaratifs et contrôlés sont également atteints de manière plus massive, notamment le rappel explicite, la mémoire épisodique et la mémoire sémantique. L'apprentissage perceptivo-moteur est préservé mais les compétences sont inférieures aux personnes âgées contrôles. De la même manière que dans le vieillissement normal, des conditions d'apprentissage implicite ou d'apprentissage sans erreur, favorisent l'apprentissage. Les résultats concernant l'apprentissage perceptivo-verbal sont hétérogènes, à cause de différences méthodologiques. L'apprentissage cognitif est préservé, en fonction du niveau de complexité de l'habileté et de l'implication des processus déclaratifs et contrôlés (l'apprentissage de l'habileté sera mieux préservé dans le cas où la nécessité de résolution de problème est faible). Les personnes Alzheimer peuvent maintenir l'habileté acquise pendant plusieurs mois voire plusieurs années et sont capables de transférer la compétence dans des situations très similaires.

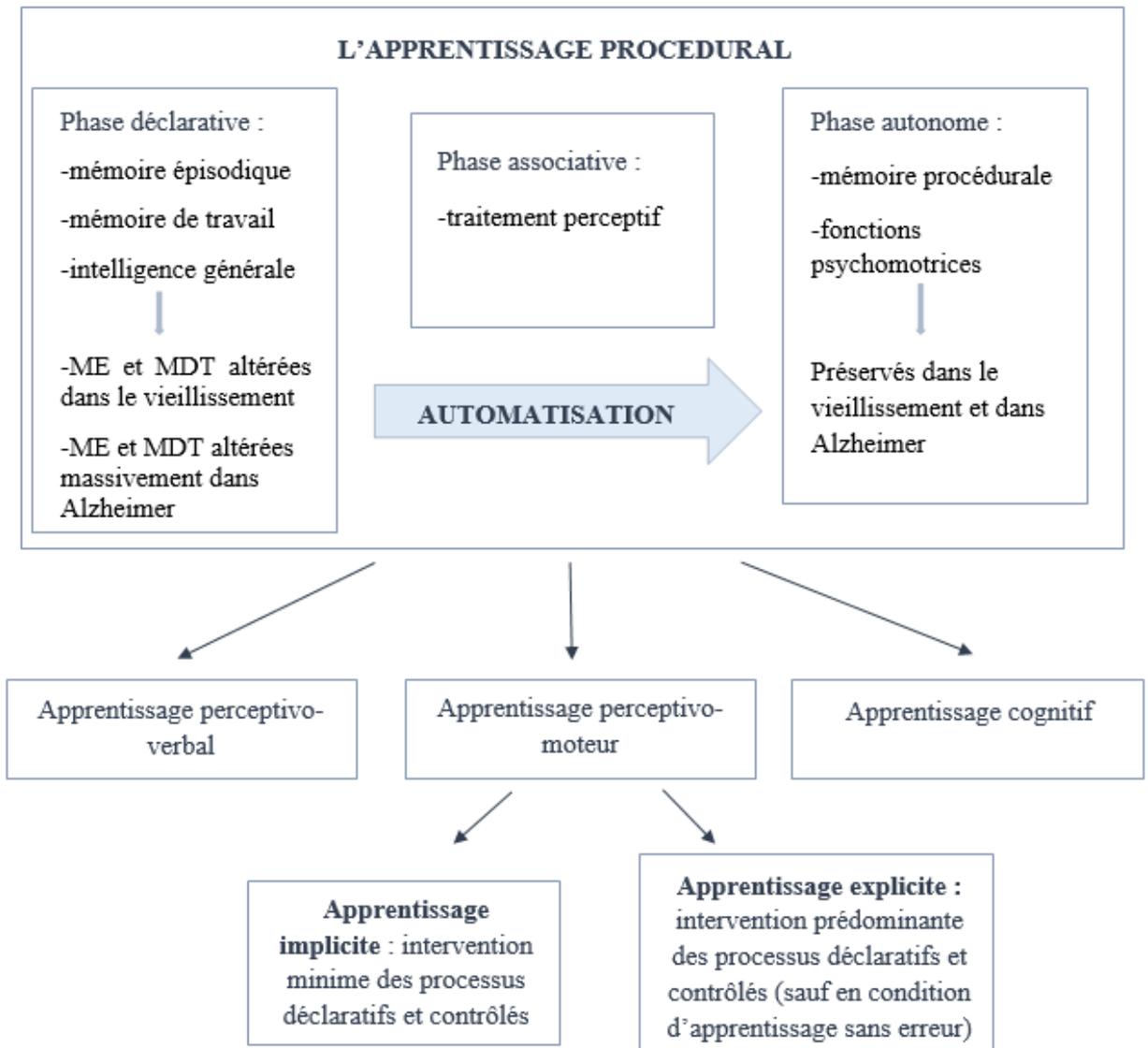


Figure 13: Fonctionnement de l'apprentissage procédural

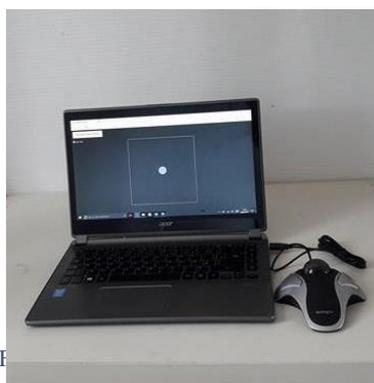
# **PARTIE PRATIQUE**

Groupe	Nombre	Age (ans)		MMSE ( /30)
		Age moyen	Ecart-type	
Agées	9	79,1	5,7	29,4
Alzheimer	8	78,1	10,3	20,5

Figure 14: Population d'expérimentation

## 2. Matériel

Pour cette expérimentation, j'ai utilisé un logiciel nommé « mimbus », l'exécution de la tâche a eu lieu sur un ordinateur à l'aide d'un trackball.



J'ai également fait passer le MMSE à l'ensemble des participants (âgés et Alzheimer) afin de connaître leur niveau cognitif et le stade de la maladie pour les personnes Alzheimer.

## 3. Expérimentation

Lors de la tâche réalisée avec le logiciel « mimbus », un point lumineux se déplace en suivant un trajet répétitif et immuable.

Lorsque la flèche de la souris est sur le point lumineux, celui-ci s'éclaire. L'objectif de cette tâche est de maintenir la flèche de la souris sur le point lumineux tout au long de son déplacement afin que le point lumineux reste éclairé. Pour cela, les participants utilisent un trackball avec leur main dominante (la droite étant donné qu'ils sont tous droitiers).

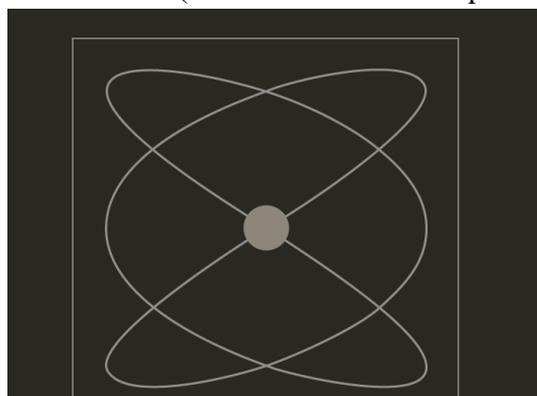


Figure 16: Trajectoire du point lumineux

La consigne donnée aux participants était la suivante : « Un point lumineux s'affiche sur l'écran. Ce point va se déplacer, vous allez devoir suivre le point avec la flèche. Le trackball permet à la flèche de se déplacer, il suffit de faire bouger la boule du trackball pour que la flèche se déplace. ». Cette consigne concerne donc seulement la précision, les participants ne sont pas informés de la régularité de la trajectoire du point lumineux. Après avoir donné la consigne, je faisais une courte démonstration aux participants afin de m'assurer qu'ils aient compris le fonctionnement du dispositif. L'expérimentation a été réalisée sur deux sessions contenant chacune huit blocs. De courtes pauses de quelques minutes ont eu lieu entre chaque bloc et les deux sessions étaient espacées d'une semaine. La première session comporte la passation du MMSE (afin de connaître l'état cognitif des personnes âgées et de vérifier que les personnes Alzheimer sont au stade léger à modéré de la maladie), l'explication de la consigne, la démonstration, et enfin l'exécution de la tâche de suivi du point lumineux (8 blocs). Durant la seconde session, la consigne est redonnée aux participants, la démonstration est de nouveau réalisée puis les participants exécutent la tâche de suivi du point lumineux (8 blocs également).

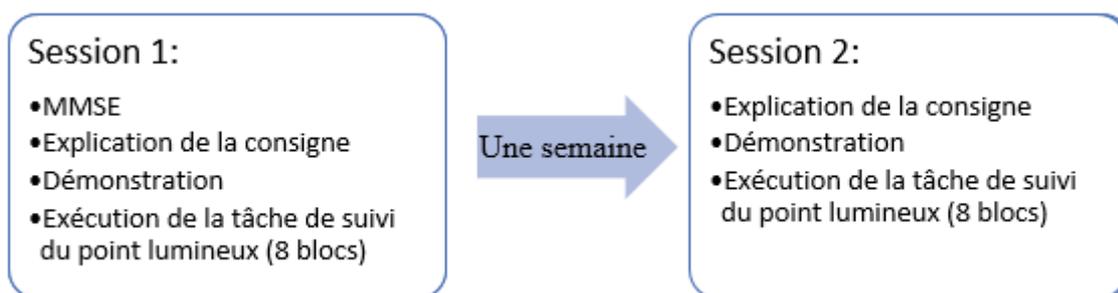


Figure 17: Déroulement de l'expérimentation

#### **4. Données**

L'expérimentation de la tâche de suivi du point lumineux nous permet d'obtenir trois données : l'indice de compétence des participants, l'indice d'apprentissage au cours de chaque session et le maintien des capacités entre les deux sessions.

- L'indice de compétence des participants est calculé par le logiciel qui indique le pourcentage de temps durant lequel la flèche de la souris est maintenue sur le point lumineux pour chaque essai (il y en a trois par bloc), puis pour l'ensemble du bloc en moyennant les résultats de chaque essai
- L'indice d'apprentissage au cours de chaque session peut être obtenu en calculant la différence entre les compétences lors du bloc huit et lors du bloc un, pour chaque session. Pour la deuxième session, nous avons choisi de calculer l'indice

d'apprentissage en fonction du bloc durant lequel les personnes atteignent le même niveau de compétence que les personnes âgées (c'est-à-dire le bloc 5 : cf statistique et résultats).

- Enfin, le maintien des capacités d'apprentissage peut être obtenu en calculant la différence entre les compétences lors du bloc un de la deuxième session et lors du bloc huit de la première session.

<b>Donnée</b>		<b>Manière de l'obtenir</b>
<b>Indice de Compétences</b>		Pourcentage de temps durant lequel la flèche est sur le point lumineux (fourni par le logiciel)
<b>Indice d'Apprentissage</b>	Session 1	Indice de compétence B8 de S1 – indice de compétence B1 de S1
	Session 2	Indice de compétence B5 de S2 – indice de compétence B1 de S2
<b>Indice de Maintien</b>		Indice de compétence B8 de S1 – Indice de compétence B1 de S2

Figure 18: Données de l'expérimentation

## **5. Hypothèses**

Durant cette expérimentation, il y a des variables indépendantes et des variables dépendantes. Selon Sockeel et Anceaux (2002), une variable indépendante est une caractéristique (du sujet, de son environnement physique ou social, de la tâche ou du stimulus présenté) qui est manipulée ou simplement prise en compte par le chercheur afin de contrôler son impact sur le comportement étudié. Dans notre expérimentation la session (session 1 ou session 2), le groupe d'appartenance (âgé ou Alzheimer) et le bloc sont des variables indépendantes. L'expérimentation comprend aussi des variables dépendantes. Toujours selon Sockeel et Anceaux (2002), une variable dépendante est une donnée recueillie par l'expérimentateur, c'est une réponse du sujet (ou une mesure de la réponse) soumis à une expérience. Cette réponse est dépendante de la situation expérimentale que l'examineur a créée. Dans notre expérimentation avec la tâche de suivi du point lumineux, il y a deux variables dépendantes : **l'indice de compétence** et **l'indice d'apprentissage**.

La tâche de suivi du point lumineux permet d'évaluer l'apprentissage perceptivo-moteur procédural. Cet apprentissage est implicite. En effet, les patients n'ont pas conscience de l'apprentissage qu'ils sont en train de réaliser. D'une part l'apprentissage de l'utilisation du trackball est implicite car les patients ont pour consigne d'exécuter une tâche de précision et

non pas d'utiliser le trackball. D'autre part les patients ne sont pas informés de la régularité de la trajectoire ; cet apprentissage est donc également implicite. Selon ces informations et celles tirées des études vues dans la partie théorique, nous pouvons formuler des hypothèses concernant les résultats que nous obtiendrons.

Tout d'abord, nous pouvons supposer que le niveau de compétence des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer sera plus faible que celui des personnes âgées. En effet, des études réalisées par Tilborg (2007) et Beaunieux (2010) montrent que les personnes Alzheimer ont des performances plus faibles concernant la qualité de réalisation de la tâche (précision moindre) que les personnes âgées.

Concernant l'indice d'apprentissage, nous pouvons supposer que les deux groupes de participants apprendront à exécuter la tâche de suivi du point lumineux mais que la dynamique de l'apprentissage sera différent pour les deux groupes. Effectivement, Tilborg (2007) et Beaunieux (2000) prouvent que l'apprentissage perceptivo-moteur est préservé. Néanmoins, selon Schimdtke et al. (1996), la dynamique d'apprentissage est différente pour les personnes âgées et pour les personnes Alzheimer : la transition entre la phase cognitive et l'acquisition automatique de l'habileté est retardée.

Concernant l'indice de maintien, l'étude de Beaunieux (2000) montre que le maintien des capacités entre deux sessions est plus tardif chez les personnes Alzheimer que chez les personnes âgées. En effet, l'altération massive de la mémoire déclarative entraîne une automatisation de la procédure plus tardive. Pour les personnes Alzheimer la procédure est donc en cours d'élaboration plus longtemps et elles rencontrent donc des difficultés à réinitialiser la procédure motrice. Nous pouvons donc supposer que les personnes Alzheimer maintiendront moins bien les compétences acquises entre les deux sessions.

Variable indépendante	Agés	Alzheimer
Indice de compétence	Elevé	Plus faible
Indice d'apprentissage	Apprentissage plus rapide	Apprentissage plus long
Indice de maintien	Elevé	Plus faible que les personnes âgées

Figure 19: Hypothèses

## **6. Analyses statistiques**

Premièrement, nous avons réalisé une ANOVA à mesure répétée (facteur bloc : bloc1/bloc8 et facteur sessions : session 1 et session 2) et à un facteur de groupe sur **l'indice de compétence**. Cette ANOVA a pour but d'étudier l'évolution de l'indice de compétences au cours de la session un et de la session deux.

Deuxièmement, nous avons réalisé une étude ANOVA à mesure répétée (facteur bloc et session : bloc 8 session1/ bloc 1 session 2) sur la **comparaison des indices de compétences**. Cette ANOVA a pour but d'évaluer l'évolution de l'indice de compétence entre la fin de la première session d'apprentissage et le début de la seconde session d'apprentissage (la semaine suivante).

Troisièmement, nous avons réalisé une étude ANOVA à mesure répétée (facteur bloc et session B8-B1 de la session 1/B6-B1 de la session 2) sur **l'indice d'apprentissage**. Cette ANOVA a pour objectif d'étudier l'évolution de l'indice d'apprentissage entre la session un et la session deux.

### III. Résultats

#### 1. Evolution de l'indice de compétence au cours du temps

La première ANOVA montre que nous avons un effet de la session, un effet bloc mais pas d'effet du groupe concernant l'évolution de l'indice de compétence au cours du temps.

D'abord, il y a un effet de la session, c'est-à-dire que quel que soit le groupe et quel que soit le bloc, les indices de compétences sont différents entre la session 1 et la session 2 ( $F(1,15)=18,49 ; p=0,0001$ ) comme le montre le graphique suivant :

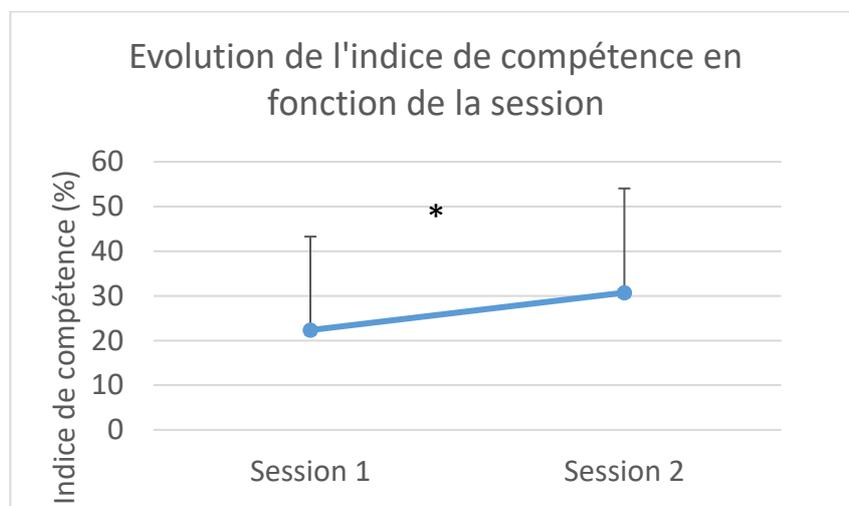


Figure 20: Evolution de l'indice de compétence en fonction de la session

Ensuite il y a un effet bloc, c'est-à-dire que quel que soit le groupe d'appartenance du sujet et quel que soit la session, les indices de compétences sont différents entre le bloc un et le bloc huit ( $F(1, 15) = 44,49, p < 0,0001$ ) comme le montre le graphique suivant :

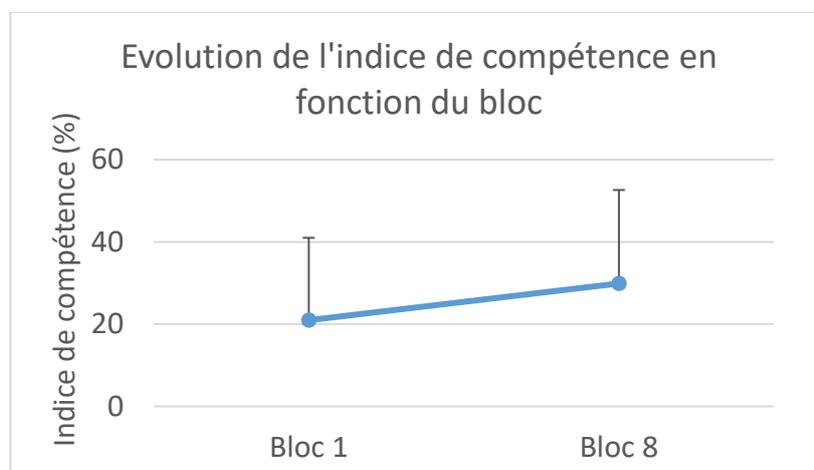


Figure 21: Evolution de l'indice de compétence en fonction des blocs

Il n'y a pas d'effet de groupe, c'est-à-dire que les indices de compétences des patients Alzheimer ne sont pas différents des indices de compétences des personnes âgées.

Nous notons quand même une tendance en ce qui concerne l'interaction session\*bloc\*groupe à  $p=0,0053$ . Le T-test montre que l'indice de compétence pour le bloc 8 de la session 1 et pour le bloc 1 de la session 2 est différente entre les personnes âgées et les personnes Alzheimer.

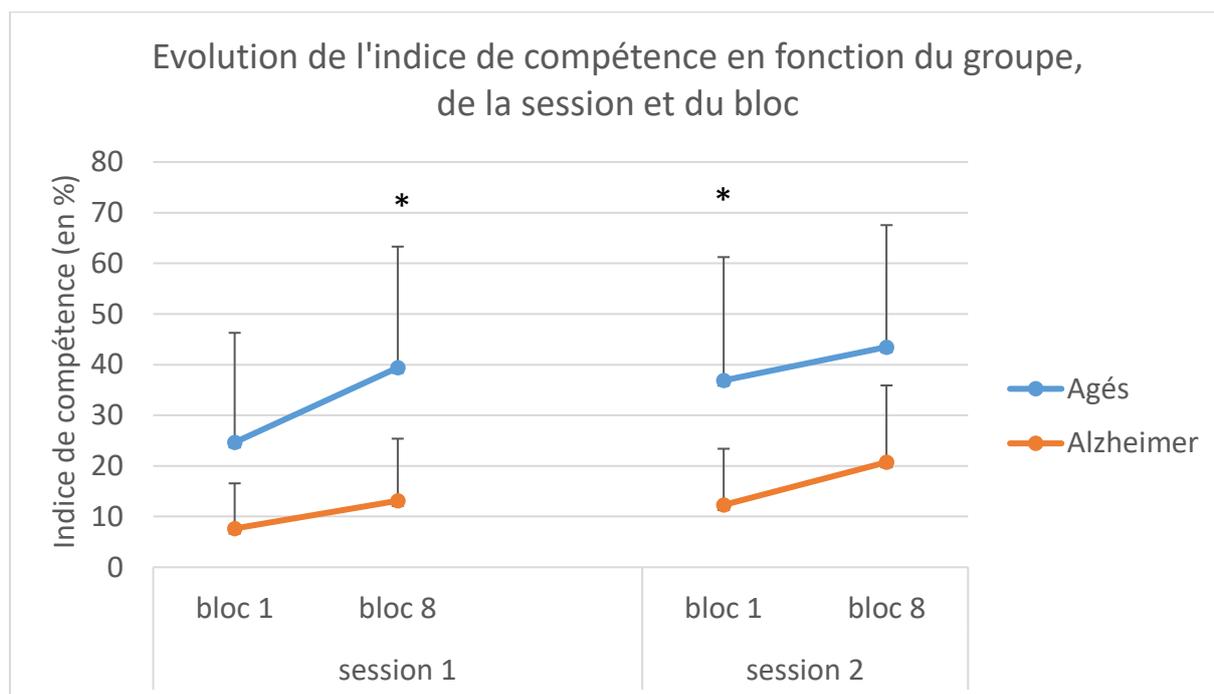


Figure 22: Evolution de l'indice de compétence en fonction du groupe, de la session et de bloc

## 2. Evolution des indices de compétences entre les deux sessions

Cette ANOVA nous montre qu'il y a un effet de groupe. Les patients Alzheimer ont donc un indice de compétence différent des personnes âgées entre les deux sessions. En effet, l'indice de compétence pour le bloc 8 de la session 1 et le bloc 1 de la session 2 sont différents entre les deux groupes. En revanche, l'indice de compétence pour le bloc 8 de la session 1 n'est pas différent de celui du bloc 1 de la session 2, et ceci quel que soit le groupe.

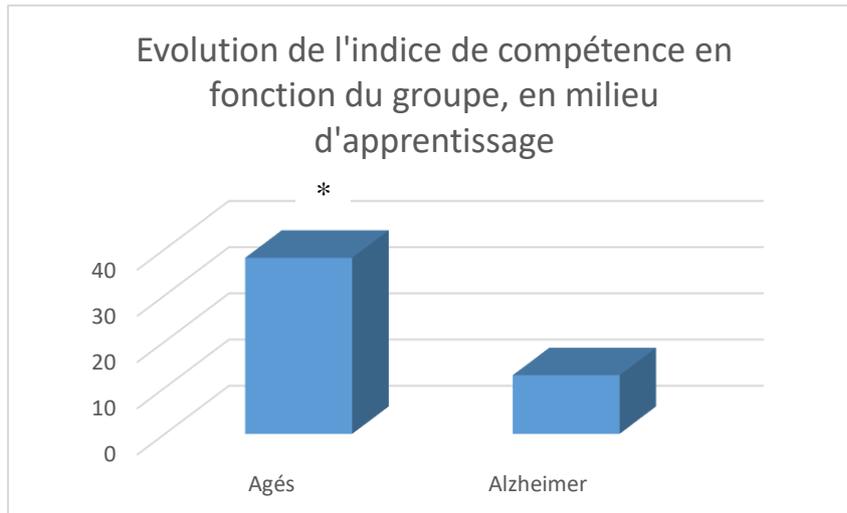


Figure 23: Evolution de l'indice de compétence en fonction du groupe en milieu d'apprentissage

### 3. Evolution de l'indice d'apprentissage

La troisième ANOVA montre qu'il y a une interaction indice d'apprentissage\*groupe :  $F(1,15) = 6,57, p = 0,0022$ . Cela signifie que les personnes Alzheimer apprennent différemment des personnes contrôles. Une analyse post-hoc avec des T-tests montre que l'indice d'apprentissage des patients Alzheimer est différent de celui des personnes âgées lors de la session un. En revanche, l'indice d'apprentissage de la session deux n'est pas différent entre les personnes Alzheimer et les âgés.

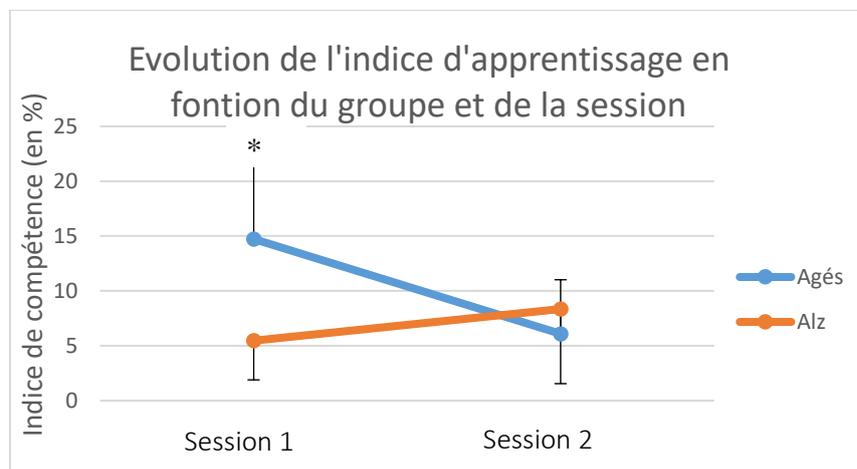


Figure 24: Evolution de l'indice d'apprentissage en fonction du groupe et de la session

## IV. Discussion

---

### 1. Commentaires des résultats

L'objectif de l'étude était de connaître les capacités d'apprentissage des personnes Alzheimer pour une tâche perceptivo-motrice. Ces capacités concernent l'indice de compétence, l'indice d'apprentissage et l'indice de maintien.

#### a. Présence et maintien d'un apprentissage

Tout d'abord, les résultats nous indiquent qu'il existe un apprentissage chez les personnes âgées et chez les personnes Alzheimer. De plus, cet apprentissage se maintient pendant les deux sessions. Effectivement, chez les personnes âgées comme chez les personnes Alzheimer, l'indice de compétence est différent entre le bloc un et le bloc huit, puis entre la session une et la session deux.

#### b. Dynamique d'apprentissage différent

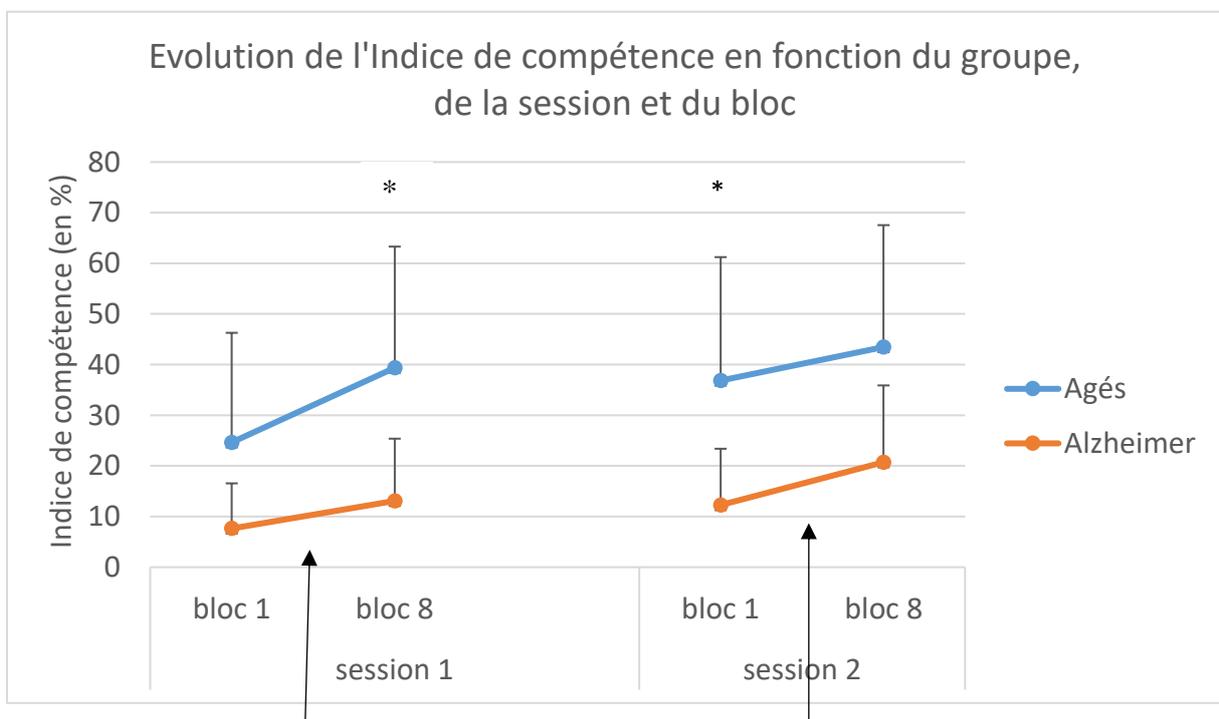
Les résultats nous indiquent que la dynamique d'apprentissage est différente pour les personnes Alzheimer et les personnes âgées. Au cours de la première session l'indice d'apprentissage est différent entre les deux groupes. En revanche celui-ci n'est pas différent entre les personnes âgées et les personnes Alzheimer au cours de la seconde session. En fait, l'analyse des courbes nous permet de constater que l'indice d'apprentissage des personnes âgées est plus élevé lors de la première session que lors de la deuxième alors que c'est l'inverse pour les personnes Alzheimer (l'indice d'apprentissage est plus élevé pour la deuxième session que pour la première session, même si les statistiques ne montrent pas une différence significative). Les personnes Alzheimer apprennent donc moins rapidement que les personnes âgées mais elles finissent quand même par acquérir un indice de compétence équivalent à celui des personnes âgées.

#### c. L'évolution de l'indice de compétence et son maintien entre deux sessions

L'ANOVA nous indique qu'à l'intérieur de chaque groupe l'indice de compétence n'est pas différent entre le bloc 8 de la session 1 et le bloc 1 de la session 2. Ceci met donc en évidence que les personnes Alzheimer et les personnes âgées maintiennent leurs compétences d'une semaine sur l'autre (entre les deux sessions), et ce même si les compétences des personnes Alzheimer sont inférieures à celles des personnes âgées contrôles lors de ces deux blocs.

#### d. Conclusion

Pour conclure, les personnes Alzheimer et les personnes âgées ont un indice de compétence équivalent en début et en fin d'apprentissage mais différent en milieu d'apprentissage (bloc 8 de la session 1 et bloc 1 de la session 2). Nous pouvons donc penser que les personnes Alzheimer apprennent lentement tout au long de la première et de la deuxième session alors que les personnes âgées contrôles apprennent rapidement lors de la première session et apprennent moins lors de la deuxième session car elles ont atteint leur niveau de compétence maximal correspondant à l'effet plafond.



Les personnes âgées ont un indice d'apprentissage plus élevé que les personnes Alzheimer et donc leur indice de compétence augmente plus rapidement que celui des personnes Alzheimer.

Les personnes Alzheimer ont un apprentissage qui tend à être plus élevé que celui des personnes âgées contrôles et donc leur indice de compétence augmente plus rapidement que celui des personnes âgées contrôles.

## **2. Confrontation avec mes hypothèses de départ**

Nos hypothèses ne correspondent pas toujours aux résultats que nous avons trouvés.

Tout d'abord, nous nous attendions à ce que les personnes Alzheimer aient des compétences plus faible que les personnes âgées alors que les résultats montrent que les deux groupes ont des compétences relativement similaires.

Ensuite, nos hypothèses correspondent aux résultats de l'expérimentation concernant l'indice d'apprentissage : les personnes âgées et les personnes Alzheimer atteignent le même niveau d'apprentissage mais la dynamique d'apprentissage est différente. Lors de la première session, l'indice d'apprentissage des personnes Alzheimer est significativement plus faible que celui des personnes âgées. En revanche, lors de la seconde les personnes Alzheimer ont un indice d'apprentissage plus élevé que les personnes âgées (cette différence n'est cependant pas significative). La différence lors de la première session peut être expliquée par l'altération des capacités de la mémoire déclarative : les personnes Alzheimer n'utilisent pas la mémoire déclarative mais utilisent la mémoire de travail et l'intelligence non verbale tout au long de l'apprentissage. Elles restent donc plus longtemps sur un mode de résolution de problème et l'automatisation de la procédure est plus tardive. Lors de la deuxième session, nous pouvons supposer que les personnes Alzheimer commencent à découvrir la « solution optimale ». L'habileté devient donc plus autonome d'où une augmentation de l'indice d'apprentissage alors que les personnes âgées ont peut-être déjà effectué cette partie de l'apprentissage durant la première session.

## **3. Les limites**

Tout d'abord, cette expérimentation a été réalisée seulement avec huit patients Alzheimer, à des stades légers à modérés de la maladie. Il aurait été intéressant de réaliser cette étude sur un groupe plus important, avec un groupe de personnes Alzheimer à un stade léger de la maladie et un autre groupe de personnes Alzheimer à un stade modéré de la maladie afin de connaître le stade de la maladie jusqu'auquel l'apprentissage est préservé.

Ensuite, dans la tâche de suivi du point lumineux à l'aide du trackball, l'apprentissage est aspécifique : deux apprentissages sont possibles. Le premier apprentissage concerne l'utilisation du trackball. Le deuxième apprentissage concerne le trajet du point lumineux (étant donné que celui-ci se déplace en suivant un trajet répétitif et invariant). Le protocole utilisé lors de mon expérimentation ne permet pas de connaître la cause de l'apprentissage observé

(l'apprentissage de l'utilisation du trackball ou l'apprentissage du trajet du point lumineux). Il aurait été intéressant d'intégrer une nouvelle trajectoire de suivi du point lumineux au début de la première session puis à la fin de la seconde session afin de voir s'il y a une spécificité de l'apprentissage. L'indice de compétence diminuerait lors du suivi du point lumineux avec la nouvelle trajectoire à la fin de la deuxième session s'il y avait un apprentissage spécifique du trajet alors qu'il resterait stable s'il y avait un apprentissage spécifique de l'utilisation du trackball.

Enfin, il aurait été intéressant de réaliser une troisième session avec un délai plus important entre la deuxième et la troisième session (quelques semaines à quelques mois) afin d'évaluer le maintien de l'indice de compétence au cours d'un laps de temps plus important.

#### **4. Perspectives**

Comme nous avons vu, au cours de la maladie d'Alzheimer, l'altération des fonctions motrices et cognitives engendre des difficultés dans la réalisation des activités de la vie quotidienne et des activités de loisirs entraînant une perte d'autonomie. L'utilisation de l'apprentissage procédural pour apprendre ou ré-apprendre aux patients à réaliser certaines activités de la vie quotidienne, de loisirs (tricoter, écouter de la musique ...) ou des techniques telles que le relevé du sol permettrait aux patients d'améliorer leur qualité de vie.

Plusieurs études ont prouvées l'efficacité de l'apprentissage procédural pour de telles habiletés. Par exemple, Zanetti (2001) a réalisé une étude prouvant que les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer sont capables de progresser de manière significative dans la réalisation des activités de la vie quotidienne, avec une prise en charge d'une heure par jour durant trois semaines. D'autre part, Lekeu et al. (2002) ont montré que suite à la participation d'un programme de trois mois, deux patients Alzheimer ont appris à utiliser un téléphone portable. Néanmoins, comme nous avons vu, les personnes Alzheimer peuvent avoir des difficultés pour généraliser l'habileté apprise et pour son initiation ainsi que lors des premières phases de l'apprentissage (notamment lorsqu'il est explicite). Au cours de séances de réhabilitation, il semble cependant assez compliqué de réaliser un apprentissage de manière implicite. Diverses techniques peuvent donc être utilisées pour faire face à ces difficultés.

D'abord, une technique d'apprentissage sans erreur peut être utilisée, dans cette technique on expose le patient à la bonne réponse, plutôt que de lui demander de la retrouver seul afin de limiter les effets de l'altération de la mémoire déclarative sur l'apprentissage : l'apprentissage par essai/erreur n'est donc pas nécessaire. Ensuite, une technique de facilitation (ou

d'estompage) peut également être utilisée, elle permet de mémoriser une information : les indices fournis au patient concernant l'information à récupérer sont progressivement estompés jusqu'à ce que la réponse soit produite sans erreur (Yliff, 2000). Une technique de récupération espacée (Camp, 1992) peut également être utilisée : une information est donnée au sujet qui doit la répéter immédiatement puis après un délai de quelques secondes. Si le sujet répond correctement, on augmente le délai jusqu'à ce que la rétention soit acquise définitivement. Le temps de 5 minutes semble suffisant pour beaucoup de sujet pour obtenir le maintien de l'information à long terme. On considère que l'information est acquise lorsqu'elle est rappelée sur trois séances consécutives. D'autre part, la réalisation de l'apprentissage doit avoir lieu dans des conditions très similaires aux conditions durant lesquelles le patient réalisera l'habileté afin que les patients soient capables de généraliser l'habileté apprise. Enfin, des aides extérieures peuvent être utilisées pour que l'initiation de l'action ait lieu.

Pour conclure, la prise en charge des patients atteints de la maladie d'Alzheimer représente un défi de par la présence des troubles du comportement (notamment l'apathie) et des troubles mnésiques qui compliquent les possibilités de rééducation à proprement parlé. Effectivement, les troubles mnésiques et le caractère évolutif de la maladie entraîne de nombreux professionnels à considérer les prises en charge comme inutiles. Néanmoins, les objectifs de prise en charge avec ces patients sont plus souvent axés autour d'un maintien des capacités et d'une réhabilitation. C'est donc dans ce cadre qu'un apprentissage ou un réapprentissage peut être mis en place, en prenant en compte le patient dans sa globalité, l'incidence de l'atteinte sur sa vie quotidienne, ses troubles comportementaux, mnésiques, sensoriels et moteurs ...

## Conclusion

---

Pour conclure, l'apprentissage procédural est préservé dans le vieillissement et dans la maladie d'Alzheimer. Cet apprentissage se déroule en trois phases : la phase déclarative, la phase associative et la phase autonome. La première phase est contrôlée par des processus cognitifs déclaratifs et contrôlés tandis que la phase autonome est contrôlée par des processus non contrôlés. Il existe trois sortes d'apprentissage procédural : l'apprentissage perceptivo-moteur, l'apprentissage perceptivo-verbal et l'apprentissage cognitif. Les capacités d'apprentissage perceptivo-moteur sont préservées chez les personnes âgées comme chez les personnes Alzheimer, en condition d'apprentissage implicite ou d'apprentissage sans erreur. Par contre, leurs compétences ne sont pas toujours identiques, effectivement les personnes âgées peuvent ou non atteindre le même niveau que les personnes jeunes selon le niveau de complexité de la tâche tandis que les personnes Alzheimer ont généralement un niveau de compétence plus faible que les personnes jeunes. L'apprentissage perceptivo-verbal semble préservé, néanmoins des difficultés dans le traitement des stimuli peut engendrer des difficultés d'apprentissage. L'apprentissage cognitif est également préservé chez les personnes âgées et Alzheimer tant que le niveau de complexité de la tâche n'est pas trop élevé. Les personnes âgées et les personnes Alzheimer sont donc capables de réaliser un apprentissage procédural, de le conserver et même de le transférer à des tâches si elles sont très similaires.

Comme nous avons vu, au cours de la maladie d'Alzheimer, l'altération des fonctions motrices et cognitives engendre des difficultés dans la réalisation des activités de la vie quotidienne et des activités de loisirs entraînant une perte d'autonomie. Un apprentissage de certaines stratégies ou un (ré)-apprentissage de certaines activités (de manière procédurale) semble néanmoins possible pour les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Ces apprentissages permettraient d'augmenter leur niveau d'autonomie ou leur plaisir, et donc peut être de diminuer certaines causes des troubles du comportement. Effectivement, des études prouvent que des réapprentissage d'activités de la vie quotidienne ou de loisirs sont possibles lorsque les sessions d'apprentissage sont rapprochées (Zanetti, 2001 et Lekeu et al., 2002). D'après mon expérimentation, les personnes Alzheimer sont également capable d'acquérir une nouvelle habileté lorsque les sessions d'apprentissage sont espacées d'une semaine (et donc en condition de prise en charge). L'apprentissage procédural est donc préservé, il permet aux patients Alzheimer d'améliorer leur niveau d'autonomie et il peut être utilisé dans le cadre d'une prise en charge psychomotrice.

## **Bibliographie**

Albaret, J. M., Giromini, F., & Scialom, F. (2011). Manuel d'enseignement de psychomotricité. *Marseille: Solal.*

Anderson, N. D., & Craik, F. I. (2006). The mnemonic mechanisms of errorless learning. *Neuropsychologia, 44*(14), 2806-2813.

Beatty, W. W., Rogers, C. L., Rogers, R. L., English, S., Testa, J. A., Orbelo, D. M., ... & Ross, E. D. (1999). Piano playing in Alzheimer's disease: Longitudinal study of a single case. *Neurocase, 5*(5), 459-469.

Beaunieux, H. (2000). Apprentissage procédural et mémoire procédurale dans le vieillissement normal et la maladie d'alzheimer (Doctoral dissertation, Caen).

Beaunieux, H., Eustache, F., Busson, P., De La Sayette, V., Viader, F., & Desgranges, B. (2012). Cognitive procedural learning in early Alzheimer's disease: Impaired processes and compensatory mechanisms. *Journal of neuropsychology, 6*(1), 31-42

Beaunieux, H., Hubert, V., Witkowski, T., Pitel, A. L., Rossi, S., Danion, J. M., Desgranges, B., & Eustache, F. (2006). Which processes are involved in cognitive procedural learning? *Memory, 14*, 521-539.

Beck, J. E., & Mostow, J. (2008, June). How who should practice: Using learning decomposition to evaluate the efficacy of different types of practice for different types of students. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 353-362). Springer Berlin Heidelberg.

Bier, N., Gagnon, L., & Desrosiers, J. (2005). Hétérogénéité des déficits cognitifs dans la démence de type Alzheimer et prise en charge cognitive de la mémoire: particularités et enjeux méthodologiques. *Canadian Journal on Aging/La revue canadienne du vieillissement, 24*(03), 275-284.

Bourgeois, M. S., Camp, C., Rose, M., White, B., Malone, M., Carr, J., & Rovine, M. (2003). A comparison of training strategies to enhance use of external aids by persons with dementia. *Journal of communication disorders, 36*(5), 361-378.

Bondi, M. W., & Kaszniak, A. W. (1991). Implicit and explicit memory in Alzheimer's disease and Parkinson's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 13*, 339-358.

- Butters, M. A., Glisky, E. L., & Schacter, D. L. (1993). Transfer of new learning in memory-impaired patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15(2), 219-230.
- Chauvel, G., Maquestiaux, F., Didierjean, A., Joubert, S., Dieudonné, B., & Verny, M. (2011). Utilisation des processus mnésiques non déclaratifs et automatiques dans l'apprentissage moteur: comment atténuer les effets du vieillissement. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 9(4), 455-463.
- Clare, L., Wilson, B. A., Carter, G., Breen, K., Gosses, A., & Hodges, J. R. (2000). Intervening with everyday memory problems in dementia of Alzheimer type: an errorless learning approach. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22(1), 132-146.
- Clare, L., Wilson, B. A., Carter, G., Roth, I., & Hodges, J. R. (2002). Relearning face-name associations in early Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 16(4), 538.
- Desgranges, B., Eustache, F., & Rioux, P. (1994). Effets de l'âge et du niveau d'étude sur différents sous-systèmes mnésiques. *L'année psychologique*, 94(3), 345-367.
- Dick, M. B., Hsieh, S., Bricker, J., & Dick-Muehlke, C. (2003). Facilitating acquisition and transfer of a continuous motor task in healthy older adults and patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 17(2), 202.
- Gabrieli, J. D., Corkin, S., Mickel, S. F., & Growdon, J. H. (1993). Intact acquisition and long-term retention of mirror-tracing skill in Alzheimer's disease and in global amnesia. *Behavioral neuroscience*, 107(6), 899.
- Glisky, E. L. (1992). Computer-assisted instruction for patients with traumatic brain injury: Teaching of domain-specific knowledge. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 7(3), 1-12.
- Hubert, V., Beaunieux, H., Chételat, G., Platel, H., Landeau, B., Danion, JM., Viader, F., Desgranges, B. & Eustache, F. (2007). The dynamic network subserving the three phases of cognitive procedural learning. *Human Brain Mapping*. 28, 1415-29.
- Hubert, V., Beaunieux, H., Chételat, G., Platel, H., Landeau, B., Danion, JM., Viader, F., Desgranges, B. & Eustache, F. (2009). Age-related changes in the cerebral substrates of cognitive procedural learning. *Human Brain Mapping*, 30, 1374-86.

Élie, J. (1997). *Impact d'une pratique rééducative faisant appel principalement à la mémoire procédurale chez la personne âgée atteinte de la maladie d'Alzheimer*. Université de Sherbrooke

Kessels, R. P., & Hensken, L. M. (2009). Effects of errorless skill learning in people with mild-to-moderate or severe dementia: a randomized controlled pilot study. *NeuroRehabilitation*, 25(4), 307-312.

Mackay, S., Morgan, P., Datta, V., Chang, A., & Darzi, A. (2002). Practice distribution in procedural skills training. *Surgical endoscopy*, 16(6), 957-961.

Merbah, S., Salmon, E., & Meulemans, T. (2011). Impaired acquisition of a mirror-reading skill in Alzheimer's disease. *cortex*, 47(2), 157-165.

Mochizuki-Kawai, H., Kawamura, M., Hasegawa, Y., Mochizuki, S., Oeda, R., Yamanaka, K., & Tagaya, H. (2004). Deficits in long-term retention of learned motor skills in patients with cortical or subcortical degeneration. *Neuropsychologia*, 42(13), 1858-1863.

Pasgreta, K., Feit, J., Nowińska, E., Walecki, P., & Gorzelańczyk, E. J. (2013). 1867—Motor procedural learning in individuals with mild and moderate alzheimer's disease compared to healthy subjects. *European Psychiatry*, 28, 1.

Rosenbaum, D. A., Carlson, R. A., & Gilmore, R. O. (2001). Acquisition of intellectual and perceptual-motor skills. *Annual review of psychology*, 52(1), 453-470.

Provencher, V. (2006). Exploration des divers impacts de l'apprentissage de tâches significatives liées à la vie quotidienne dans la démence de type Alzheimer (DTA) en début d'évolution.

Shimamura, A. P., & Squire, L. R. (1988). Long-term memory in amnesia: cued recall, recognition memory, and confidence ratings. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14(4), 763.

Simmons, A. L. (2012). Distributed practice and procedural memory consolidation in musicians' skill learning. *Journal of Research in Music Education*, 59(4), 357-368

Tulving, E. (1993). What is episodic memory?. *Current Directions in Psychological Science*, 2(3), 67-70.

Van Halteren-van Tilborg, I. A., Scherder, E. J., & Hulstijn, W. (2007). Motor-skill learning in Alzheimer's disease: a review with an eye to the clinical practice. *Neuropsychology review*, *17*(3), 203-212.

Zanetti, O., Zanieri, G., Giovanni, G. D., De Vreese, L. P., Pezzini, A., Metitieri, T., & Trabucchi, M. (2001). Effectiveness of procedural memory stimulation in mild Alzheimer's disease patients: A controlled study. *Neuropsychological rehabilitation*, *11*(3-4), 263-272.

## Résumé

---

Ce mémoire concerne le maintien d'un apprentissage procédural dans le vieillissement normal, puis dans la maladie d'Alzheimer. De nombreux travaux ont montré que ce type d'apprentissage est préservé dans ces deux cas. Néanmoins, l'implication de processus déclaratifs et contrôlés au début du processus d'apprentissage le ralentit. Par contre, l'implication de ces processus est minimale lors d'un apprentissage perceptivo-moteur implicite.

Nous avons évalué l'apprentissage procédural perceptivo-moteur et implicite lors d'une tâche de suivi d'un point lumineux à l'aide du trackball. Cette expérimentation montre qu'il existe un apprentissage chez les personnes Alzheimer et chez les personnes âgées, même si la dynamique d'apprentissage est différente. D'autre part, cette expérimentation montre que les personnes Alzheimer et les personnes âgées ont un niveau d'expérimentation équivalent en début et en fin d'apprentissage, donc les deux groupes ont progressé de manière équivalente.

**Mots clés :** Vieillissement – Maladie d'Alzheimer - Apprentissage procédural – Processus déclaratifs et contrôlés – Processus automatiques et non contrôlés

## Abstract

---

This report is about the maintenance of procedural learning in normal aging and in Alzheimer's disease. Many studies have shown that this type of learning is preserved in these two cases. Nevertheless, the involvement of declarative and controlled processes at the beginning of the learning process slows down. On the other hand, the implication of these processes is minimal during an implicit perceptual-motor learning.

We evaluated procedural learning perceptivo-motor and implicit during a task of tracking a luminous point using the trackball. This experiment demonstrates that there is learning among Alzheimer's and the elderly, although the learning dynamic is different. On the other hand, this experiment shows that the Alzheimer's and the elderly have an equivalent level of experimentation at the beginning and the end of learning, so both groups have progressed equally.

**Keywords:** Aging - Alzheimer's disease - Procedural learning - Declarative and controlled Processes - Automatic and uncontrolled Processes