

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR

MARTIN LEMAY

ANALYSE CINÉMATIQUE D'UN MOUVEMENT DE PRÉHENSION

ET SA RELATION AVEC LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

CHEZ LA PERSONNE ÂGÉE

DÉCEMBRE 1997

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## RÉSUMÉ

L'objectif premier de ce mémoire consiste à mieux comprendre les changements cinématiques observables lors d'un mouvement de préhension sans vision chez le jeune adulte et la personne âgée. Nous supposons qu'une partie de ces changements origine de la qualité du maintien de l'emplacement de l'objet en mémoire. Lorsqu'une personne doit saisir un objet quelques secondes après avoir été privée de la vision de cet objet, elle guide alors son mouvement en utilisant un processus mnésique spécifique, soit le calepin visuo-spatial. Cette sous-composante de la mémoire de travail est responsable du maintien d'informations visuelles et spatiales. Or on sait maintenant que ce type de mémoire semble être déficitaire chez la personne âgée (West, 1986). Sur la base de ces dernières données, il devient alors fortement intéressant de vérifier l'impact d'un déficit du calepin visuo-spatial sur la préhension d'un objet chez la personne âgée. À cet effet, certains déficits ont été identifiés, que ce soit au niveau de la préhension ou de la mémoire de travail de la personne âgée. Par contre, très peu de recherches ont été effectuées sur l'atteinte d'un objet sans vision de même que sur l'aspect spatial de la mémoire de travail chez cette population. Afin de répondre à notre objectif de recherche, nous avons donc demandé à 5 jeunes adultes (22-26 ans) et 5 sujets âgés (70-76 ans) d'atteindre et de soulever un objet à 70 reprises sous diverses conditions expérimentales. Les paramètres qui ont été manipulés étaient: la vision (avec et sans vision), le délai entre la présentation et la saisie de l'objet (0 seconde et 15 secondes) et le type d'interférence pendant le délai (sans interférence, interférence motrice, interférence spatiale). L'interférence motrice consistait à frapper une plaque de métal alors que pour l'interférence spatiale le sujet devait frapper successivement quatre plaques de métal disposées en carré. Le temps de mouvement (TM), la vitesse maximale et l'ouverture maximale étaient alors évalués à l'aide du système WATSMART. La littérature suggère que le mouvement interfère avec le fonctionnement du calepin visuo-spatial lorsque

ce mouvement ne se limite pas à une action purement motrice (Quinn et Ralston, 1986).

Nous prévoyons donc observer un déclin de la performance en présence d'interférence spatiale puisque celle-ci implique un déplacement de la main dans l'espace. Les résultats de notre étude démontrent que la présence d'un délai amène une augmentation du TM et une diminution de la vitesse maximale chez la personne âgée. La présence d'interférence spatiale amène pour sa part une augmentation du TM et une atteinte plus rapide de la vitesse maximale chez la personne âgée. Contrairement à ces derniers, les jeunes adultes ne sont pas affectés par la présence d'un délai ou d'une interférence. En conclusion, ces résultats tendent à démontrer que les personnes âgées ont de la difficulté à maintenir de l'information spatiale audelà d'un certain délai. De plus, le maintien de cette trace est tributaire de la présence ou non d'interférence spatiale. Chez la personne âgée, l'information visuo-spatiale est moins bien gérée par le calepin visuo-spatial que pour le jeune adulte, tel que reflété par les changements cinématiques, décrit ci-haut, lors du mouvement de préhension sans vision. La préhension d'un objet sans vision dépend donc en partie du maintien de la trace mnésique de l'emplacement de l'objet en mémoire de travail.

## REMERCIEMENTS

Avant tout, j'aimerais remercier mon directeur de mémoire, le docteur Claude Dugas. Son expertise et sa capacité de m'inculquer le fruit de cette expertise m'ont permis de mener à terme ce mémoire. La qualité du mémoire est grandement tributaire des critiques rigoureuses et pertinentes de monsieur Dugas, formulées au cours des *nombreuses* versions de ce mémoire.

Je voudrais aussi souligner l'apport important du docteur Sylvain Gagnon. À maintes reprises j'ai apprécié, la disponibilité, le jugement éclairé et le savoir-faire de monsieur Gagnon.

Enfin, j'aimerais remercier tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce mémoire, soit par leur aide technique, leur conseil judicieux ou simplement par leur présence.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	i
REMERCIEMENT.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	vi
CHAPITRES	
I.    INTRODUCTION.....	1
II.   CONTEXTE THÉORIQUE .....	4
Atteinte de l'objet .....	4
Atteinte de l'objet chez les personnes âgées .....	6
Atteinte de l'objet sans vision .....	8
Mémoire de travail.....	11
Mémoire de travail et personne âgée.....	13
Calepin visuo-spatial et mouvements.....	14
Encodage et maintien de l'information spatiale.....	20
Justification du choix de la tâche interférente.....	21
Objectif de recherche .....	23
Hypothèse générale.....	24
Hypothèses spécifiques.....	24
III.  MÉTHODOLOGIE .....	25
Sujets.....	25
Variables et instruments de mesure.....	25
Procédure.....	27

IV. RÉSULTATS.....	32
Analyse des données .....	32
Résultats .....	33
Temps de mouvement.....	33
Vitesse maximale .....	36
Ouverture maximale.....	39
V. DISCUSSION.....	44
Mémoire de travail et temps de mouvement .....	44
Mémoire de travail et vitesse maximale .....	47
Mémoire de travail et ouverture maximale .....	49
Mémoire de travail et cinématique .....	51
Forces et faiblesses de l'étude.....	53
VI. CONCLUSION .....	55
RÉFÉRENCES.....	58

## LISTE DES FIGURES

Figures	Page
1. Comparaison des courbes de vitesse et d'ouverture des doigts.....	6
2. Configuration des différents emplacements de la cible.....	27
3. Appareillage servant aux tâches interférentes .....	29
4. Répartition des essais dans le protocole expérimental.....	31
5. Temps de mouvement moyens des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions .....	35
6. Écarts-type moyens du temps de mouvement des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions .....	36
7. Vitesses maximales moyennes des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions .....	37
8. Latences pour atteindre la vitesse maximale chez les jeunes adultes et chez les personnes âgées pour chacune des conditions .....	39
9. Ouverture maximale des doigts des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions .....	40
10. Latences pour atteindre l'ouverture maximale chez les jeunes adultes et chez les personnes âgées pour chacune des conditions .....	42
11. Différences entre les latences pour atteindre l'ouverture maximale et les latences pour atteindre la vitesse maximale chez les jeunes adultes et les personnes âgées pour chacune des conditions .....	43

## CHAPITRE I

### Introduction

Vous venez à peine de fermer votre lampe de nuit que vous réalisez avoir oublié de régler votre réveille-matin. Machinalement, dans l'obscurité, vous retrouvez l'emplacement de vos lunettes, vous réussissez à les prendre sans même renverser le verre d'eau ou la lampe et vous rallumez cette dernière. Cette mise en situation est un exemple comme tant d'autres de l'utilisation commune des mécanismes de la préhension et de la mémoire de travail. La représentation interne de la localisation en mémoire des lunettes est nécessaire afin de les retrouver et de les saisir sans tâtonnement, puisque la vision n'est d'aucune utilité dans cette situation. Par ailleurs, on suppose que la mémoire de travail est mise à contribution dans cet exemple en raison de l'intervalle de temps très court séparant la présentation des stimuli (verre d'eau, lunettes) et le rappel de l'information.

L'étude de Jackson, Jackson et Rosicky (1995) est l'une des premières à avoir utilisé la cinématique comme indicateur du fonctionnement de la mémoire de travail. L'objectif principal était d'étudier le rôle de l'attention visuo-spatiale dans un mouvement de préhension avec distracteurs et sa relation avec la mémoire de travail. En fait, les chercheurs observaient l'impact d'objet-distracteurs sur la cinématique du mouvement de préhension sans vision. Les résultats des essais sans vision ont fait état d'une augmentation du temps de mouvement (TM), d'une diminution de la vitesse maximale et d'une augmentation de l'ouverture des doigts. Les auteurs proposent que ces changements cinématiques observés au niveau de la préhension d'un objet sans vision pouvaient provenir en partie d'un déficit au niveau de l'attention visuo-spatiale. Toujours selon eux, l'utilisation des processus attentionnels en mémoire de travail ferait défaut, ce qui

entraînerait les changements cinématiques observés. Toutefois, on ignore si le maintien du matériel encodé en mémoire de travail est affectée par la présence de distracteurs, et surtout on ignore si les changements cinématiques observés proviennent d'une trace mnésique inadéquate chez le sujet. En effet, le protocole expérimental des auteurs ne permet pas de répondre à ces questions. À la lumière de ces faits, une étude systématique de la mémoire de travail s'avère essentielle afin de déceler les changements cinématiques attribuables au fonctionnement de la mémoire de travail lors d'un mouvement de préhension effectué sans vision.

Dans l'exemple du début, un jeune adulte sain devrait atteindre les lunettes sans trop de difficulté et avec un minimum de précision. Mais une personne âgée serait-elle en mesure de saisir ses lunettes dans l'obscurité avec autant de succès qu'une personne plus jeune? La question est pertinente puisque West (1986) a décelé certains déficits au niveau du calepin visuo-spatial chez les personnes âgées. Or, si l'hypothèse voulant que la préhension d'un objet sans vision soit régie par le calepin visuo-spatial s'avère exacte, on devrait donc observer pour la personne âgée des changements cinématiques plus importants lors de ce type de mouvement. À cet effet, Jackson, Jackson, Harrison, Henderson et Kennard (1995) ont effectué une deuxième étude afin de vérifier la différence entre les personnes âgées saines et les personnes atteintes de la maladie de Parkinson. L'impact réel de la mémoire de travail sur un mouvement de préhension chez la personne âgée demeure sans réponse étant donné que le protocole expérimental était le même que lors de la première étude. De plus, la seule comparaison possible entre les jeunes adultes de leur première étude et les personnes âgées de leur deuxième étude doit s'effectuer *a posteriori*. Les études de Jackson et al. (1995) soulèvent certaines questions sur l'impact du vieillissement lors d'un mouvement de préhension sans vision et sa

relation avec la mémoire de travail sans toutefois donner de réponses concrètes. Dans cet ordre d'idée, l'objectif de cette recherche est d'étudier d'une part la relation entre la mémoire de travail et la préhension et d'autre part d'analyser cette relation en fonction de l'âge. De cette façon, il sera possible de compléter la démarche entreprise par Jackson et al. (1995) en définissant de façon plus exhaustive les processus qui sous-tendent la préhension d'un objet sans vision avec l'âge.

Afin d'étudier la mémoire de travail à l'aide d'un mouvement de préhension, il importe d'être familier à la fois avec les concepts de préhension et de mémoire de travail. Il est également essentiel de connaître la façon dont ces deux mécanismes peuvent s'affecter mutuellement. À ce titre, certaines recherches faisant état de relations étroites entre le mouvement et la mémoire de travail seront analysées dans la présente étude. Enfin, nous comptons étudier la mémoire de travail chez la personne âgée. Il sera donc essentiel avant tout de déterminer si les mécanismes de base régissant la préhension de même que la mémoire de travail spatiale sont affectés chez la personne âgée.

## CHAPITRE II

### Revue de la littérature

#### Atteinte de l'objet

L'atteinte, la préhension et le déplacement d'un objet supposent l'intégration d'afférences autant visuelles, proprioceptives que somesthésiques. Alors que l'information visuelle permet de déterminer les caractéristiques de l'objet (grandeur, texture) et sa situation dans l'espace, l'information proprioceptive (tout comme l'information visuelle) s'avère utile au niveau du contrôle de l'exécution même du mouvement. L'intégration de ces afférences permet la mise en place d'un programme moteur fonctionnel visant l'atteinte de l'objet. Au niveau de la préhension, l'information somesthésique disponible au moment du contact avec l'objet renseigne le sujet sur l'adéquation des afférences proprioceptives et visuelles. Cette validation des informations en présence s'effectue dans la phase qui précède le soulèvement et permet de confirmer ou d'inflimer l'exactitude des informations disponibles à ce moment précis du mouvement de préhension.

Berthier, Clifton, Vijaykumar, McCall et Robin (1996) ont étudié l'influence de l'information visuelle sur le contrôle de l'atteinte d'un objet. L'expérimentation consistait à atteindre un objet soit sans vision, avec vision complète ou avec des informations visuelles sur la cible mais non sur l'environnement. Les résultats démontrent qu'une diminution de l'information visuelle entraîne une augmentation du TM, une diminution de la vitesse maximale de même qu'une asymétrie plus marquée dans le profil de vitesse de la main. Cette asymétrie se manifeste par une atteinte plus rapide de la vitesse maximale pour les conditions sans vision. Par ailleurs, étant donné que l'expérimentation prévoyait la préhension d'objets de différentes tailles, Berthier et al. (1996) ont pu

constater que la modification des indices visuels influence le tout début du mouvement d'atteinte alors que la variation de la taille de l'objet affecte plutôt la fin du mouvement. Ainsi, la diminution de la taille de l'objet (de même que l'information visuelle disponible) a pour effet d'augmenter le TM, de diminuer la vitesse de la main et d'augmenter l'ouverture de la main. Selon Berthier et al. (1996), ces effets sont nécessaires afin d'assurer un niveau de précision adéquat au moment de la préhension.

Bien que l'information visuelle s'avère la plus utilisée pour guider la main de façon précise (Fischman et Schneider, 1985), il est maintenant reconnu que le rôle joué par l'information kinesthésique est tout aussi important. Une recherche de Lovelace (1989) s'intéresse tout spécifiquement au mouvement de la main dirigée vers une cible chez de jeunes adultes. Ces derniers devaient toucher, les yeux fermés, une cible définie de façon visuelle et kinesthésique. Afin de définir la cible visuellement, le sujet regardait la cible avant de déplacer sa main alors que, pour définir la cible de façon kinesthésique, la main non dominante du sujet était préalablement déplacée passivement jusqu'à la cible. Les résultats ont démontré que l'erreur moyenne, c'est-à-dire la distance entre la cible et l'endroit pointé, était plus faible lorsque la cible avait été définie de façon kinesthésique. En l'absence de vision, les afférences kinesthésiques deviennent donc essentielles afin de déterminer l'emplacement de la cible, d'autant plus lorsque cette cible a été préalablement définie par cette modalité.

La saisie d'un objet nécessite un calibrage précis de la force de préhension ( $F_p$ ) et de la force de soulèvement ( $F_s$ ). Ainsi, une force de préhension inadéquate peut causer un bris de l'objet ou augmenter les risques de l'échapper tandis qu'une force de soulèvement trop élevée suppose un soulèvement vertical excessif. Ces deux forces sont

d'abord calibrées en utilisant les informations visuelles et les expériences antérieures qui s'y rattachent. Cette stratégie mnésique, de contrôle anticipé, vient pallier à l'absence d'informations somatosensorielles avant le soulèvement (Johansson, 1991). D'ailleurs, ce contrôle anticipé se manifeste dans la phase de transport par un profil de vitesse continu en forme de cloche avec un seul pic de vitesse maximale. On remarque également que la vitesse et l'ouverture des doigts sont modulées en synergie et que l'ouverture maximale des doigts survient immédiatement après la vitesse maximale (Figure 1).

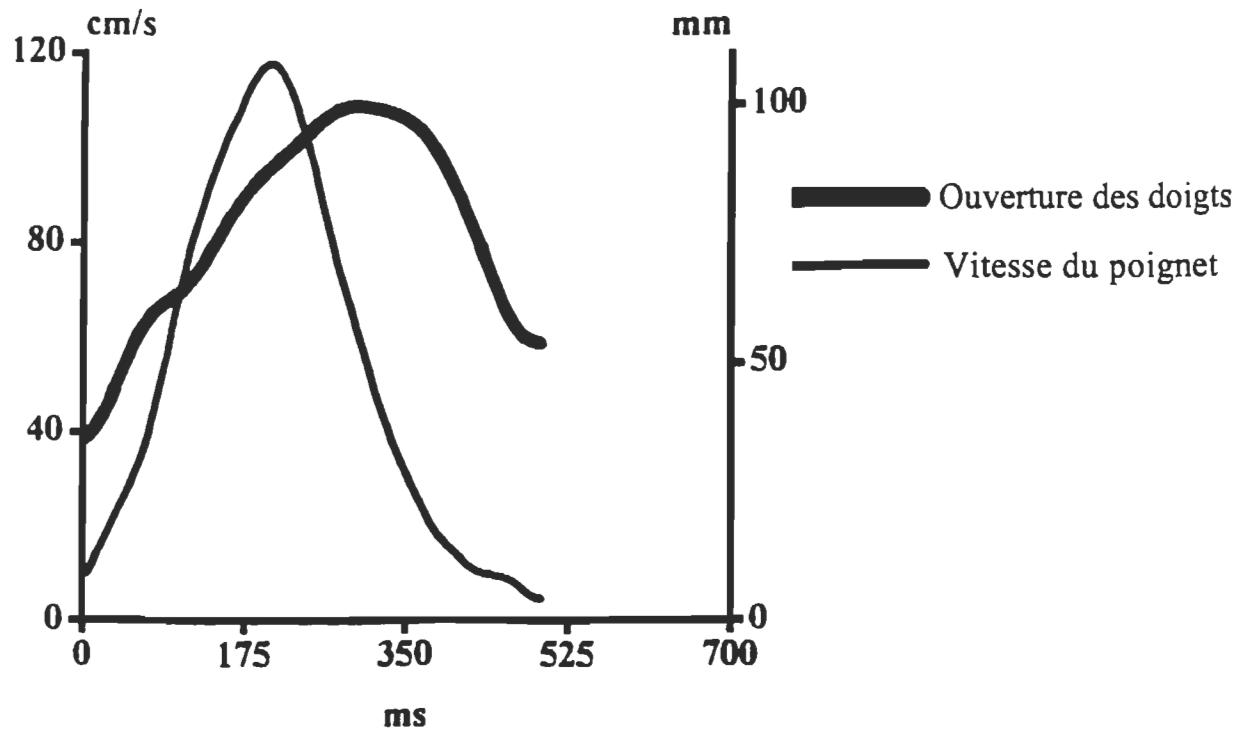


Figure 1. Comparaison des courbes de vitesse et d'ouverture des doigts (Jeannerod, 1988).

### Atteinte de l'objet chez les personnes âgées

Afin d'approfondir la recherche de Lovelace (1989) dont il a été question précédemment, Lovelace et Aikens (1990) ont comparé les résultats de jeunes adultes et

de personnes âgées dans des tâches définies de façon visuelle et kinesthésique. Les résultats de cette recherche démontrent que le sens kinesthésique semble bien préservé chez la personne âgée. Ainsi, la précision du positionnement de la main (telle que mesurée par l'erreur moyenne) pour atteindre une cible ou une partie de son corps, les yeux fermés, s'avère équivalente à celle observée pour les jeunes adultes. Par contre, les auteurs ont observé une légère diminution de la précision du mouvement (selon l'erreur moyenne observée entre la cible et l'endroit pointé) de la main chez les personnes plus âgées (70 à 85 ans) lorsque celles-ci n'ont aucun point de repère visuel. Selon les auteurs, cette situation pourrait être attribuable à des troubles mnésiques.

En général, on observe chez la personne âgée des changements importants dans les habiletés motrices. Ainsi, un mouvement simple, telle une flexion-extension du coude, qui se caractérise par un patron d'accélération et de décélération très symétrique chez le jeune adulte, devient asymétrique chez la personne âgée alors que la phase de décélération s'allonge par rapport à la phase d'accélération. De plus, on constate une forte variabilité des patrons d'accélération, particulièrement pour les mouvements de faible amplitude. Il a aussi été démontré à maintes reprises que la planification (temps de réaction) et l'exécution d'un mouvement (TM) deviennent plus lentes chez la personne âgée. Selon Morgan, Phillips, Bradshaw, Mattingley, Iansek et Bradshaw (1994), cette lenteur s'explique par un trouble de coordination motrice observable autant au niveau des mécanismes périphériques que centraux. Du point de vue périphérique, on dénote une diminution de la force et de la flexibilité venant ainsi altérer la vitesse de préparation et de production d'un mouvement. En comparant des sujets de 26 ans et de 71 ans, McDonagh, White et Davies, (1983) notent que la force musculaire volontaire maximale diminue de 80% pour le fléchisseur du coude et de 59% pour le mollet chez la personne

âgée. Cette situation peut s'expliquer par une réduction de 33% de la masse musculaire après 80 ans (Tzankoff et Norris, 1977). De plus, les problèmes sensoriels des personnes âgées perturbent la coordination entre la main et la vision affectant ainsi la précision des mouvements. Ce problème de perception augmente également la phase d'accélération (par rapport au temps total) lors de l'atteinte d'un objet (Morgan et al., 1994).

Pour ce qui est des mécanismes centraux, plusieurs auteurs (Goggin et Stelmach, 1990 ; Warabi, Noda et Kato, 1986) font état non seulement d'une phase d'initiation déficiente, mais aussi de difficultés à guider le mouvement. Outre le manque de précision, on remarque beaucoup d'hésitation et de mouvements de correction. D'ailleurs, Cooke, Brown et Cunningham (1989) constatent que chez certaines personnes âgées, les mouvements simples sont subdivisés en plusieurs petits sous-mouvements.

### **Atteinte de l'objet sans vision**

L'expérience de Berthier et al. (1996) relatée précédemment a démontré l'importance de la vision dans la phase d'atteinte d'un mouvement de préhension. D'autres études vont dans le même sens en confirmant que la phase de transport de même que la phase de manipulation d'un mouvement de préhension sont affectées dans une condition sans vision. Jackson et al. (1995) ont effectué deux recherches visant à étudier la représentation d'un objet lorsque la vision n'est pas disponible ainsi que les mécanismes impliqués dans sa préhension. Les populations à l'étude étaient des jeunes adultes pour la première recherche, et des personnes âgées saines ou ayant la maladie de Parkinson pour la deuxième étude. La méthodologie utilisée pour les deux recherches était similaire et consistait à atteindre un objet-cible les yeux ouverts et les yeux fermés. Les essais s'effectuaient soit sans distracteur ou en présence de distracteurs médians ou

périphériques. De plus, l'objet pouvait être situé du côté controlatéral ou ipsilatéral par rapport à l'axe central du corps.

Au niveau de l'interférence visuelle, les résultats de la première étude de Jackson et al. (1995) démontrent clairement que la présence de distracteurs nuit à la représentation interne et à l'exécution du mouvement de préhension. Ainsi, au niveau de la composante du transport, on note une diminution marquée de la vitesse maximale de même qu'une augmentation de la durée de la décélération à l'approche de l'objet les yeux fermés. En ce qui concerne la composante de préhension de l'objet, on remarque que la présence de distracteurs a pour effet d'augmenter significativement l'ouverture des doigts et le temps nécessaire pour atteindre l'ouverture maximale. D'autre part, certains résultats s'observent dans les deux études de Jackson et al. (1995). Ainsi, la suppression de la vision lors d'un mouvement de préhension augmente le TM et en particulier la durée de la phase de décélération tout en augmentant l'amplitude de l'ouverture des doigts de l'ensemble des sujets.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que les résultats obtenus pour les essais sans vision dans leur deuxième étude démontrent que les déficits des personnes ayant la maladie de Parkinson concernent exclusivement la phase de transport. Alors que le TM, la vitesse maximale et la durée de la phase de décélération s'avèrent largement affectés, l'ouverture de la main et la latence pour atteindre l'ouverture maximale se comparent aux sujets contrôles. Selon les auteurs, ces résultats constituent une évidence en faveur de l'indépendance entre la phase de transport et celle de préhension.

Bien que Jackson et al. (1995) ne se soient pas intéressés à comparer leur deux recherches, il est tout de même possible d'analyser sommairement la performance des jeunes adultes par rapport aux personnes âgées en santé. Par exemple, la vitesse maximale de la main pour la préhension avec vision est de 1,47 m/s pour les jeunes adultes et de 0,81 m/s pour la personne âgée (pour les conditions sans distracteur, du côté ipsilatéral). Pour ce qui est de la préhension sans vision, la vitesse maximale diminue à 1,40 m/s pour les jeunes adultes et à 0,76 m/s pour la personne âgée. Le calcul de la différence absolue entre la performance des deux groupes pour chacune des conditions démontre que la diminution de la vitesse moyenne sans vision est de 0,07 m/s pour le jeune adulte et de 0,05 m/s pour le sujet âgé. Cette différence s'avère donc négligeable. Pour ce qui est de la différence observée entre la vitesse du jeune adulte et de la personne âgée avec vision, elle s'explique en partie par le fait que ces derniers ont l'habitude de diminuer la vitesse de leur mouvement par souci de précaution dans les activités quotidiennes avec vision. En ce qui a trait aux autres mesures cinématiques, il s'avère difficile d'effectuer des comparaisons puisque les procédures d'analyse utilisées pour les deux recherches sont différentes.

Les données présentées ci-haut de même que l'ensemble des résultats révèlent un ensemble de changements cinématiques plus ou moins importants. Selon les auteurs, ces changements proviennent en grande partie de la perte d'information visuelle mais également d'un dysfonctionnement des processus impliqués dans la mémoire de travail. Toutefois, le protocole utilisé par Jackson et al. (1995) ne nous permet pas de confirmer ces hypothèses.

## Mémoire de travail

La mémoire de travail se définit comme étant un système à plusieurs composantes responsable du maintien et de la manipulation d'informations pendant que le sujet est engagé dans une tâche quelconque. En 1974, Baddeley et Hitch précisent le concept de multi- composantes en instituant un modèle théorique composé de deux sous-systèmes de stockage appelés «esclaves», soit la boucle articulatoire ou phonologique et le calepin visuo-spatial. Alors que la boucle articulatoire permet le maintien et la mise à jour du matériel verbal, le calepin visuo-spatial pour sa part se spécialise dans l'emmagasinage d'informations visuelles et spatiales ainsi que de la formation et la manipulation d'images mentales. Le bon fonctionnement de ces deux systèmes esclaves est supervisé et coordonné par une composante attentionnelle nommée l'administrateur central. Ce système, selon Logie (1995) jouerait un rôle primordial dans la coordination de deux tâches exécutées simultanément.

Bien que de nombreuses recherches se soient attardées à la boucle articulatoire, le calepin visuo-spatial demeure encore peu étudié. L'une des raisons expliquant le peu de recherches sur le sujet provient du fait qu'il est difficile de mettre en place un schème expérimental capable de sonder le fonctionnement de ce sous-système. Brooks a été l'un des premiers à étudier la composante non-verbale de la mémoire de travail à la fin des années soixante (Brooks, 1967, 1968). L'une des recherches de Brooks (1968) consistait à visualiser des déplacements sur une lettre majuscule en trois dimensions.

L'expérimentation avait pour caractéristique d'être de nature verbale ou spatiale selon les consignes données au sujet. Parallèlement à la tâche, des réponses de type verbal ou moteur (pointer une clef) étaient demandées au sujet. L'expérience révèle que le fait de donner une réponse motrice tout en effectuant une tâche de nature spatiale fait chuter la

performance du sujet à cette même tâche. Selon Brooks, cette mauvaise performance est attribuable au fait que les mécanismes responsables de mouvements dirigés vers une cible sont les mêmes que ceux nécessaires à la représentation d'une image.

D'autres auteurs viendront par la suite confirmer l'hypothèse voulant que le matériel spatial, visuel et moteur entre en conflit avec une tâche impliquant le calepin visuo-spatial. Ainsi, Baddeley, Grant, Wight et Thomson (1975) ont remarqué qu'une tâche interférente de poursuite nuit grandement à la réussite de tâches spatiales (et non à des tâches verbales). La recherche de Farmer, Berman et Fletcher (1986) abonde dans le même sens en démontrant qu'une tâche interférente de frappes alternatives sur quatre plaquettes augmente le temps de réponse à des tâches spatiales jugées difficiles. Dans cette étude, un mannequin était présenté au sujet avec un cercle sur une main et un carré sur l'autre main. La tâche consistait à identifier la provenance (droite ou gauche) du cercle ou du carré en appuyant sur un bouton correspondant. La difficulté de la tâche était induite par le déplacement du mannequin dans l'espace. Dans cette étude, le niveau de difficulté provient donc en grande partie du niveau d'attention requis afin de réaliser la tâche. Notons enfin que la tâche interférente de même que la réponse sont de nature motrice et par le fait même susceptibles de créer une interférence. En ce sens, les expérimentateurs auraient eu avantage à dissocier ces deux effets afin de connaître la provenance exacte de l'interférence sur la tâche principale.

Enfin, on peut ajouter que l'efficacité du calepin visuo-spatial se voit grandement amoindrie en présence d'une tâche interférente d'équilibration posturale (Loisy et Roulin, 1992) ainsi que par des mouvements volontaires de la main ou du bras (Quinn et Ralston, 1986 ; Smyth, Pearson et Pendleton, 1988). Il faut donc comprendre que des tâches

interférentes de nature motrice telles la frappe alternative, la poursuite, le pointage et le contrôle postural fassent appel à des processus également impliqués lors du maintien et/ou du rafraîchissement de l'information dans le calepin visuo-spatial, nuisant ainsi à son bon fonctionnement.

### **Mémoire de travail et personne âgée**

Au niveau de la mémoire de travail, les personnes âgées n'auraient aucune difficulté à gérer des informations emmagasinées passivement. Par contre, on retrouve certains déficits lorsqu'il est nécessaire d'encoder de l'information pendant l'exécution d'une tâche. Cette lacune proviendrait d'un mauvais fonctionnement de l'administrateur central (Baddeley, 1986), la composante attentionnelle de la mémoire de travail. En ce sens, l'attention sélective se doit d'être mise en cause pour expliquer ce problème d'encodage. Cette forme d'attention consiste à mettre l'emphase sur un objet-cible tout en négligeant l'environnement de cet objet, il s'agit donc d'inhiber toutes les informations non pertinentes. L'importance de l'attention sélective dans le cadre de l'étude de la mémoire de travail est primordiale puisqu'elle serait un mécanisme essentiel afin de déterminer le contenu de ce type de mémoire. Or, on dénote chez la personne âgée une difficulté à inhiber les informations non pertinentes (Tipper, 1991; Hasher, Stoltzfus, Rypma et Zacks, 1991). Ce déficit serait responsable d'un éventuel dysfonctionnement de la mémoire de travail (et des processus cognitifs qui s'ensuivent) se manifestant par l'intrusion d'informations pouvant distraire et qui nuisent à la réalisation de la tâche en cours.

En ce qui a trait au matériel spatial, la mémoire de travail serait sensible aux effets de l'âge (West, 1986). Salthouse, Kausler et Saults (1988) et Schear et Nebes (1980) ont

étudié la mémoire de travail spatiale chez la personne âgée en leur demandant d'encoder différentes marques sur des carrés quadrillés. Schear et Nebes (1980) remarquent que le déclin observé pour la mémoire spatiale est comparable à celui observé pour la mémoire verbale. Pour leur part, Salthouse et al. (1988) contredisent les résultats de Schear et Nebes (1980) en démontrant que les résultats à des tâches spatiales sont nettement inférieurs à ceux observés pour les tâches verbales. Toutefois, pour les deux types de tâches, les auteurs constatent que l'écart séparant la performance des adultes d'âge moyen de celle des personnes âgées s'avère faible. Smyth et Park (1990) vont dans le même sens en suggérant que l'encodage de matériel visuo-spatial impossible à verbaliser soit légèrement déficitaire pour la personne âgée. Enfin, Hoyer (1990) recense plusieurs travaux sur la mémoire de travail et le matériel visuel. L'auteur en vient à la conclusion que le vieillissement peut altérer la capacité à localiser adéquatement un objet dans l'espace.

Bien qu'il semble que le calepin visuo-spatial soit déficitaire chez la personne âgée, son fonctionnement reste toutefois à être défini de façon plus précise. En ce qui concerne les jeunes adultes, une tendance s'est imposée à l'effet que le mouvement serait en relation étroite avec le calepin visuo-spatial.

### **Calepin visuo-spatial et mouvements**

Quinn et Ralston (1986) furent parmi les premiers à proposer que le mouvement serait impliqué dans l'encodage de matériel spatial. Trois expérimentations ont été nécessaires afin de vérifier l'hypothèse voulant qu'un mouvement incompatible, c'est-à-dire, dirigé dans le sens opposé au matériel à encoder, perturbe l'encodage d'informations spatiales alors qu'un mouvement compatible ou une absence de mouvement n'entraîne

aucun effet notable. En plus de confirmer cette hypothèse, il a été démontré que des mouvements incompatibles passifs ou qui demandent peu d'attention (bien appris) interfèrent aussi avec l'encodage de matériel spatial. Ces résultats tendent donc à démontrer que l'interférence ne provient pas de la composante motrice de l'interférence mais bien de sa composante spatiale. Enfin, Quinn et Ralston (1986) proposent que le mouvement joue un rôle dans l'encodage de matériel spatial.

Dans le même ordre d'idée, Smyth, Pearson et Pendleton (1988) et Smyth et Pendleton (1989, 1990) ont effectué une série de trois recherches visant à éclaircir la relation entre le mouvement et la mémoire de travail. Les expérimentations consistaient pour les sujets soit à regarder un expérimentateur effectuer une séquence de mouvements simples, soit le regarder présenter une séquence de mots ou encore l'observer frapper une séquence de cibles dans l'espace (blocs de Corsi). Les sujets devaient ensuite reproduire les mouvements de l'expérimentateur, rappeler les mots ou encore frapper les cibles spatiales dans le même ordre que l'expérimentateur. Trois tâches interférentes pouvaient s'ajouter dans le protocole, l'une consistait à frapper quatre touches de façon consécutive, une deuxième demandait d'effectuer un mouvement répétitif du bras alors qu'une dernière tâche interférente était de nature verbale. Les résultats démontrent que la tâche d'interférence consistant à effectuer un mouvement du bras répétitif (non dirigé vers une cible) perturbe la performance de reproduction de mouvements simples alors que la tâche d'interférence de pointage affecte la localisation de cibles dans l'espace. Ainsi, les tâches d'interférence spatiale affectent l'empan de cibles spatiales et non l'empan de mouvements simples alors que les tâches de suppression par le mouvement perturbent l'empan de mouvement simple et non l'empan de cibles spatiales. La principale conclusion de ces recherches est que les mouvements dirigés vers une cible diffèrent de la reproduction

d'une séquence de mouvements sans but précis. À la lumière de ces résultats, les auteurs posent l'hypothèse que la reproduction de mouvements du corps n'est pas de nature spatiale et ne concerne nullement le calepin visuo-spatial. D'autant plus que ce type de mouvement n'entre pas en conflit (n'interfère pas) avec les mouvements dirigés vers une cible. Ces mouvements sont donc fonctionnellement et structurellement différents et ne doivent donc pas être confondus en une même entité. A ce titre, les auteurs proposent de créer un troisième sous-système de la mémoire de travail qui serait responsable de l'encodage et la reproduction de mouvements du corps. Les recherches de Smyth et al. démontrent que la planification d'un mouvement peut s'avérer distincte de la représentation de l'objet. Toutefois, lorsque que ce mouvement est dirigé vers une cible, la planification du mouvement interagit avec la représentation spatiale de l'objet.

Les recherches décrites jusqu'à présent supportent donc l'hypothèse que la composante spatiale du calepin visuo-spatial est fortement associée à la planification du mouvement. D'ailleurs, Logie (1995) arrive aussi à cette conclusion et suggère deux nouveaux concepts théoriques concernant la mémoire de travail visuo-spatiale, soit le "visual cache" et le "inner scribe". Le premier sous-système entrepose de façon passive et temporaire les propriétés des objets et des scènes alors que le second est un mécanisme actif de récupération du matériel spatial ayant pour objet la planification et le contrôle du mouvement (Logie, 1995 ; Reisberg et Logie, 1993). Ce schisme dans la conception du calepin visuo-spatial est le résultat de nombreuses recherches tendant à démontrer que la composante visuelle diffère de la composante spatiale. Selon Logie (1995), l'information visuelle réfère aux propriétés d'un objet telle sa forme, sa couleur, sa luminosité alors que l'information spatiale réfère plutôt à la localisation de l'objet dans l'espace. Logie (1995) précise cette dernière définition en spécifiant que la représentation visuelle nécessite un

emmagasinage statique en mémoire de travail tandis que la représentation spatiale nécessite la production de mouvements réels ou imaginés afin d'encoder l'emplacement de différents objets dans l'espace.

Les expériences de Quinn et Ralston (1986) et de Smyth et al. (1988, 1989, 1990) décrites précédemment supportent l'hypothèse que la rétention d'informations spatiales, la rétention du mouvement et la production de mouvements sont reliées entre elles et font appel aux mêmes processus cognitifs. Il est à noter que la relation d'interdépendance entre le mouvement et la représentation spatiale a également été démontrée par des évidences provenant de la neuroanatomie, de la neurophysiologie et par des expériences sur le contrôle du mouvement. Du point de vue neuroanatomique, il appert que les structures impliquées dans le contrôle du mouvement sont similaires à celles de la représentation spatiale. Ainsi, l'hippocampe, le lobe pariétal, la voie dorsale de l'aire visuelle primaire et le lobe occipital seraient des structures communes à ces deux mécanismes (Goodale et Milner, 1992). Par ailleurs, des études neurophysiologiques démontrent que la planification motrice du mouvement est associée à des activités neuronales également impliquées dans la formation de représentation de positions dans l'espace. Dans le même sens, Georgopoulos, Kalaska, Caminiti et Massey (1982, 1983) ont remarqué une certaine activité dans des neurones spécifiques du cortex pariétal de singes lors d'un mouvement dirigé vers une cible. Or, selon Anderson, Essick et Siegel (1987) le cortex pariétal serait responsable de la transformation de l'image rétinienne d'un objet en une représentation de l'objet, en relation avec l'oeil et par conséquent le corps entier. Enfin, des études sur le contrôle du mouvement ont démontré que le programme moteur visant l'atteinte d'un objet est basé sur des informations visuelles précises relatives à l'emplacement de l'objet. Il a été démontré que la trajectoire du bras

vers une cible demeure inchangée même si on ajoute un poids modifiant ainsi les demandes musculaires. Le contrôle moteur utilise donc le feed-back visuel afin de générer une représentation spatiale de la main et du bras en relation avec l'objet-cible.

D'autre part, la recherche de Kohler, Isenberg, Schönle, Inbar et Conrad (1989) s'intéresse tout spécifiquement au rôle de la mémoire de travail visuo-spatiale dans le contrôle d'un mouvement rapide de préhension. De façon plus spécifique, l'objectif de l'étude consiste à déterminer si une détérioration de la représentation de matériel visuo-spatial en mémoire risque de diminuer la précision ou la vitesse d'exécution du mouvement de préhension. Les bases théoriques de Kohler et ses collaborateurs proviennent essentiellement des recherches effectuées sur les niveaux d'organisation des processus visuo-moteurs. Dans un mouvement rapide, dirigé vers une cible, on retrouve un niveau supérieur et un niveau inférieur. Le niveau supérieur suppose que l'information est traité à un niveau cortical alors que le niveau inférieur permet la détection et la correction d'une erreur terminale par une boucle de feed-back périphérique (Megaw, 1974). Selon Jeannerod (1984) et Wing, Turton et Fraser (1986), il est possible d'observer la transition entre ces deux niveaux lors de l'atteinte de la cible. Ainsi, le passage entre le niveau supérieur et le niveau inférieur s'effectue au moment où l'ouverture des mains est à son maximum et que la vitesse diminue (low-velocity phase). Selon Wing et al. (1986), cette phase de faible vitesse est nécessaire en raison de la perte graduelle de la représentation interne des informations en mémoire de travail.

Afin de vérifier cette allégation, Kohler et al. (1989) ont demandé à 19 sujets de saisir et de soulever un petit bloc avec l'index et le pouce aussi rapidement que possible. De plus, les chercheurs ont fait varier le temps séparant la présentation de la cible (bloc)

et l'exécution du mouvement. Les résultats démontrent que le TM augmente significativement lorsque l'intervalle de rétention dépasse 15 secondes. Selon les auteurs, après ce délai, la représentation du matériel visuo-spatial se détériore, influençant ainsi l'exécution du mouvement de préhension. Le temps nécessaire afin d'accéder à des feed-back tactiles et kinesthésiques, pour compenser la perte d'information visuo-spatiale au niveau de la mémoire de travail, provoque l'augmentation du temps de préhension. Il faut donc retenir de cette étude que la représentation de matériel visuo-spatial en mémoire de travail est incapable de remplacer complètement le feed-back visuel lors de l'exécution de mouvements rapides de préhension.

Par ailleurs, la durée de rétention du matériel visuo-spatial en mémoire intéressait également les chercheurs. Les résultats de cette étude soulèvent l'hypothèse que la mémoire de travail visuo-spatiale se détériore plus rapidement après 15 secondes étant donné les changements cinématiques observés au niveau de la main après ce délai. D'autre part, Kohler et al. (1989) relatent une étude de Thomson (1983), dans laquelle des sujets devaient marcher sans vision vers une cible définie préalablement de façon visuelle. Les sujets pouvaient atteindre la cible avec précision dans un délai inférieur à huit secondes après avoir regardé la cible. Selon l'auteur, la valeur critique de huit secondes correspond en fait à la durée maximale de rétention pendant laquelle l'information sur l'emplacement de la cible demeure accessible en mémoire de travail. Il est donc raisonnable de conclure que le délai de rétention de l'information est en relation avec la performance motrice. Au-delà d'un délai critique (pouvant varier entre 8 et 15 secondes), la performance motrice risque d'être avant tout basée sur un programme moteur ne pouvant tenir compte de l'environnement visuo-spatial.

## Encodage et maintien de l'information spatiale

Les études répertoriées précédemment démontrent que le maintien de l'information spatiale semble s'effectuer par des processus moteurs implicites ou explicites. Baddeley (1986) et Baddeley et Lieberman (1980) suggèrent que le maintien de l'information spatiale pourrait également s'effectuer par le mouvement des yeux. Ainsi, le maintien de l'information spatiale pourrait à la fois s'effectuer par des processus moteurs et oculaires, étant donné que l'exécution de ces deux types de tâches en même temps qu'une tâche de mémorisation de matériel spatial amène un déclin de la performance.

D'autre part, la plupart des recherches sur la mémoire de travail introduisent la tâche interférente dès la présentation du matériel à encoder. Cette tâche se poursuit au cours de la phase de maintien et même quelque fois pendant la phase de rappel. Il est donc difficile de déterminer le processus affecté lors d'une chute de performance. Morris (1987) a voulu remédier à cette lacune en variant le début de la tâche interférente. Selon ses résultats, la tâche interférente interfère avec l'encodage et non le maintien de l'information visuo-spatiale puisque la tâche fait appel à des processus attentionnels qui entrent en conflit avec l'administrateur central lors de l'encodage. Lors du maintien, l'interférence n'entrerait pas en conflit avec l'administrateur central ou encore le calepin visuo-spatial. Toutefois, cette conclusion fut contredite entre autre par Smyth et Pelky (1992) qui démontrèrent que le maintien de matériel visuo-spatial est affecté par une interférence spatiale. On sait donc que l'interférence spatiale entre en conflit avec le fonctionnement du calepin visuo-spatial mais on tarde à cibler le processus (encodage ou maintien) qui est alors affecté.

### **Justification du choix de la tâche interférente**

L'étude de la mémoire de travail s'effectue fréquemment par l'évaluation de l'effet de différentes formes d'interférences sur l'encodage, le maintien et la récupération de l'information. Afin de bien répondre aux problématiques qui seront soulevées dans notre étude, le choix du type d'interférence s'avère donc primordial. Or, la principale problématique de cette étude concerne la récupération d'informations encodées dans le calepin visuo-spatial. Ce processus de récupération s'effectuera par la préhension d'un objet dans l'espace, une tâche nécessitant des ressources spatiales et motrices. À ce titre, il a été démontré à plus d'une reprise que l'encodage d'informations est perturbée lors de l'exécution d'une tâche secondaire impliquant les mêmes processus (Baddeley et al, 1975; Brooks, 1968; Farmer et al., 1986; Loisy et Roulin, 1992; Quinn et Ralston, 1986; Smyth et al., 1988). Les tâches interférentes devront donc faire appel à des processus moteurs et spatiaux distincts afin de déterminer laquelle de ces composantes est susceptible d'interférer avec la tâche principale. Il a donc été convenu d'utiliser deux formes d'interférence, la frappe simple et la frappe alternative (Farmer et al., 1986). Le premier type d'interférence, de nature exclusivement motrice, servira de tâche contrôle. La deuxième tâche reproduira les mécanismes moteurs de la première tâche en ajoutant toutefois une composante spatiale. Il sera ainsi possible d'isoler l'effet de la composante spatiale sur la tâche principale.

À ce jour, plusieurs auteurs ont démontré que la frappe alternative contribue à perturber l'encodage, le maintien et la récupération de l'information pour des tâches à caractère spatial telles les blocs de Corsi ou les matrices de Brooks (Farmer et al., 1986 ; Morris, 1987; Salway et Logie, 1995 ; Smyth et al., 1988, 1989, 1990). Étant donné que la frappe alternative nécessite à la fois des ressources spatiales et motrices, il importe

maintenant de spécifier les effets réels de chacune de ces composantes sur des tâches de rétention d'informations spatiales. A cet effet, Smyth (1996) a démontré que la frappe simple n'a aucun effet sur la rétention de matériel spatial contrairement à la frappe alternative. Pour leur part, Quinn et Ralston (1986) démontrent que des mouvements sans frappe peuvent perturber le maintien de l'information spatiale en autant que ceux-ci soient effectués dans une direction opposée à la cible. Il est alors intéressant de noter que les mouvements passifs (qui demandent que très peu de ressources motrices) dirigés dans le sens opposé à la cible perturbent également la représentation spatiale de l'information. De plus, une recherche de Smyth et al. (1989) démontre que le mouvement de fermer et d'ouvrir les mains (sans composante spatiale) n'entraîne pas d'effet sur la tâche de Corsi alors que la frappe alternative produit des effets perturbateurs. Ces résultats tendent donc à démontrer que la composante spatiale de la frappe alternative est la principale responsable des effets causés sur une tâche spatiale plutôt que la composante motrice. Il faut donc comprendre que c'est l'aspect spatial du mouvement qui permet l'encodage et le rafraîchissement de l'information spatiale plutôt que l'aspect moteur de ce mouvement.

Maintenant que la pertinence de l'utilisation des tâches interférentes de frappes a été clarifiée, il importe de déterminer le moment de la mise en place de ces interférences. Certaines études laissent croire qu'il est préférable d'introduire la tâche interférente au début de l'intervalle de rétention. Selon Monnier et Roulin (1994), il est fortement recommandé d'introduire la tâche interférente pendant l'intervalle de rétention et non avant ou pendant la présentation des stimuli. Cette précaution permet de déterminer avec précision le processus cognitif (encodage, rétention ou rappel) affecté par l'interférence.

Enfin, la durée de l'intervalle de rétention, période pendant laquelle l'interférence sera effectuée, séparant la présentation de l'objet et sa saisie, sera déterminée en fonction des recherches antérieures et de la difficulté de la tâche retenue dans le cadre de cette recherche. Dans la littérature, on retrouve des délais variant entre 2 secondes (Jackson et al., 1995) et 15 secondes (Smyth et Pelky, 1992). Étant donné le peu d'information à encoder, le délai de rétention retenu sera de 15 secondes.

### **Objectif de recherche**

L'objectif de ce mémoire consiste avant tout à préciser le fonctionnement du calepin visuo-spatial lors d'un mouvement de saisie sans vision, en étudiant l'impact de diverses formes d'interférences sur la cinématique du mouvement. Il a été démontré que certains types d'interférences, comme la frappe alternative, peuvent nuire à la représentation de matériel visuo-spatial en mémoire chez le jeune adulte, alors que d'autres n'ont aucun effet. En comparant la performance de jeunes adultes à celle de personnes âgées en présence de tâche interférente motrice et spatiale, nous pourrons donc déterminer si la mémoire de travail visuo-spatiale obéit aux mêmes règles lors du vieillissement. Notons, par ailleurs que la sensibilité des instruments de mesure utilisés en cinématique nous renseignera de façon précise sur les effets des interférences lors d'un mouvement de préhension. En effet, les instruments de mesure utilisés dans le cadre de cette étude permettent une évaluation précise des paramètres régissant le mouvement. Nous serons alors en mesure de déterminer si l'utilisation de la mémoire de travail lors de la préhension d'un objet est problématique chez la personne âgée.

## **Hypothèse générale**

Chez la personne âgée, les variables cinématiques d'un mouvement de préhension effectué avec le support de la mémoire de travail seront davantage perturbées.

## **Hypothèses spécifiques**

1. Au niveau de la phase de transport, le TM sera significativement plus long et la vitesse maximale significativement plus petite lors des conditions sans vision, et ce, pour les deux populations. Ces différences, observées entre les conditions avec et sans vision, seront plus importantes chez les personnes âgées.
2. Au niveau de la phase de manipulation, l'ouverture maximale des doigts sera significativement plus élevée et la latence pour atteindre cette ouverture maximale sera significativement plus longue lors des conditions sans vision, et ce, pour les deux populations. Ces différences, observées entre les conditions avec et sans vision, seront plus importantes chez les personnes âgées.
3. La différence des variables cinématiques observée entre les essais sans interférence et les essais avec interférences sera plus grande chez la personne âgée. Pour les deux populations, l'interférence spatiale provoquera une différence plus importante des variables cinématiques que l'interférence motrice.

## CHAPITRE III

### Méthodologie

#### Sujets

Afin de vérifier les hypothèses de recherche, nous avons fait appel à un échantillon de 10 sujets, composé d'un nombre égal de jeunes adultes d'un âge variant entre 22 et 26 ans et de personnes âgées de 70 à 76 ans. Chacun des échantillons était composé de trois hommes et deux femmes. Tous les sujets étaient droitiers.

Le recrutement s'est réalisé principalement au sein des étudiants de l'UQTR pour les cinq jeunes adultes alors que pour les cinq personnes âgées, nous avons eu accès à une liste de sujets du Laboratoire de Neuropsychologie composée de personnes âgées intéressées à participer à des expérimentations. Le choix des sujets s'est effectué non seulement en fonction de l'âge, mais également selon leur état de santé. En ce sens, un questionnaire préliminaire a permis de déceler d'éventuelles pathologies pouvant influencer le mouvement de préhension de même que les processus mnésiques. Ainsi, toutes les personnes souffrant de troubles musculaires ou osseux (fractures), de maladies dégénératives, de troubles de vision sévères (non corrigés par des verres), de difficultés au niveau de la coordination entre les membres ou alors de troubles cognitifs ont été exclues de cette étude.

#### Variables et instruments de mesure

Les variables dépendantes retenues pour cette étude concernent la phase de transport et la phase de manipulation. Pour la phase de transport, le TM, la vitesse maximale au niveau du poignet et la latence pour atteindre la vitesse maximale furent étudiés. En ce qui concerne la phase de manipulation, l'ouverture maximale entre l'index

et le pouce fut analysée tout comme la latence nécessaire pour atteindre cette ouverture maximale. Notons que les latences pour atteindre la vitesse maximale et l'ouverture maximale sont considérées en fonction du temps de mouvement total et exprimées en pourcentage (*latence ÷ temps de mouvement x 100*). Les variables cinématiques du déplacement de l'objet, du pouce, de l'index et du poignet furent obtenues via un système d'analyse du mouvement optoélectrique WATSMART (Waterloo Spatial Motion Analysis Recording Technique) et enregistrées par un ordinateur compatible IBM. Les diodes requises pour mesurer les déplacements du pouce et de l'index étaient montées chacune sur un support de plastique et fixées sur l'ongle, de façon à placer la diode sur le bout du doigt. Une troisième diode était installée sur un support (3 cm de hauteur et 45 ° d'inclinaison) et placée au niveau de l'apophyse styloïde du radius. La fréquence d'enregistrement des diodes était de 200 Hz. Les données des essais retenus étaient alors filtrées à une fréquence de 4 Hz avec un filtre Butterworth de second ordre pour produire les valeurs horizontales (x) et verticales (y) des déplacements. Ces données étaient ensuite différencierées pour obtenir les courbes de vitesse. Il est à noter que, pour les conditions sans vision, des lunettes à cristaux liquides furent utilisées afin de permettre une suppression complète et instantanée de la vision.

L'objet utilisé était de forme rectangulaire ayant des dimensions de 7 cm par 6 cm avec une hauteur de 10 cm. Spécifions de plus que le début du mouvement (lorsque la main quitte la plaque) était enregistré par une plaque de départ électrifiée qui produit une différence de voltage inscrite sur une entrée analogique. Le début du soulèvement de l'objet correspondait au moment où la vitesse de l'objet augmente significativement (par rapport à 0) dans la composante verticale. De cette façon, il fut possible de déterminer le TM entre le début du mouvement et le soulèvement de l'objet. En ce qui a trait à la tâche

interférente spatiale de frappes alternatives, celle-ci s'effectuait sur quatre plaques aimantées. Il était possible de vérifier si le rythme est adéquat et de détecter d'éventuelles omissions par la création et la rupture successive du champ magnétique entre la plaque aimantée et un aimant disposé sur le majeur du sujet. La tâche motrice était pour sa part exécutée sur une des plaques de métal de la tâche spatiale.

### Procédure

Dans le cadre de cette étude, les sujets devaient atteindre, saisir et soulever, avec ou sans vision, un objet situé à différents emplacements. L'objet pouvait se retrouver à dix emplacements différents, lesquels étaient disposés en deux demi-cercles de rayon de 20 cm et de 30 cm (Figure 2). L'espacement entre les emplacements était de 14 cm et de 19.5 cm.

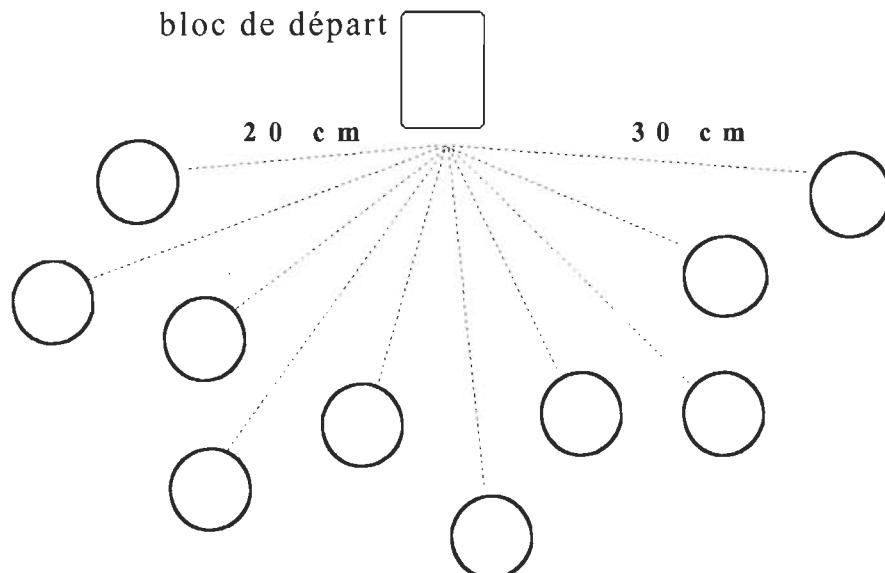


Figure 2. Configuration des différents emplacements de la cible.

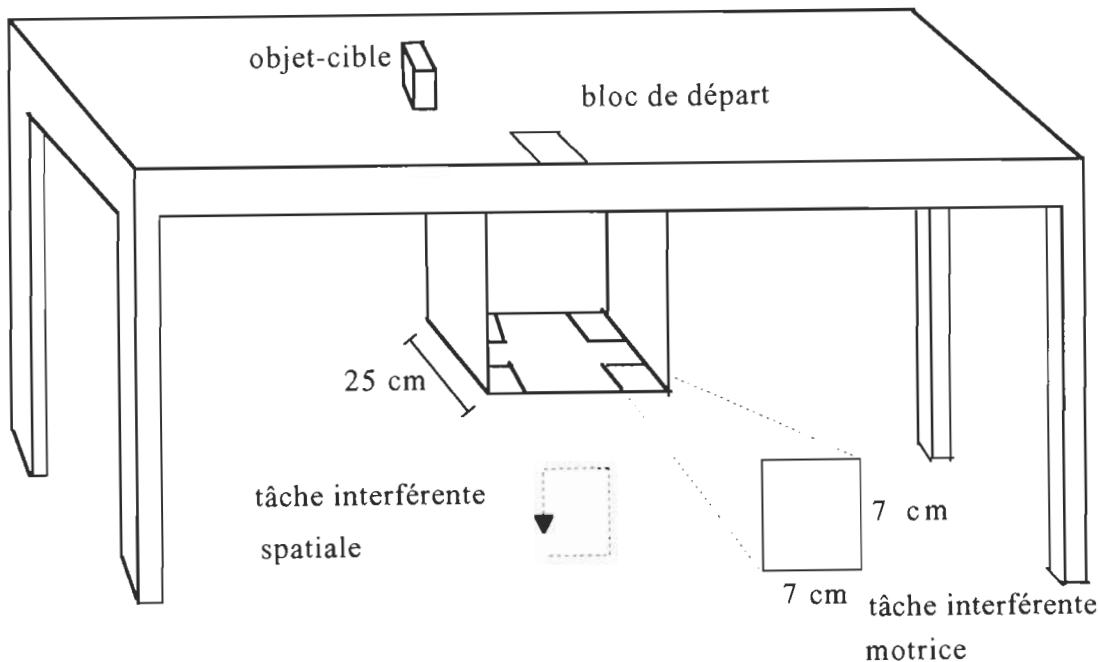


Figure 3. Appareillage servant aux tâches interférentes

Après avoir informé le sujet de la tâche à effectuer, ce dernier avait un essai de 15 secondes afin de se familiariser à la tâche interférente spatiale. Par la suite, chacun des essais débutait par la présentation de l'objet pendant 3 secondes. Un signal sonore émanant de l'ordinateur indiquait le début de l'intervalle de rétention de 15 secondes et de l'interférence (s'il y a lieu). Un second signal sonore mettait fin à l'intervalle de rétention et à l'interférence, le sujet devait alors immédiatement débuter la saisie de l'objet. Notons que chaque sujet devait saisir l'objet à 70 reprises, soit 30 essais avec vision et 40 essais sans vision (Figure 4). Pour chacune des conditions, 10 essais étaient effectués sans interférence, 10 essais avec interférence motrice et 10 essais avec interférence spatiale. Ces trois conditions se réalisaient avec et sans vision et l'ordre de présentation de celles-ci variait d'un sujet à l'autre. Toutefois, les essais avec vision précédaient toujours les essais sans vision. De plus, 10 essais étaient réalisés sans vision et sans intervalle de rétention.

Ce bloc d'essais consistait à saisir l'objet immédiatement après la présentation de l'objet et avait pour but de déterminer l'effet de la présence ou non d'un intervalle de rétention sur la préhension et éventuellement sur la mémoire de travail des sujets. Pour chacune des conditions, les dix essais correspondaient à dix emplacements différents. L'ordre de présentation de ces positions était déterminé de façon aléatoire pour chacun des sujets.

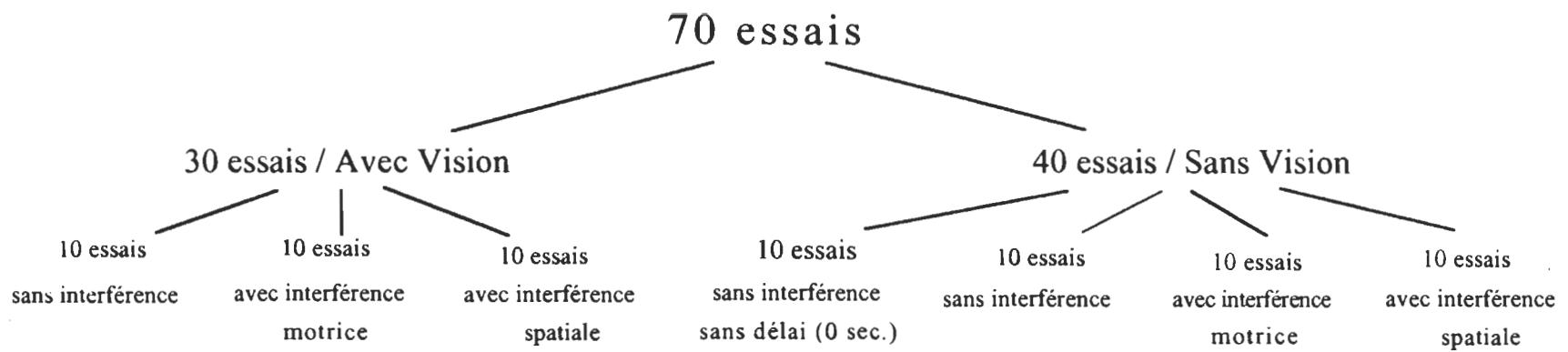


Figure 4. Répartition des essais.

## CHAPITRE IV

### Résultats

#### Analyse des données

Pour les fins de cette étude, trois variables dépendantes principales furent étudiées, soit le TM, la vitesse maximale et l'ouverture maximale. Pour chacune de ces variables, les moyennes et les écarts-type de chacun des groupes ont été analysés. De plus, pour la vitesse maximale et l'ouverture maximale, les latences pour atteindre ces valeurs maximales ont été considérées.

L'étude de l'ensemble de ces variables s'est effectuée dans un premier temps à l'aide d'une analyse de variance (ANAVAR) de type A X B avec mesures répétées sur le dernier facteur. La variable indépendante A représente les deux groupes d'âge (A1; jeune, A2 ; âgé) et la variable indépendante B constitue chacun des niveaux d'interférence et de vision combinés présent lors de l'expérimentation (Vision -Sans interférence (V-SI), Vision- Interférence motrice (V-IM), Vision - Interférence spatiale (V-IS), Sans vision - Sans interférence (SV-SI), Sans vision - Interférence motrice (SV-IM), Sans vision - Interférence spatiale (SV-IS), Sans vision - Sans interférence - Sans délai (SV-SD)).

Par la suite, nous avons effectué le premier contraste d'une série de quatre contrastes afin de vérifier l'effet de la suppression de la vision sur les différentes variables dépendantes. Afin de vérifier la significativité de ces quatre contrastes, nous avons utilisé le test-t selon Dunn-Sidak, unilatéral, avec un seuil d'erreur fixé à 0,05. Ce type d'analyse à priori a le double avantage d'être robuste et d'être suffisamment sensible, le cas échéant, pour détecter les différences significatives. L'augmentation de la puissance statistique permise par ce type d'analyse rend donc possible la vérification des différentes

hypothèses de recherche énoncées précédemment. En ce sens, la moyenne des trois conditions avec vision fut comparée à la moyenne des trois conditions sans vision, avec délai. Ensuite, nous avons effectué trois contrastes supplémentaires en utilisant comme condition de base la condition sans vision, sans interférence, avec délai (condition sans interférence). Afin de vérifier nos hypothèses, nous avons d'abord comparé cette condition avec la condition d'interférence motrice sans vision, avec délai (condition motrice), puis avec la condition d'interférence spatiale sans vision, avec délai (condition spatiale). Par la suite, nous avons comparé la condition sans interférence avec la condition sans délai, sans vision. Il est à noter que les contrastes retenus dans le cadre de cette étude ont été effectués pour chaque groupe d'âge.

## Résultats

### Temps de mouvement

Notons d'abord que le TM a été normalisé selon la formule  $t-k (\log) \times 100$  où k est une constante correspondant à une valeur minimale. Le but de cette opération était de rendre la distribution des TM plus symétrique. Le TM normalisé des deux groupes d'âge à chacune des sept conditions est présenté à la Figure 5. Les jeunes ont un TM moyen pour l'ensemble des conditions de 288,46 ms alors que cette valeur se situe à 278,91 ms chez les personnes âgées. L'ANAVAR pour le facteur *groupe* et l'interaction *groupe x condition* s'avèrent non-significatives. Pour ce qui est du facteur *condition*, on dénote pour le TM un effet significatif ( $F(1,8) = 13,10, p < 0,01$ ). Cet effet s'explique en partie par le fait que les latences des conditions sans vision (avec délai) sont significativement supérieures à celles des conditions avec vision, et ce autant pour les jeunes adultes ( $tDS(8) = 3,59, p < 0,01$ ) que les personnes âgées ( $tDS(8) = 3,28, p < 0,01$ ). Ces résultats

supportent l'hypothèse voulant que la suppression de la vision provoque une augmentation du TM.

Au niveau de l'interférence chez les jeunes adultes, on ne remarque pas de différences significatives d'une part entre la condition sans interférence et la condition motrice ( $tDS(8) = -0,11$ , n.s.), et d'autre part entre la condition sans interférence et la condition spatiale ( $tDS(8) = 0,06$ , n.s.). Chez les personnes âgées, il n'existe pas de différence significative entre la condition sans interférence et la condition motrice ( $tDS(8) = 1,40$ , n.s.). Par contre, on remarque une différence significative entre la condition sans interférence et la condition spatiale ( $tDS(8) = 3,00$ ,  $p < 0,01$ ). Ces résultats supportent l'hypothèse voulant que l'interférence spatiale affecte davantage la performance des personnes âgées que l'interférence motrice ou l'absence d'interférence.

Un contraste supplémentaire a été effectué entre la condition sans interférence et la condition sans délai. Ainsi, l'addition d'un délai n'amène pas de changement significatif chez les jeunes ( $tDS(8) = 1,52$ , n.s.) alors que l'on remarque un changement significatif chez les personnes âgées ( $tDS(8) = 2,78$ ,  $p < 0,05$ ). Ces résultats supportent donc l'hypothèse voulant que la présence d'un délai augmente le temps de mouvement chez les personnes âgées.

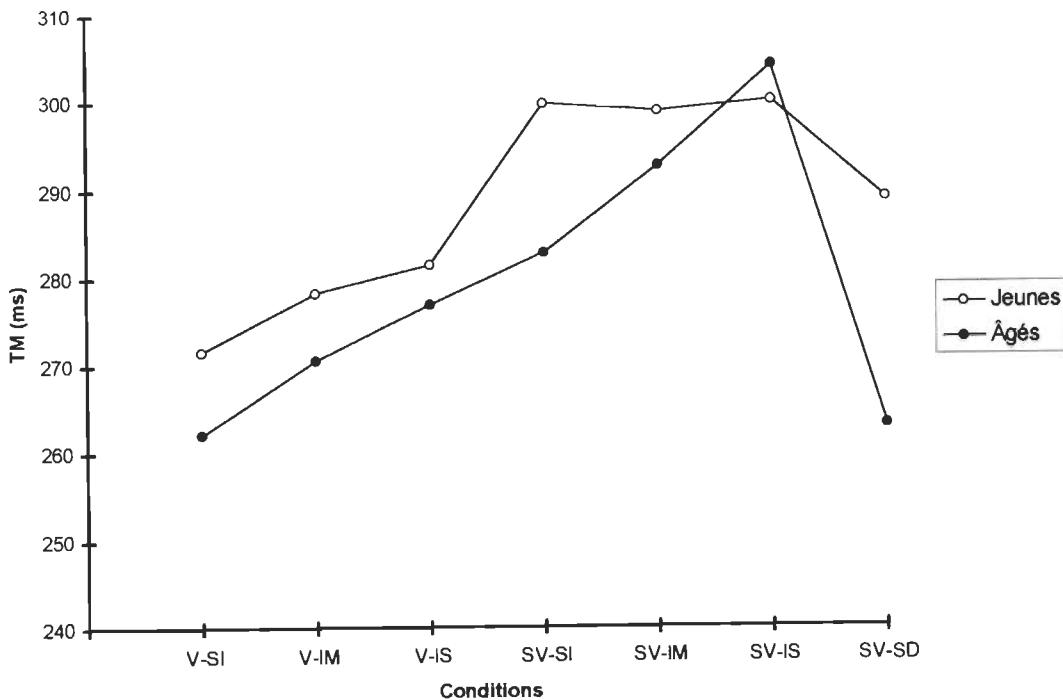


Figure 5. Temps de mouvement moyens des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions.

Au niveau des écarts-type du TM, l'ANAVAR effectuée pour le facteur *groupe* et l'interaction *groupe x condition* sont non-significatives. Toutefois, on retrouve un effet significatif au niveau du facteur *condition* ( $F(1,8) = 5,47$ ,  $p < 0,01$ ). Les contrastes effectués entre les essais avec et sans vision indiquent une variabilité élevée pour les personnes âgées lors de conditions sans vision ( $tDS(8) = 2,80$ ,  $p < 0,05$ ). Cette différence ne s'observe pas chez les jeunes adultes ( $tDS(8) = 1,64$ , n.s.). De plus, on observe un écart-type pratiquement deux fois plus élevé pour la condition spatiale chez les personnes âgées en comparaison aux jeunes adultes alors que pour les deux autres conditions, on ne dénote pas des différences aussi marquées (Figure 6). En ce qui concerne le contraste au niveau du délai, aucun effet significatif n'est remarqué.

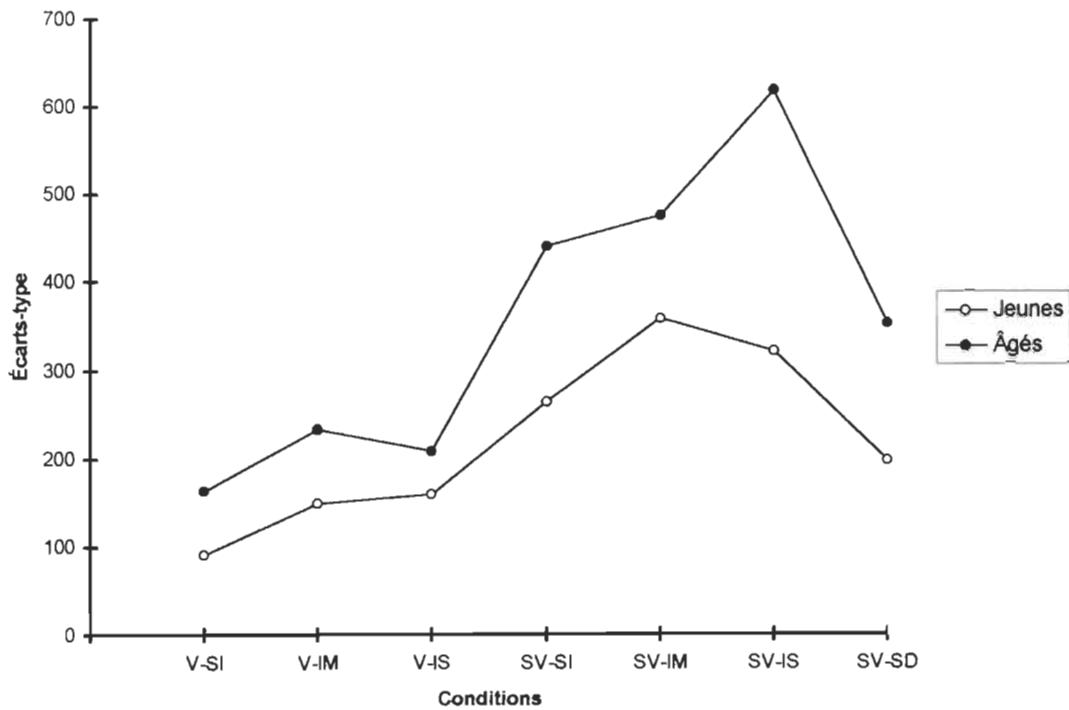


Figure 6. Écarts-type moyens du temps de mouvement des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions.

### Vitesse maximale

La Figure 7 présente les moyennes des vitesses maximales des deux groupes d'âge pour chacune des conditions. Pour l'ensemble des conditions, la vitesse maximale se situe en moyenne à 518,92 millimètres par seconde pour les jeunes et à 478,56 m/s pour les personnes âgées. L'analyse de variance pour le facteur *groupe* et l'interaction *groupe* *x condition* sont non-significatives. Par contre, on dénote un effet de conditions ( $F(1,8)=4,07$ ,  $p<0,01$ ). Les différentes analyses effectuées entre les conditions avec et sans vision de même qu'entre les conditions d'interférence ne révèlent aucun effet significatif, et ce pour chacun des groupes. L'hypothèse stipulant que la vitesse maximale diminue significativement lors de la présence d'interférence spatiale n'est donc pas confirmée.

Toutefois, au niveau du contraste entre la condition sans interférence avec délai et la condition sans délai, on dénote une différence significative chez les personnes âgées ( $tDS(8)=2,94, p<0,01$ ) alors que cette différence est inexistante chez les jeunes ( $tDS(8)=1,08, n.s.$ ). Ces résultats confirment donc l'hypothèse voulant que la présence d'un délai provoque une diminution significative de la vitesse maximale des sujets âgés et non des jeunes adultes.

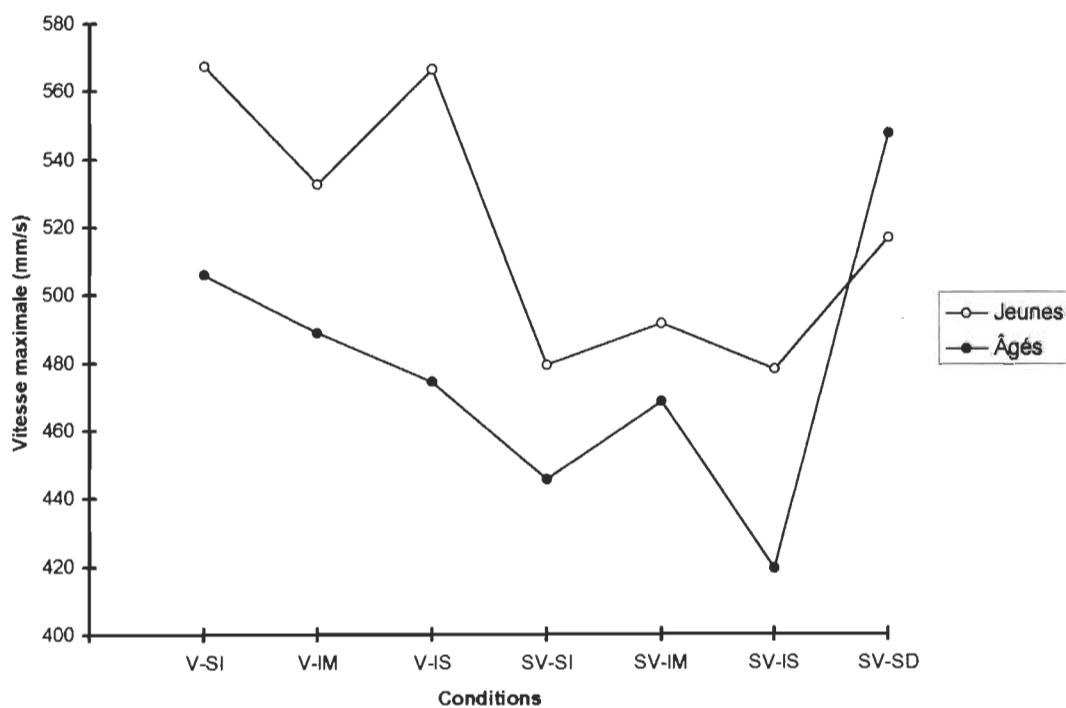


Figure 7. Vitesses maximales moyennes des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions.

Les analyses statistiques effectuées au niveau des écarts-type de la vitesse maximale ne démontrent aucun effet significatif. Enfin, pour ce qui est de la latence pour atteindre la vitesse maximale telle qu'illustrée à la Figure 8, le facteur *groupe* et l'interaction *groupe x condition* de l'ANAVAR sont également non-significatifs. Par

contre, un effet de conditions significatif est observé ( $F (1,8) = 28,40, p<0,01$ ).

L'analyse des contrastes nous révèle que la vitesse maximale à l'approche de l'objet est atteinte beaucoup plus tardivement avec vision par rapport à sans vision autant chez les jeunes ( $tDS(8) = 6,01, p<0,01$ ) que chez les sujets âgés ( $tDS(8)= 4,38, p<0,01$ ).

En ce qui a trait aux effets d'interférence, les comparaisons a priori ne révèlent aucun effet significatif entre les conditions sans interférence et interférence motrice ( $tDS(8)= -0,26, n.s.$ ) et entre les conditions sans interférence et interférence spatiale ( $tDS(8) = 0,34, n.s.$ ) chez les jeunes adultes. Chez les personnes âgées, toutefois, on remarque que la vitesse maximale est atteinte plus rapidement lors de la condition motrice ( $tDS(8) =2,53, p<0,05$ ) et lors de la condition spatiale ( $tDS(8)= 3,22, p<0,01$ ) et ce, par rapport à la condition sans interférence. Enfin, il appert que l'ajout d'un délai ne modifie pas le moment d'atteinte de la vitesse maximale, et ce, autant chez les jeunes adultes que chez les personnes âgées.

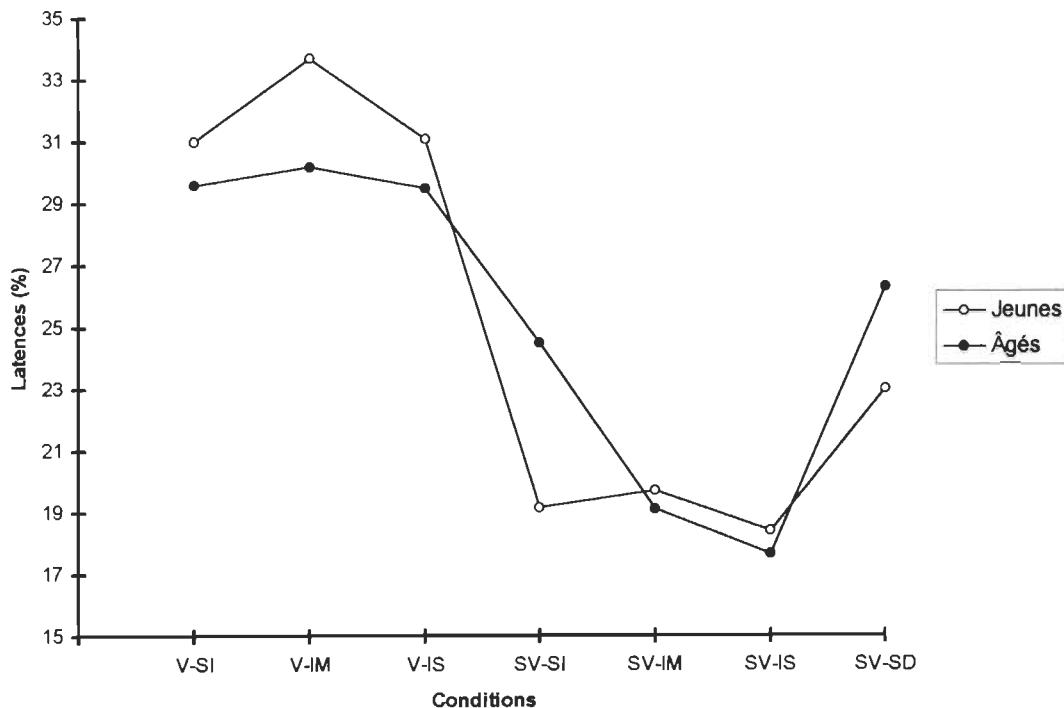


Figure 8. Latences pour atteindre la vitesse maximale chez les jeunes adultes et chez les personnes âgées pour chacune des conditions.

### Ouverture maximale

L'ouverture maximale est en moyenne de 89.6 millimètres chez les personnes âgées et de 86.3 millimètres chez les jeunes adultes. La Figure 9 présente l'ouverture des doigts pour chacune des conditions et pour chacun des groupes d'âge. L'ANAVAR révèle que le facteur *groupe* est non significatif mais que l'interaction *groupe x condition* ( $F(1,8) = 3,23$ ,  $p<0,01$ ) l'est. Les tests-t selon Dunn-Sidak précisent cette relation en démontrant d'une part, que les conditions avec vision ne diffèrent pas des conditions sans vision (avec délai) chez les jeunes ( $tDS(8) = -0,63$ , n.s.) contrairement aux personnes âgées qui ouvrent leurs doigts plus grands lors des conditions sans vision ( $tDS(8)= 2,57$ ,  $p< 0,05$ ).

Ces résultats confirment l'hypothèse de recherche stipulant que l'ouverture des doigts est plus grande chez les personnes âgées lors de la préhension d'objet sans vision.

L'ANAVAR révèle également un effet de conditions pour l'ouverture maximale ( $F(1,8) = 2,30$ ,  $p<0,5$ ). Bien que l'on retrouve une tendance favorable, on ne retrouve toutefois pas de contraste significatif au niveau de l'interférence. Il nous est donc impossible de confirmer l'hypothèse de recherche pour cette variable. Il en est de même pour le contraste effectué au niveau du délai.

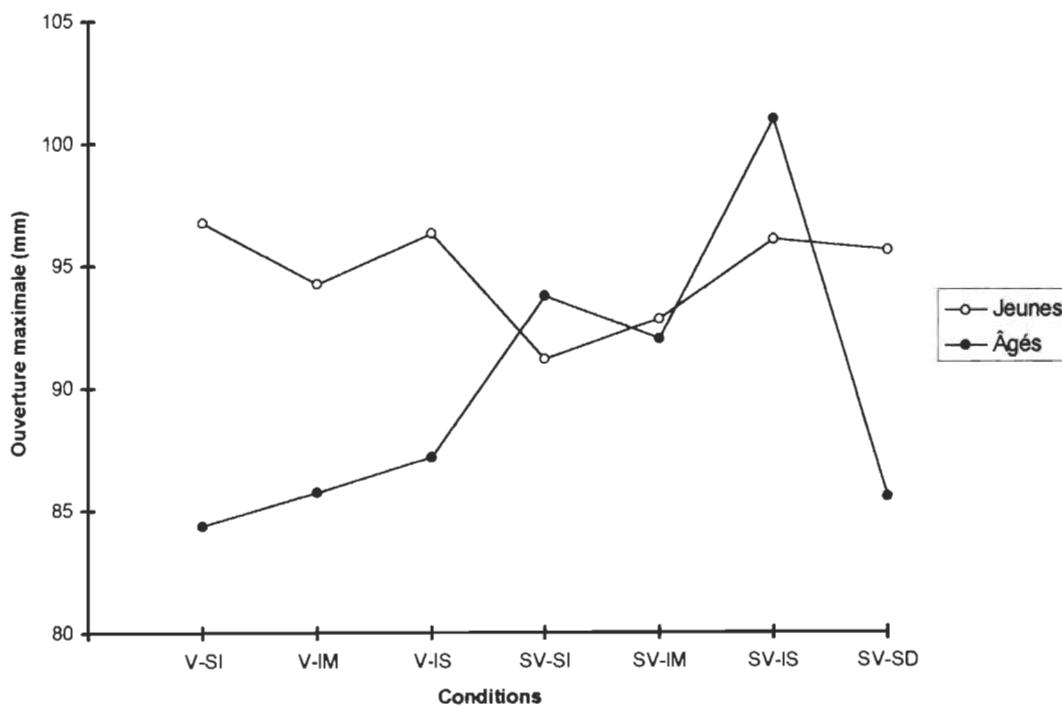


Figure 9. Ouverture maximale des doigts des jeunes adultes et des personnes âgées pour chacune des conditions.

Au niveau de l'écart-type de l'ouverture maximale, l'ensemble des analyses statistiques effectuées pour cette variable ne relèvent aucun effet significatif. Enfin, en ce qui concerne la latence pour atteindre l'ouverture maximale (Figure 9), les jeunes adultes atteignent une ouverture maximale de leurs doigts à 29,07 % de la durée totale de la phase d'atteinte alors que les personnes âgées atteignent cette ouverture maximale légèrement plus tôt à 28,39 %. L'ANAVAR pour le facteur *groupe* et l'interaction *groupe*  $\times$  *condition* est non-significative. Cette même analyse démontre toutefois un effet de conditions ( $F(1,8) = 6,34$ ,  $p<0,01$ ) qui provient en grande partie de la différence entre les essais sans vision et avec vision. Ainsi les jeunes adultes de même que les personnes âgées parviennent à une ouverture maximale plus hâtivement lorsque la vision est disponible. Par contre, l'effet de vision s'avère significatif uniquement chez les jeunes adultes ( $tDS(8) = 3,36$ ,  $p<0,01$ ) et non chez les personnes âgées ( $tDS(8)= 1,52$ , n.s.). Les contrastes effectués entre la condition sans interférence et les conditions motrice et spatiale se sont avérés non-significatifs , et ce pour les deux groupes d'âge. L'hypothèse stipulant que l'interférence spatiale entraîne une augmentation de l'ouverture maximale est infirmée. Par ailleurs, la présence d'un délai n'affecte pas significativement la performance des jeunes adultes ou des personnes âgées. Ces résultats ne permettent donc pas de confirmer notre hypothèse pour cette variable.

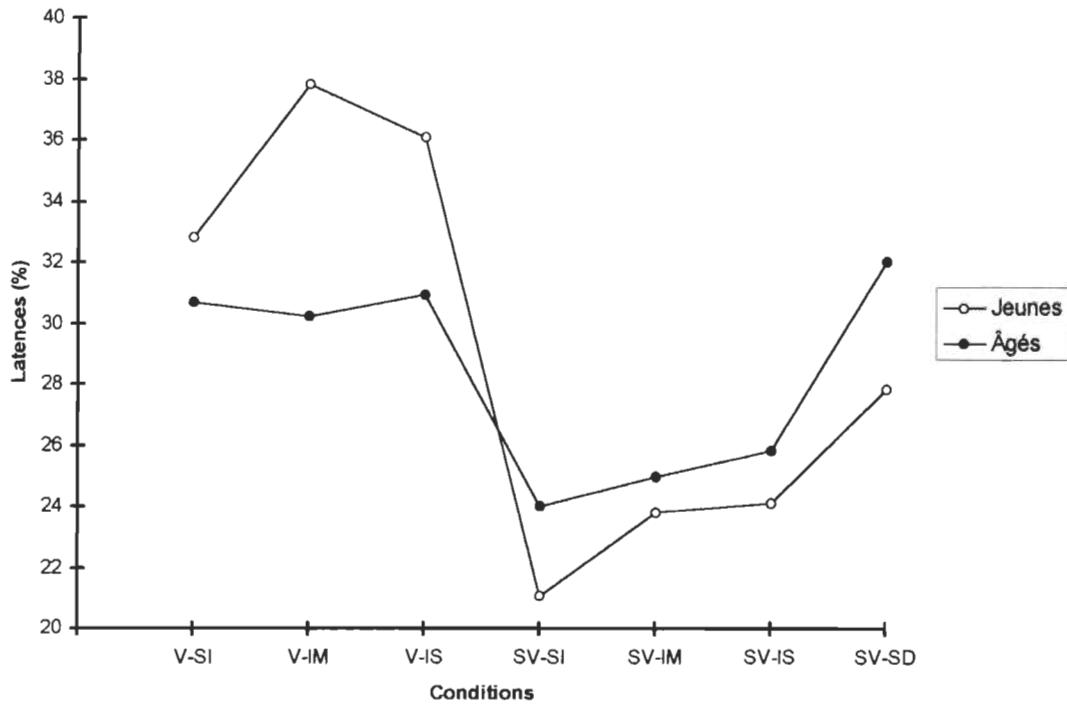


Figure 10. Latences pour atteindre l'ouverture maximale chez les jeunes adultes et chez les personnes âgées pour chacune des conditions.

La Figure 11 illustre la différence entre la latence pour atteindre l'ouverture maximale et la latence pour atteindre la vitesse maximale chez les jeunes adultes et les personnes âgées pour chacune des conditions. Les données de la Figure 10 sont donc simplement soustraîtes aux données de la Figure 9. Par exemple, pour la condition spatiale, la Figure 11 démontre que l'atteinte de l'ouverture maximale est survenue environ 8% plus tard que la vitesse maximale chez les personnes âgées et environ 5,5 % plus tard chez les jeunes adultes. Notons que ces données sont fournies à titre descriptif puisqu'elles n'ont fait l'objet d'aucune analyse statistique.

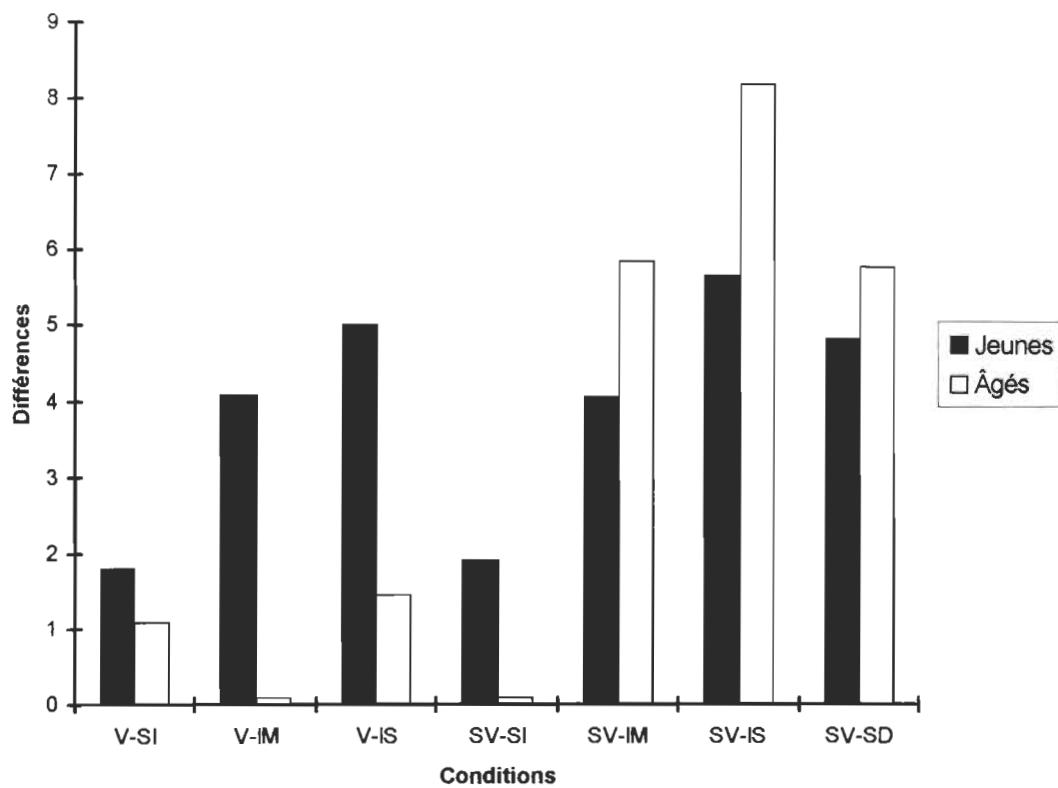


Figure 11. Différences entre les latences pour atteindre l'ouverture maximale et les latences pour atteindre la vitesse maximale chez les jeunes adultes et les personnes âgées pour chacune des conditions.

## CHAPITRE V

### Discussion

L'objectif premier de cette étude est d'analyser le rôle de la mémoire de travail et de façon plus spécifique du calepin visuo-spatial dans un mouvement de préhension effectué sans vision. Compte tenu des difficultés de la personne âgée au niveau du calepin visuo-spatial (Hoyer, 1990 ; Salthouse et al. 1988 ; Smyth et Park, 1990 ; West, 1986), nous avons voulu vérifier l'impact de ces difficultés au niveau de leur mouvement de préhension. Afin de répondre à ces objectifs, les résultats obtenus au niveau du TM, de la vitesse maximale et de l'ouverture maximale des jeunes et des personnes âgées seront discutés en fonction de la définition même du calepin visuo-spatial. Une attention particulière sera portée sur l'influence probable de l'interférence spatiale et du délai de rétention sur la représentation de l'information en mémoire de travail.

#### **Mémoire de travail et temps de mouvement**

On constate tel que prévu que la suppression de la vision augmente le TM autant chez les jeunes que chez les personnes âgées. Toutefois, le profil des trois conditions de base sans vision diffère d'un groupe à l'autre. Alors que le TM est stable pour chacune des conditions sans vision chez les jeunes, on remarque des changements significatifs entre la condition sans interférence et la condition spatiale chez la personne âgée. Les personnes âgées sont donc sensibles à la présence d'une interférence spatiale contrairement aux jeunes adultes. De plus, il est particulièrement intéressant de noter que l'interférence motrice n'affecte pas de façon significative les personnes âgées. Ces résultats nous permettent donc de statuer que ce n'est pas le fait de bouger un membre qui modifie la performance des personnes âgées mais le fait de déplacer ce membre vers un

emplacement précis. Étant donné que ce type de variable n'affecte que les personnes âgées, nous pouvons déjà nous questionner sur la provenance de cette particularité. Serait-ce une déficience au niveau du calepin visuo-spatial tel que stipulé dans nos objectifs de recherche? Une partie de la réponse réside dans le contraste effectué au niveau du délai. On sait que le TM augmente significativement chez les personnes âgées (et non chez les jeunes) lorsqu'on ajoute un délai de 15 secondes. Ainsi, l'augmentation du TM chez les personnes âgées semble provenir d'une combinaison de deux facteurs, soit la présence d'un délai et d'une interférence de nature spatiale. Or, si l'on se réfère à la définition du calepin visuo-spatial, il est stipulé que ce sous-système est responsable de la rétention de matériel visuo-spatial pendant une période de temps définie (Baddeley et Hitch, 1974). Au regard de cette définition, le fonctionnement du calepin chez la personne âgée semble donc déficitaire puisque cette dernière a de la difficulté à retenir l'information au delà d'un certain délai, surtout lorsqu'une interférence spatiale perturbe le maintien. De plus, la présence d'une interférence spatiale nuit au bon fonctionnement du calepin (Baddeley et al., 1975 ; Farmer et al., 1986 ; Quinn et Ralston, 1986 ; Logie, 1995). À la lumière de ces résultats, il devient clair que le calepin visuo-spatial est impliqué dans le mouvement de préhension sans vision et que sa difficulté à gérer l'information spatiale chez la personne âgée entraîne une augmentation du TM.

Dans le cadre de cette étude, l'accomplissement d'un mouvement de préhension dirigé vers une cible pour la condition spatiale semble demander une période de temps prolongée pour les personnes âgées puisque l'interférence spatiale interfère avec la rétention de matériel spatial en mémoire de travail. Comment expliquer alors que l'interférence n'affecte pas la performance des jeunes adultes? Contrairement aux personnes âgées, les jeunes adultes ne sont pas affectés par la présence d'un délai, ce qui

signifie que la trace mnésique du matériel encodé ne se détériore pas en deçà d'un seuil de 15 secondes. Il leur est donc plus facile de composer avec l'interférence spatiale puisque la trace mnésique de l'objet demeure bien présente.

D'autre part, il est essentiel d'aborder les problèmes attentionnels des personnes âgées en situation de double-tâche. Il a été fait mention précédemment que les personnes âgées avaient de la difficulté à encoder de l'information alors qu'elles doivent effectuer deux tâches simultanément (Baddeley, 1986). Dans le cadre de cette étude, la tâche interférente débutait seulement après la présentation de l'objet. Les sujets avaient donc la possibilité d'encoder l'emplacement de l'objet sans interférence. Par ailleurs, il importe de déterminer si la chute de performance des personnes âgées pour la condition expérimentale provient de difficultés à effectuer deux tâches pendant la phase de maintien ou à un déficit spécifique du calepin visuo-spatial. Étant donné que l'on dénote une chute de la performance simplement en ajoutant un délai, alors qu'il n'y a pas de situation de double-tâche, tout porte à croire que le déclin de la performance proviendrait plutôt d'un trouble au niveau du calepin visuo-spatial. De plus, les essais effectués lors de la condition d'interférence motrice n'ont pas causé d'augmentation significative du TM, alors que ces essais obéissaient également à un protocole de double-tâche. Toutefois, il est possible que l'ajout d'une composante spatiale à l'interférence motrice augmente la difficulté de la tâche interférente causant par le fait même une perturbation du fonctionnement de l'administrateur central. Selon Logie (1995), ce système est responsable de la coordination de deux tâches effectuées simultanément. Ainsi, en présence d'interférence motrice, l'administrateur n'aurait pas de difficulté à partager l'attention entre la tâche principale et la tâche interférente, puisque cette dernière demande peu d'attention en raison de sa simplicité, contrairement à l'interférence spatiale. Dans ce

contexte, la performance des personnes âgées pourrait être tributaire à la fois d'un déficit au niveau du calepin visuo-spatial et de l'administrateur central. Quoiqu'il en soit, il faut savoir que l'administrateur central est responsable du bon fonctionnement des deux esclaves dont le calepin visuo-spatial. Ainsi, l'interférence spatiale aura nécessairement un impact direct ou indirect sur le bon fonctionnement du calepin visuo-spatial.

### **Mémoire de travail et vitesse maximale**

L'étude des données sur la vitesse maximale nous permettra de préciser les théories déjà avancées avec l'étude du TM. En ce qui concerne le contraste des conditions avec délai et sans délai, les résultats confirment ceux du TM en démontrant un effet significatif chez les personnes âgées. Ainsi, la présence d'un délai amène une diminution marquée de la vitesse maximale chez les personnes âgées et non chez les jeunes adultes. Toutefois, on remarque que chez les personnes âgées, la condition sans vision - sans délai révèle une vitesse maximale supérieure aux conditions avec vision. Cette vitesse excessive se reflète au niveau du TM des personnes âgées alors que celui-ci est fortement inférieur au TM des jeunes adultes (voir Figures 5 et 7). Ce phénomène peut s'expliquer par la crainte de la personne âgée de perdre la trace mnésique de l'objet. Afin de préserver cette trace mnésique, la personne âgée augmente donc sa vitesse pour exécuter le mouvement le plus rapidement possible. Une deuxième hypothèse à la fois alternative et complémentaire à la première s'articule autour du concept de mémoire iconique. Ce type de processus permettrait à un sujet ayant été privé de sa vision de conserver une trace visuelle (icon) d'un objet pendant environ 250 millisecondes (Fortin et Rousseau, 1989). Il est à remarquer que chez les personnes âgées, le TM pour la condition sans délai correspond sensiblement à la durée de l'icon (250ms). Il apparaît alors fort probable que les personnes âgées ajustent leurs TM en fonction de la durée de

l'icon. Ces dernières seraient particulièrement dépendantes de la mémoire iconique étant donné leurs difficultés au niveau du maintien d'un objet.

En ce qui a trait aux six conditions de base, on remarque à la Figure 6 un déclin progressif de la vitesse maximale pour la plupart des conditions de base chez les personnes âgées alors que la vitesse maximale est à son minimum pour la condition avec interférence spatiale. Bien que l'on ne retrouve pas de différences significatives entre la condition sans interférence et la condition spatiale, ce profil tend à confirmer plutôt qu'infirmer les hypothèses avancées précédemment à l'effet que l'interférence spatiale perturbe le fonctionnement du calepin visuo-spatial chez la personne âgée. Par ailleurs, la Figure 7 indique que la vitesse maximale des personnes âgées est inférieure à celle des jeunes adultes pour les six conditions de base. Notons simplement que cette lenteur généralisée aux conditions avec et sans vision peut être attribuable à des déficits à la fois centraux (Goggin et Stelmach, 1990 ; Cooke et al., 1989 ; Warabi et al., 1986) et périphériques (Morgan et al., 1994 ; McDonagh et al., 1983 ; Tzankoff et Norris, 1977) tels qu'observés chez la personne âgée par plusieurs auteurs.

Par ailleurs, les données sur les latences pour atteindre la vitesse maximale révèlent que l'ensemble des sujets atteignent la vitesse maximale plus tôt lors des conditions sans vision. Ces résultats concordent avec ceux de Berthier et al. (1996) qui avaient noté qu'une diminution de l'information visuelle entraîne une atteinte plus rapide de la vitesse maximale. La disponibilité du feed-back visuel lors de la phase de transport influence donc le moment d'atteinte de la vitesse maximale. Or, il semble que la qualité de la trace mnésique agit dans le même sens. En effet, le moment pour atteindre la vitesse maximale, chez les personnes âgées, est influencé par la présence d'interférence

spatiale. Contrairement aux TM, la présence d'interférence motrice influence également la variable à l'étude. Toutefois, il importe de spécifier que l'impact de l'interférence motrice est plus faible que l'impact de l'interférence spatiale. Si l'on accepte que la trace mnésique soit détériorée chez la personne âgée en raison de l'interférence spatiale, il est normal alors que les sujets âgés aient tendance à maintenir une vitesse maximale plus faible et atteindre cette vitesse plus tôt puisqu'ils ignorent la position exacte de l'objet.

### **Mémoire de travail et ouverture maximale**

Les deux études de Jackson et al. (1995) démontrent que la saisie d'un objet sans vision nécessite une ouverture maximale plus grande. Comme il était prévu, on observe ce profil chez la personne âgée alors que l'ouverture maximale est significativement plus grande sans vision. Par contre, chez les jeunes adultes, l'ouverture maximale demeure stable pour l'ensemble des conditions. Toutefois, au niveau du moment de saisie de l'objet, on remarque de fortes différences entre les essais avec et sans vision chez les jeunes adultes alors que chez les personnes âgées, le profil tend à demeurer stable. Ainsi, la suppression de la vision amène des changements différents pour chacun des deux groupes à l'étude. Ces deux stratégies différentes d'ouverture des doigts trouvent une explication dans la représentation interne de l'information. L'analyse des données du TM et de la vitesse laisse supposer que cette représentation des informations en mémoire de travail est davantage perturbée chez les personnes âgées par rapport aux jeunes. Dans cette perspective, la raison pour laquelle les jeunes adultes ouvrent significativement plus rapidement leurs doigts sans vision n'est sûrement pas en lien avec la représentation interne des informations spatiales mais simplement en réaction à la suppression de leur vision. Sans vision, les jeunes préfèrent atteindre l'ouverture maximale hâtivement plutôt que d'ouvrir leurs doigts plus grands, car la trace mnésique qu'ils conservent de l'objet est

suffisamment adéquate pour qu'une ouverture plus grande soit inutile. Or, les personnes âgées ouvrent leurs doigts significativement plus grands pour les conditions sans vision puisque la trace mnésique de l'objet est inadéquate. En ce sens, l'ouverture des doigts semble un critère d'évaluation de la mémoire de travail plus valide que le moment d'ouverture des doigts.

Au niveau de l'interférence, on remarque une fois de plus à la Figure 9 une tendance bien définie (mais non significative) alors que l'interférence spatiale provoque une ouverture maximale beaucoup plus élevée que l'interférence motrice ou l'absence d'interférence chez la personne âgée (et non chez le jeune adulte). La détérioration de la trace mnésique amène donc la personne âgée à ouvrir ses doigts davantage pour pallier au manque d'information disponible quant à la position exacte de l'objet.

Par ailleurs, on constate que la présence d'un délai n'affecte pas de façon significative la personne âgée que ce soit au niveau de l'ouverture maximale ou de la latence pour atteindre cette ouverture maximale. Toutefois, la tendance observée au niveau des Figures 9 et 10 tend une fois de plus à confirmer plutôt qu'infirmer les données précédemment présentées sur l'influence du délai. Par contre, l'ensemble des données obtenues au niveau de l'ouverture des doigts tend à démontrer que cette variable cinématique ne s'avère pas un aussi bon indicateur du fonctionnement du calepin visuo-spatial que le TM et la vitesse maximale.

D'autre part, on sait déjà que la vitesse et l'ouverture sont modulées comme un tout alors que l'ouverture maximale est atteinte peu de temps après la vitesse maximale (Jeannerod, 1988). Dans le cadre de cette étude, il est alors particulièrement intéressant

de vérifier si cette symétrie demeure la même en présence d'interférences ou de délais.

La Figure 11 illustre la différence entre les latences pour atteindre la vitesse maximale et l'ouverture maximale. Ainsi, on remarque que la personne âgée atteint l'ouverture maximale environ 8% plus tard pour la condition d'interférence spatiale sans vision alors que l'écart se situe à environ 1,5 % pour cette même condition avec vision. Le modèle où la vitesse et l'ouverture évoluent en synergie est un modèle idéal. Lorsque l'écart entre les deux types d'atteintes s'élargit, il faut alors comprendre que l'on s'éloigne de ce modèle idéal. Dans ce cas, la différence observée pour les conditions d'interférence spatiale est probablement le reflet d'une mauvaise trace mnésique. De plus, contrairement à la personne âgée, on ne remarque pas chez le jeune adulte de fortes différences entre les écarts des conditions avec vision et ceux des conditions sans vision.

### **Mémoire de travail et cinématique**

L'ensemble des variables cinématiques étudiées précédemment démontre que la performance cinématique des sujets âgés est dictée d'une part par le type d'interférence présente lors de l'encodage et d'autre part par le délai séparant la présentation de l'objet et sa saisie. Au niveau de la performance des jeunes adultes, la présence à la fois d'un délai ou d'une interférence motrice ou spatiale n'entraîne aucun effet notoire. Les seuls effets significatifs observés auprès de cette population concernent, comme il était prévu, la présence ou non de vision.

Il appert donc que les différents changements cinématiques observés sont le reflet d'une mauvaise représentation en mémoire des informations spatiales. Il reste à déterminer si ce dysfonctionnement origine de l'encodage de l'information spatiale, de son maintien ou de son rappel. D'abord, au niveau de l'encodage, on a fait état d'une

amélioration de la performance lorsque le sujet n'a pas à maintenir l'information (condition sans délai). Cette bonne performance laisse supposer que les informations ont été bien encodées. Pourtant, plusieurs études laissent supposer que l'encodage est affecté chez la personne âgée. En fait, il faut savoir que les tâches utilisées dans ces expérimentations étaient beaucoup plus complexes et difficiles à encoder. Par exemple, dans l'étude de Morris (1987), les sujets devaient retenir la position de cinq cercles sur une feuille sans repère tout en frappant des boutons dans une séquence prédéterminée. Selon Monnier et Roulin (1994), le mauvais encodage des sujets pour cette étude s'explique non pas par un déficit au niveau des processus d'encodage mais simplement par la trop grande complexité de la tâche. Dans le cadre de la présente étude, la simplicité du matériel à encoder et le fait que l'interférence se limitait à la phase de maintien ne nous permettent pas de statuer sur l'absence de déficit au niveau de l'encodage chez la personne âgée.

La présence d'interférence spatiale pendant la phase de maintien affecte significativement le TM et la latence pour atteindre la vitesse maximale chez la personne âgée alors que la vitesse maximale et l'ouverture maximale constituent les valeurs extrêmes pour cette population. Ces résultats paraissent amplement suffisants pour statuer qu'il est difficile de maintenir une représentation interne fidèle des informations spatiales en présence d'interférences à caractère spatial chez la personne âgée. Même en l'absence de tels résultats chez les jeunes adultes, nous persistons à croire que l'interférence spatiale interfère avec le fonctionnement du calepin visuo-spatial. L'extrême simplicité du matériel à encoder nous porte à croire que les jeunes adultes ont su conserver la trace mnésique de l'objet en dépit de l'interférence spatiale, elle-même fort simple. À cet effet, la littérature démontre qu'une tâche de mémorisation spatiale ou

d'interférence plus complexe aurait provoqué des résultats différents chez les jeunes adultes (Farmer et al. 1986).

Enfin, il a été démontré à maintes reprises dans la littérature que le mouvement entre en conflit avec le fonctionnement du calepin visuo-spatial (Baddeley et al., 1975 ; Brooks, 1967, 1968 ; Farmer et al., 1986 ; Quinn et Ralston, 1986 ; Smyth et Pearson, 1988). À ce titre, cette étude avait pour objectif secondaire de confirmer que l'interférence provient de l'aspect spatial du mouvement et non de l'aspect strictement moteur. La procédure expérimentale avait donc pour but de dissocier les effets de l'interférence motrice par rapport à l'interférence spatiale. Les résultats ont démontré que l'interférence impliquant un déplacement de la main vers différents emplacements (interférence spatiale) provoque une chute de la performance plus prononcée que l'interférence strictement motrice.

### **Forces et faiblesses de l'étude**

Il a été mentionné précédemment que la tâche principale de préhension et les tâches interférentes ont été conçues pour être excessivement simples afin de déterminer le rôle exact de la mémoire et afin de minimiser les processus attentionnels. Ainsi, le simple fait de mémoriser l'emplacement d'un seul objet est suffisant pour créer des effets observables au niveau des principales variables. À ce titre, l'utilisation de la cinématique s'avère un atout intéressant pour ce type d'étude où l'évaluation de la tâche par des simples critères d'atteinte ou non de l'objet est inadéquat. En effet, dans le cadre de notre étude, l'ensemble des cibles ont été atteintes, ce qui correspondrait pour certaines études à un résultat parfait. Ainsi, les variables cinématiques utilisées dans le cadre de cette étude nous ont permis de cerner plusieurs phénomènes intéressants utiles à la compréhension de

la mémoire de travail, phénomènes qui n'auraient pas pu être cernés sans la cinématique. Cette nouvelle perspective de la mémoire de travail nous a permis d'éclaircir certains changements cinématiques observables lors d'un mouvement de préhension effectué sans vision (spécifiquement chez la personne âgée).

D'un autre côté, la présente recherche a fait appel à un nombre relativement restreint de sujets. Le temps nécessaire à l'analyse des variables cinématiques nous a obligés à restreindre le nombre de sujets. Malgré cela, il faut garder à l'esprit que les données cinématiques fournissent une précision que les recherches conventionnelles sur la mémoire de travail ne possèdent pas. Par contre, le nombre de sujets restreints a provoqué un manque évident de puissance statistique. De plus, l'étude des écarts-type nous démontre une variabilité accrue pour les personnes âgées. Dans ces conditions, le choix des analyses statistiques que l'on pouvait effectuer était limité.

## CHAPITRE VI

### Conclusion

Les valeurs cinématiques obtenues au cours de cette étude ont pu mettre en relief deux résultats importants. Premièrement, le maintien de l'information est déficitaire chez la personne âgée. En effet, on remarque plusieurs changements cinématiques après un délai de rétention de 15 secondes. Deuxièmement, le maintien de l'information spatiale devient encore plus ardu chez la personne âgée lorsqu'on introduit une interférence de nature spatiale pendant ce maintien.

Les changements qui nous ont permis de tracer un portrait du fonctionnement du calepin visuo-spatial concernent surtout le TM et la vitesse maximale. L'ouverture maximale a été considérée comme un indicateur du fonctionnement du calepin visuo-spatial peu fiable. Chez la personne âgée, on a pu remarquer que le TM et la vitesse maximale sont affectés par un délai de rétention. Par contre, en aucun moment, les jeunes adultes sont affectés par le délai. Au niveau de l'interférence, il a été démontré que l'interférence spatiale influence de façon significative à la fois le TM et le moment pour atteindre la vitesse maximale. Une fois de plus, les jeunes ne sont en aucun moment affectés par la présence d'interférence. La raison pour laquelle la performance cinématique des jeunes n'est pas affectée s'explique par l'effet combiné de l'absence de déficit connu au niveau du maintien de matériel spatial chez cette population et par la relative simplicité du matériel à encoder.

À la lumière de ces données, on comprend mieux l'impact des paramètres mnésiques dans le contrôle du mouvement de préhension sans vision chez les jeunes adultes et les personnes âgées. Ainsi, le fonctionnement déficitaire du calepin visuo-

spatial chez la personne âgée a provoqué une augmentation de la difficulté de ces sujets à saisir un objet sans vision. En effet, bien que les sujets aient réussi à saisir l'ensemble des objets au cours de l'expérimentation, l'analyse cinématique des données confirme tout de même la présence de déficits. La cinématique peut donc s'avérer un outil fort intéressant afin de révéler des changements qui seraient difficilement décelables par des méthodes classiques d'analyse de la mémoire de travail. À cet égard, la procédure privilégiée se voulait réduite à son expression la plus simple possible afin de mettre à jour ces différences. L'analyse cinématique peut fournir des informations jusqu'à maintenant insoupçonnées ou inexplorées sur la mémoire mais également dans le vaste domaine de la psychologie expérimentale. L'alliance de ces deux domaines ne peut qu'être bénéfique. Il reste maintenant à développer les moyens pour actualiser cette alliance.

Cette étude nous a permis de répondre à plusieurs de nos interrogations de départ mais plusieurs questions restent sans réponses. Dans l'avenir, il serait intéressant de répéter le protocole expérimental de cette étude en variant certains paramètres. D'abord, nous avons proposé que l'absence de changements significatifs, chez le jeune adulte au niveau des conditions avec délai et avec interférence, provenait de la facilité des tâches à accomplir. Afin de confirmer cette hypothèse, il serait possible de complexifier la tâche principale et/ou les tâches secondaires afin de vérifier si la performance des jeunes adultes rejoindrait alors celle observée chez les personnes âgées.

De plus, il serait intéressant de varier le délai de rétention afin de connaître le moment où la trace mnésique commence à s'effriter. Par ailleurs, on pourrait également varier le moment où la tâche interférente est introduite afin de vérifier les effets différentiels sur l'encodage, le maintien et le rappel de l'information. Spécifiquement au

niveau du rappel, il serait pertinent de connaître l'effet d'un mouvement d'atteinte sur la représentation d'informations spatiales. Pour ce faire, il suffirait de varier le type de rappel. Mais avant tout, il serait fort intéressant de répéter l'expérience avec un échantillon de sujets plus grand pour augmenter la puissance statistique.

## RÉFÉRENCES

- Anderson, R.A., Essick, G. et Siegel, R.M. (1987). Neural mechanisms of motor. Equivalence and goal achievement. In S.P. Wise (Ed.), Higher Brain Functions : Recent Explorations of the Brain's Emergent Properties, pp.15-43. New York : Wiley.
- Baddeley, A.D. (1986). Working memory. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D., Grant, S., Wight, E. et Thomas, N. (1975). Imagery and visual working memory. In P.M.A. Rabbit et Dornic (Eds.), Attention and Performance V (pp. 205-217). London: Academic Press.
- Baddeley, A.D. et Hitch, G. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), Recent advances in learning and motivation, 8 (pp.47-90). New-York: Academic Press.
- Baddeley, A.D., et Liberman, K. (1980). Spatial working memory. In R. Nickerson (Ed.) Attention and Performance VIII (pp.521-539). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Berthier, N.E., Clifton, R.K., Vijaykumar, G., McCall, D.D. et Robin, D.J. (1996). Visual information and object size in the control of reaching. Journal of Motor Behavior, 28(3), 187-197.
- Brooks, L.R. (1967). The suppression of visualisation by reading. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 19, 289-299.
- Brooks, L.R. (1968). Spatial and verbal components in the act of recall. Canadian Journal of Psychology, 22, 349-368.
- Cooke, D., Brown, S.H. et Cunningham, D.A. (1989). Kinematics of arm movements in elderly humans. Neurobiology of Aging, 10, 159-165.
- Farmer, E.W., Berman, V.F., Fletcher, Y.L. (1986). Evidence for a visuo-spatial scratch-pad working memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 38A, 675-688.
- Fischman, M.G. et Schneider, T. (1985). Skill level, vision, and proprioception in simple one-hand catching. Journal of Motor Behavior, 17(2), 219-229.
- Fortin, C. et Rousseau, R. (1989). Psychologie cognitive: Une approche de traitement de l'information. Sillery, Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Georgopoulos, A.P., Kalaska, J.F., Caminiti, R. et Massey, J.T. (1982). On the relations between the direction of two-dimensional arm movements and cell discharge in primate motor cortex. Journal of Neuroscience, 2, 1527-1537.

- Georgopoulos, A.P., Kalaska, J.F., Caminiti, R. et Massey, J.T. (1983). Spatial coding of movement direction by motor cortical populations. In J. Massion, J. Paillard, W. Schultz et M. Wiesendanger (Eds), Neural coding of motor performance. Experimental Brain Research Supplement, 7, 327-336.
- Gogin, N.L. et Stelmach, G.E. (1990). Age-related deficits cognitive-motor skills. In Lovelace, E.A. (Ed.), Aging and Cognition: Mental Processus, Self awareness and interventions, (pp. 135-155). Amsterdam : North-Holland.
- Goodale, M.A. et Milner, A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. Trends in Neuroscience, 15(1), 20-25.
- Hasher, L., Stoltzfus, E.R., Rypma, B. et Zacks, R.T. (1991). Age and inhibition. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 17(1), 163-169.
- Hoyer, W.J. (1990). Levels of knowledge utilization in visual information processing. In T.M. Hess (Ed.), Aging and cognition : Knowledge organization and utilization (pp. 387-409). Amsterdam : North-Holland
- Jackson, S.R., Jackson, G.M. et Rosicky, J. (1995). Are non-relevant objects represented in working memory? The effect of non-target objects on reach and grasp kinematics. Experimental Brain Research, 102, 519-530.
- Jackson, S.R., Jackson, G.M., Harrison, J., Henderson, L. et Kennard, C. (1995). The internal control of action and parkinson's disease: A kinematic analysis of visually-guided and memory-guided prehension movements. Experimental Brain Research, 105, 147-162.
- Jeannerod, M. (1984). The timing of natural prehension movements. Journal of Motor Behavior, 16, 235-254.
- Jeannerod, M. (1988). The neural and behavioural organization of goal-directed movements. Londres: Oxford Science Publications.
- Johansson, R.S. (1991). How is grasping modified by somatosensory input? In D.R. Humphrey et H.J., Freund (Eds.), Motor control : Concepts and issues, New York: Wiley.
- Kohler, J., Isenberg, C., Schönle, P.W., Inbar, G.F. et Conrad, B. (1989). The role of short-term visuo-spatial memory in control of rapid multi-joint prehensive movements. European Archives of Psychiatry and Neurological Sciences, 238, 189-195.
- Logie, R.H. (1995). Visuo-spatial working memory. Hove: L. Erlbaum.
- Loisy, C. et Roulin, J.L. (1992). Multiple short-term storage in working memory: A new experimental approach. The Fifth Conference of the European Society for Cognitive Psychology, Paris.
- Lovelace, E.A. (1989). Vision and kinesthesia in accuracy of hand movement. Perceptual and Motor Skills, 68, 707-714.

- Lovelace, E.A. et Aikens, J.E. (1990). Vision, kinesthesia, and control of hand movement by young and old adults. Perceptual and Motor Skills, 70, 1131-1137.
- McDonagh, M.J.N., White, M.J. et Davies, C.T.M. (1983). Different effects of aging on the mechanical properties of human arm and leg muscles. Gerontology, 30, 49-54.
- Megaw, E.D. (1974). Possible modification to a rapid on-going movements. Journal of Motor Behavior, 16, 235-254.
- Monnier, C. et Roulin, J.L. (1994). À la recherche du calepin visuo-spatial en mémoire de travail. L'Année Psychologique, 94, 425-460.
- Morgan, M., Phillips, J.G., Bradshaw, J.L., Mattingley, J.B., Iansek, R. et Bradshaw, J.A. (1994). Age-related motor slowness: simply strategic. Journal of Gerontology, 49(3), M133-M139.
- Morris, N. (1987). Exploring the visuo-spatial scratch pad. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 39A, 409-430.
- Quinn, J.G. et Ralston, G.E. (1986). Movement and attention in visual working memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 38A, 689-703.
- Reisberg, D. et Logie, R. (1993). The ins and outs of working memory : Overcoming the limits on learning from imagery. In B. Boskos-Ewoldson, M.J. Intons-Peterson et R.E. Anderson (Eds.), Imagery, creativity, and discovery: A cognitive perspective (pp.39-76). Amsterdam : North-Holland.
- Salthouse, T.A., Kausler, D.H. et Saults, J.S. (1988). Utilization of path analytic procedures to investigate the role of processing resources in cognitive aging. Psychology and Aging, 3, 158-166.
- Salway, F.S. et Logie, R.H. (1995). Visuospatial working memory, movement control and executive demands. British Journal of Psychology, 86, 253-269.
- Schear, J.M. et Nebes, R.D. (1980). Memory for spatial and verbal information as a function of age. Experimental Aging Research, 6(3), 271-281.
- Smyth, A.D. et Park, D.C. (1990). Adult age differences in memory for pictures and images. In E.A. Lovelace (Ed.), Aging and cognition: Mental Processes, Self Awareness and Interventions (pp.69-96). Amsterdam: North-Holland.
- Smyth, M.M. (1996). Interference with rehearsal in spatial working memory in the absence of eye movements. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49A(4), 940-949.
- Smyth, M.M., Pearson, N.A. et Pendleton, L.R. (1988). Movement and working memory: Patterns and positions in space. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 40A(3), 497-514.
- Smyth, M.M. et Pelky, P. (1992). Short term retention of spatial information. British Journal of Psychology, 83, 359-374.

- Smyth, M.M. et Pendleton, L.R. (1989). Working memory for movements. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 41A, (2), 235-250.
- Smyth, M.M. et Pendleton, L.R. (1990). Space and movement in working memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 42A(2), 291-304.
- Thomson, J.A. (1983). Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion? Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9, 427-443.
- Tipper, S.P. (1991). Less attentional selectivity as a result of declining inhibition in older adults. Bulletin of Psychonomic Society, 29(1), 45-47.
- Tzankoff, S.P. et Norris, A.H. (1977). Effect of muscle mass decrease on age related BMR changes. Journal of Applied Physiology, 216, 15-17.
- Warabi, T, Noda, H. et Kato, T. (1986). Effect of aging on sensorimotor functions of eye and hand movements. Experimental Neurology, 92, 686-697.
- West, R.L. (1986) Everyday memory and aging. Developmental Neuropsychology, 2, 323-344.
- Wing, A.M., Turton, A., Fraser, C.(1986). Grasp size and accuracy of approach in reaching. Journal of Motor Behavior, 18, 24-260.