

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LE MODULE TACTILE DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL ET
L'INFLUENCE DE LA CONDITION VISUELLE SUR SON DÉVELOPPEMENT

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
ROBERT VIAU

SEPTEMBRE 1999

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier messieurs Peter Scherzer et Henri Cohen, directeur et codirecteur de thèse, pour leur supervision de ce travail. Je remercie également madame Sophie Chantal pour son impeccable travail comme assistante de recherche. Je tiens à souligner la contribution de madame Ginette Lamarche, conseillère et responsable de la section Intégration des personnes handicapées de l'Université du Québec à Montréal, qui a bien voulu mettre à ma disposition les ressources de son service pour ce projet.

J'aimerais aussi remercier madame Francine Baril pour l'aide qu'elle m'a apportée dans la recherche de l'information disponible au centre de documentation de l'I.N.L.B., ainsi que madame Danielle Lessard, optométriste à l'I.N.L.B., qui a collaboré à l'analyse des rapports optométriques et ophtalmologiques des sujets dans les expérimentations. Finalement, je remercie mon épouse Josée, ainsi que tous ceux et celles qui, de près ou de loin, m'ont soutenu dans cette entreprise.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| LISTE DES TABLEAUX | i |
| LISTE DES FIGURES | iv |
| RÉSUMÉ | v |
| INTRODUCTION | 1 |
| PREMIÈRE PARTIE | 4 |
| CHAPITRE I | 4 |
| LE CONTEXTE THÉORIQUE | 4 |
| 1.1 Introduction | 4 |
| 1.2 Le modèle de la mémoire de travail (MT) | 7 |
| 1.2.1 La boucle articulatoire | 8 |
| 1.2.2 La tablette visuo-spatiale | 9 |
| 1.2.3 L'administrateur central | 10 |
| 1.3 La perception haptique | 12 |
| 1.4 La mémoire tactile | 16 |
| 1.4.1 La récapitulation | 17 |
| 1.4.2 La tablette visuo-spatiale et la mémoire tactile | 17 |
| 1.4.3 Les fonctions verbale et spatiale tactiles | 22 |

| | |
|--|----|
| 1.5 La représentation en mémoire de l'information..... | 26 |
| 1.5.1 L'imagerie mentale | 27 |
| 1.5.2 Diminution graduelle de l'imagerie visuelle..... | 27 |
| 1.5.3 Changements dans les représentations internes d'objets..... | 29 |
| 1.6 Les hypothèses de recherche | 30 |
| | |
| CHAPITRE II | 32 |
| | |
| MÉTHODOLOGIE..... | 32 |
| 2.1 Sujets | 32 |
| 2.2 Les tâches..... | 36 |
| 2.2.1 La tâche d'empan de chiffres | 36 |
| 2.2.2 La tâche d'empan visuel..... | 36 |
| 2.2.3 La tâche d'empan tactile | 37 |
| 2.3 Équipement et procédure | 38 |
| 2.3.1 Équipement | 38 |
| 2.3.2 La tâche d'empan de chiffres | 39 |
| 2.3.3 La tâche d'empan visuel..... | 39 |
| 2.3.4 La tâche d'empan tactile | 39 |
| | |
| CHAPITRE III | 41 |
| | |
| RÉSULTATS | 41 |
| 3.1 Les comparaisons des caractéristiques descriptives relatives aux quatre groupes | 43 |
| 3.2 L'efficacité de la tâche de suppression articulaire..... | 44 |
| 3.3 Le groupe FV et la tâche d'empan visuel..... | 45 |
| 3.4 La tâche d'empan tactile sans suppression articulaire | 46 |

| | |
|---|--------|
| 3.5 La tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire | 47 |
| 3.6 Cécité congénitale et cécité acquise | 53 |
| 3.7 Performances à l'empan tactile et visuel en condition de suppression articulatoire | 54 |
| CHAPITRE IV | 57 |
| DISCUSSION | 57 |
| 4.1 L'existence de la tablette tactile chez les sujets aveugles | 57 |
| 4.2 L'influence de la condition visuelle | 61 |
| 4.3 L'effet de la covariable empan de chiffres | 65 |
| DEUXIÈME PARTIE | 70 |
| CHAPITRE V | 70 |
| LE CONTEXTE THÉORIQUE | 70 |
| 5.1 Introduction | 70 |
| 5.2 Les évidences de la nature spatiale du braille | 71 |
| 5.3 L'interférence sélective | 74 |
| CHAPITRE VI | 80 |
| MÉTHODOLOGIE | 80 |
| 6.1 Sujets | 80 |
| 6.2 Les tâches | 83 |
| 6.2.1 La tâche d'empan de lettres braille | 83 |
| 6.2.2 Les tâches concurrentes | 84 |
| 6.3 Équipements et procédure | 89 |
| 6.3.1 Équipements | 89 |
| 6.3.2 Procédure | 89 |

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE VII..... | 91 |
| RÉSULTATS | 91 |
| CHAPITRE VIII..... | 96 |
| DISCUSSION..... | 96 |
| CHAPITRE IX..... | 100 |
| DISCUSSION GÉNÉRALE..... | 100 |
| 9.1 Les effets comportementaux | 101 |
| 9.2 Les effets physiologiques | 103 |
| 9.3 Privation visuelle chez l'humain..... | 105 |
| 9.4 Une réorganisation fonctionnelle du cerveau différente ? | 107 |
| 9.5 Recherches futures sur la mémoire de travail | 113 |
| CONCLUSION GÉNÉRALE | 116 |
| RÉFÉRENCES..... | 120 |
| ANNEXE 1 | |
| RAPPORTS DE VISION DES SUJETS FONCTIONNELLEMENT AVEUGLES..... | 136 |
| ANNEXE 2 | |
| RAPPORTS DE VISION DES SUJETS | 148 |
| ANNEXE 3 | |
| FORMULAIRE D'AUTORISATION DE L'INSTITUT NAZARETH ET LOUIS-BRAILLE..... | 160 |

| | |
|--|-----|
| ANNEXE 4 | |
| STIMULI COMPOSANT LA TÂCHE D'EMPAN VISUEL | 162 |
| | |
| ANNEXE 5 | |
| STIMULI COMPOSANT LA TÂCHE D'EMPAN TACTILE | 164 |
| | |
| ANNEXE 6 | |
| L'AFFICHEUR BRAILLE | 166 |
| | |
| ANNEXE 7 | |
| RAPPORTS DE VISION DES SUJETS FONCTIONNELLEMENT AVEUGLES | |
| DEUXIÈME ÉTUDE | 168 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 2.1 | |
| Description des participants fonctionnellement aveugles (FA)..... | 34 |
| Tableau 2.2 | |
| Description des participants fonctionnellement voyants (FV)..... | 35 |
| Tableau 3.1 | |
| Performances des 4 groupes à l'empan de chiffres..... | 44 |
| Tableau 3.2 | |
| Performances des groupes CASA et CSSA à la tâche d'empan visuel..... | 45 |
| Tableau 3.3 | |
| Performances des groupes FV et CASA à la tâche d'empan visuel | 45 |
| Tableau 3.4.1 | |
| Performances des groupes FA et FV à la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire..... | 46 |
| Tableau 3.4.2 | |
| Scores bruts des sujets FA et FV à la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Tableau 3.5.1 | |
| Performances des groupes FA et FV à la tâche d'empan tactile avec suppression articulaire..... | 48 |
| Tableau 3.5.2 | |
| Scores bruts des sujets du groupe FA aux tâches d'empans de chiffres et tactile avec suppression articulaire | 49 |
| Tableau 3.5.3 | |
| Scores bruts des sujets du groupe FV aux tâches d'empans de chiffres et tactile avec suppression articulaire | 50 |
| Tableau 3.5.4 | |
| Performances des sujets FA et FV à la tâche d'empan tactile avec suppression articulaire..... | 52 |
| Tableau 3.6.1 | |
| Performances des sujets avec cécité congénitale et acquise à la tâche tactile sans suppression articulaire..... | 53 |
| Tableau 3.6.2 | |
| Performances des sujets avec cécité congénitale et acquise à la tâche tactile avec suppression articulaire..... | 53 |
| Tableau 3.7.1 | |
| Performance du groupe FA à la tâche d'empan tactile et les performances des groupes FV et CASA à la tâche d'empan visuel | 54 |

| | |
|---------------|--|
| Tableau 3.7.2 | |
| | Scores bruts des sujets du groupe CASA aux tâches d'empan de chiffres et d'empan visuel avec suppression articulatoire..... 55 |
| Tableau 3.7.3 | |
| | Scores bruts des sujets du groupe FV aux tâches d'empans de chiffres et visuel avec suppression articulatoire 56 |
| Tableau 6.1 | |
| | Description des participants fonctionnellement aveugles (FA)..... 82 |
| Tableau 7.1 | |
| | Scores bruts des sujets aux trois tâches : additions de chiffres, lettres braille et déplacements mentaux de blocs..... 92 |
| Tableau 7.2 | |
| | Scores bruts des sujets à la tâche d'empan de lettres braille avec les tâches concurrentes : additions de chiffres et déplacements mentaux de blocs 93 |
| Tableau 7.3 | |
| | Performances des sujets aux trois tâches d'empan de lettres braille..... 94 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 5.1 | |
| Deux exemples de trois rotations de 90° par la droite | 73 |
| Figure 6.1 | |
| Exemple de figure initiale dans la tâche de représentation mentale de déplacements de blocs | 85 |
| Figure 6.2 | |
| Représentation de deux déplacements successifs de blocs | 87 |

RÉSUMÉ

Dans la présente recherche, deux études ont été réalisées. La première étude comprenait deux objectifs : préciser s'il existait, chez les personnes aveugles, un module tactile spatial et vérifier si la condition visuelle avait une influence sur son développement.

Vingt-deux sujets ayant une déficience visuelle et âgés de 18 à 60 ans, répartis en deux groupes égaux - les fonctionnellement aveugles (FA) et les fonctionnellement voyants (FV) - ont exécuté une tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire. Les stimuli étaient des consonnes présentées au rythme d'une à la seconde sur un afficheur braille. Les sujets FA et FV ont été interrogés sur la façon dont ils s'étaient mentalement représentés les stimuli tactiles. Les sujets FV et deux groupes contrôles composés respectivement de 12 sujets voyants ont exécuté une tâche d'empan visuel analogue à la tâche d'empan tactile.

Les résultats obtenus permettent de conclure que, chez les sujets FA, il existe un module tactile spatial (la tablette tactile). En outre, l'évaluation du bon fonctionnement de la mémoire de travail visuelle chez les sujets FV permet de constater qu'un résidu visuel fonctionnel semble suffisant pour permettre le développement des fonctions cognitives qui y sont associées et ainsi inhiber le développement du module tactile. La structure modulaire de la MT pourrait donc être, en partie, fondée sur l'expérience sensorielle.

La deuxième étude visait à déterminer la nature tactile spatiale ou tactile verbale du braille. Treize sujets fonctionnellement aveugles ont pris part à cette étude. Les résultats ont montré que les stimuli braille sollicitaient d'abord les fonctions spatiales chez les personnes aveugles. Par conséquent, il était donc possible de mesurer l'empan de la tablette tactile chez les personnes aveugles en utilisant une tâche de rappel sériel immédiat avec suppression articulatoire.

INTRODUCTION

La mémoire de travail est souvent définie comme un système permettant le maintien temporaire et le traitement de l'information nécessaire à l'accomplissement de tâches cognitives complexes telles que la compréhension du langage, l'apprentissage et le raisonnement. Jusqu'à maintenant, on avait identifié la mémoire de travail dans deux modalités sensorielles, auditive et visuelle. Les recherches portant sur la mémoire de travail dans la modalité tactile sont moins concluantes. Pourtant, il existe une population chez qui cette mémoire devrait jouer un rôle important, celle des personnes non-voyantes. Contrairement aux personnes voyantes qui peuvent visuellement identifier très rapidement un objet par sa forme, les personnes non-voyantes doivent aussi relier chacune des impressions tactiles les unes aux autres et les maintenir en mémoire pour parvenir à l'identifier. Le but de cette étude était donc de vérifier s'il existait un module tactile et de déterminer si la condition visuelle du sujet influençait cette mémoire de travail particulière.

La pertinence d'une telle recherche pour les personnes aveugles réside dans le fait qu'elle permet de mieux comprendre la problématique de la mémoire de travail dans le contexte de la déficience visuelle. De ce fait, elle permet également de contribuer à l'édification d'un modèle de développement cognitif en regard du handicap visuel. Enfin,

d'une façon plus concrète, cette recherche contribuera à permettre d'en arriver à l'élaboration de tests cliniques plus valides que ceux qui sont actuellement utilisés pour évaluer les personnes atteintes de cécité.

Cette recherche se divise en deux parties. En première partie, elle innove en considérant des groupes de sujets ayant une déficience visuelle pour étudier la mémoire tactile et en les comparant à des groupes contrôles appropriés. Puis, à la lumière des résultats obtenus, trois aspects sont présentés lors de la première discussion - l'existence d'un module tactile spatial (la tablette tactile) chez les personnes aveugles ; l'influence inhibitrice d'un résidu visuel fonctionnel sur son développement ; et l'effet de la covariable empan de chiffres en relation avec les performances des groupes qui ont exécuté les tâches d'empans avec suppression articulatoire.

L'interprétation de ces résultats repose sur le postulat que le braille sollicite les fonctions spatiales chez les personnes aveugles. C'est pourquoi, en deuxième partie, une seconde étude utilisant l'interférence sélective est présentée pour démontrer cet aspect un peu inusité de l'écriture braille. Cette deuxième étude n'a pas de lien direct avec la première, si ce n'est qu'elle la complète en précisant la nature spatiale des stimuli braille utilisés dans la première étude.

Un seul groupe de sujets aveugles a participé à cette deuxième recherche. Les sujets qui composaient ce groupe n'ont pas tous participé à la première étude. Par conséquent, ce groupe doit être considéré comme étant différent du groupe de sujets aveugles de la première étude. Les résultats de cette seconde étude permettront de statuer sur la nature spatiale des stimuli braille.

Enfin, les deux premières parties de cette recherche traitent les aspects cognitifs de la question. Dans une troisième discussion, l'accent sera mis sur l'aspect neuropsychologique par le biais de la théorie de la réorganisation fonctionnelle pour tenter d'expliquer le développement ou l'absence de l'empan tactile. Finalement, quelques pistes pour les futures recherches sont proposées afin de jeter encore plus de lumière sur la question du module tactile et sur celle de l'effet que pourrait exercer l'expérience sensorielle, avec ou sans privation sensorielle majeure, sur la structure de la mémoire de travail.

(Pour des raisons techniques, les annexes devant figurer à la fin de ce document ne sont pas actuellement disponibles.)

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

LE CONTEXTE THÉORIQUE

1.1 Introduction

L'idée de diviser la mémoire en mémoire à court terme et en mémoire à long terme n'est pas récente. Il est possible de remonter jusqu'à James (1890) pour retrouver les premiers arguments en faveur d'une telle division de la mémoire (Baddeley, 1987 ; Waugh & Norman, 1965). Depuis, le concept de mémoire à court terme et les différents modèles qui y sont associés ont grandement évolué.

Waugh et Norman (1965) ont fait la distinction entre la rétention à court terme, qui est une procédure expérimentale consistant à interroger un sujet sur un contenu tout juste mémorisé, et la mémoire à court terme, qui est une composante du système de traitement de l'information interposée entre la mémoire sensorielle et la mémoire à long terme. Selon ces auteurs, la récapitulation articulatoire était indispensable pour assurer le bon

fonctionnement de la mémoire à court terme. De plus, Waugh et Norman reconnaissaient que leur théorie était largement tributaire de l'existence d'une hypothétique composante verbale.

Le modèle séquentiel et unitaire d'Atkinson et Shiffrin (1968) s'inspirait directement des travaux de Waugh et Norman (1965). Tout comme ces derniers, Atkinson et Shiffrin présentaient la mémoire à court terme comme étant une mémoire interposée entre la mémoire sensorielle et la mémoire à long terme. L'information devait transiter obligatoirement par la mémoire à court terme avant d'aboutir en mémoire à long terme. Dans ce modèle, la mémoire à court terme devenait une mémoire verbale. Elle traitait l'information dans sa forme phonétique et la récapitulation articulatoire en était le processus central.

Warrington et Shallice (1969) ont remis en question le modèle séquentiel d'Atkinson et Shiffrin. En effet, selon ces derniers, une mémoire à court terme déficiente ne devrait pas permettre le passage d'information en mémoire à long terme. Or, Warrington et Shallice (1969) présentaient le cas de K.F. dont l'empan pour les mots, les lettres et les chiffres n'était que de deux. En dépit de ce fait, K.F. était capable d'effectuer normalement l'apprentissage de listes de mots. L'information devait donc transiter par un circuit parallèle à celui de la mémoire à court terme. Par la suite, Warrington et Shallice (1972) démontrent que la mémoire à court terme n'est pas un système unitaire : elle posséderait de multiples composantes. L'étude du cas de K.F. leur suggère d'ailleurs l'existence d'une composante visuelle et d'une composante auditive distinctes. Ainsi, ces

études tendent à démontrer que le modèle séquentiel et unitaire d'Atkinson et Shiffrin n'était pas adéquat pour rendre compte du fonctionnement de la mémoire à court terme.

Baddeley et Hitch (1974) ont reformulé le modèle d'Atkinson et Shiffrin (1968) en celui de mémoire de travail (MT). D'après Baddeley et Hitch, la mémoire à court terme désigne un système mnésique qui permet le maintien temporaire d'informations pour l'accomplissement d'activités cognitives immédiates. Cette définition est également celle qu'il a donnée à son modèle de mémoire de travail (Baddeley, 1992a ; Baddeley, 1992b ; Baddeley, 1987). Le modèle de la MT (qui sera détaillé dans la section suivante) ne s'applique strictement qu'à l'étude du fonctionnement des processus internes de la mémoire à court terme. Il n'y a plus de référence, comme c'était le cas dans les modèles précédents, aux mémoires sensorielle et à long terme. Selon Baddeley, le modèle de la mémoire de travail est, au même titre que tous les autres, une théorisation de la mémoire à court terme, c'est-à-dire un construit théorique permettant d'étudier son fonctionnement (Baddeley, 1992a, 1990, 1987). La MT est donc un modèle de mémoire à court terme (tel que Baddeley la conçoit) et non un substitut à celle-ci. D'ailleurs, Baddeley se défend bien d'avoir rejeté ou abandonné le concept de mémoire à court terme (Baddeley, 1992b). De James (1890) jusqu'à Baddeley et Hitch (1974), il y a donc eu une évolution de la conceptualisation de la mémoire à court terme qui a invariablement entraîné une évolution des modèles. Il y a presque autant de définitions de mémoire à court terme qu'il y a de modèles. Par conséquent, il n'est donc pas toujours évident de pouvoir distinguer entre la mémoire à court terme et les modèles qui y sont associés.

1.2 Le modèle de la mémoire de travail (MT)

L'expression « mémoire de travail (MT) » renvoie à un système de mémoire permettant le maintien temporaire et le traitement de l'information nécessaire à l'accomplissement de tâches cognitives complexes telles que la compréhension du langage, l'apprentissage et le raisonnement (cf., Baddeley, 1992b ; p. 556). La MT est actuellement définie comme étant un ensemble de trois modules relativement indépendants qui sont : la boucle articulatoire, la tablette visuo-spatiale et l'administrateur central (Baddeley, 1992a ; Baddeley, 1992b ; Baddeley, 1990 ; Baddeley, 1987 ; Baddeley & Hitch, 1974 ; Hitch, 1980).

Les premières bases du modèle de la MT ont été jetées par Baddeley et Hitch (1974). Dans cette étude, ces auteurs ont demandé à des sujets d'effectuer une tâche de rappel libre avec une charge mnémonique, c'est-à-dire qu'ils devaient conserver en mémoire des séries de trois et six chiffres devant servir à un rappel sériel immédiat. Ces séries de chiffres sont appelées « charges mnémoniques » car elles utilisent une partie de la capacité de la mémoire à court terme. Les sujets devaient mémoriser des listes de 16 mots simples qui leur étaient lus au rythme d'un mot à toutes les deux secondes. Dans une première série de 5 listes, ils devaient retenir trois chiffres qui leur étaient présentés au tout début. Puis, dans une deuxième série de 5 listes, ils devaient retenir 6 chiffres. Enfin, une troisième série de 5 listes, précédée d'aucune charge mnémonique, servait de condition contrôle.

À la fin de chacune des listes, les sujets procédaient au rappel libre des mots et au rappel sériel des chiffres. Les résultats ont montré que l'effet de récence n'était pas affecté

par une charge mnémonique de trois ou six chiffres. La probabilité de rappel correct des derniers mots des listes n'était pas affectée par le nombre de chiffres qui composaient les charges mnémoniques. Par contre, l'effet de primauté (qui est sous le contrôle de l'autorépétition) avait subi une réduction proportionnelle aux charges mnémoniques utilisées. Baddeley et Hitch (1974) concluaient alors que la mémoire à court terme n'était pas un système unitaire tel que présenté par Atkinson et Shiffrin (1968). Elle était composée de modules distincts et relativement indépendants.

1.2.1 La boucle articulatoire

La boucle articulatoire est un module décrit comme une mémoire active de l'information qui est propre au langage. Elle est également responsable du rappel sériel immédiat (Baddeley & Hitch, 1974). C'est dans ce module que s'effectue la récapitulation articulatoire. Il se subdivise en deux composantes distinctes - le système phonologique et le système de la récapitulation articulatoire - qui ont un rôle à jouer dans la rétention du matériel verbal.

Le système phonologique est responsable de la conservation de l'information verbale selon un code phonologique (Baddeley, Lewis & Vallar, 1984). La récapitulation articulatoire contribue au recyclage du matériel verbal et au transfert de l'information visuelle verbale au système phonologique (Baddeley, 1992a, 1990 ; Baddeley, Thomson & Buchanan, 1975). Il a été possible de démontrer l'existence du système phonologique à l'intérieur de la boucle articulatoire par l'étude de l'effet de similitude phonologique chez les sujets normaux. En effet, dans une tâche d'empan, des stimuli phonologiquement

similaires sont plus difficiles à mémoriser que des stimuli phonologiquement dissimilaires (Conrad & Hull, 1964 ; Levy, 1971 ; Murray, 1968).

L'effet de longueur de mot, quant à lui, a permis de démontrer l'existence de la récapitulation articulatoire (Baddeley, Thomson & Buchanan, 1975). Dans une tâche de rappel sériel, l'empan pour les mots courts est supérieur à celui pour les mots longs. C'est un peu comme si chaque syllabe comptait pour un item. Selon Baddeley, Thomson et Buchanan (1975), ceci s'expliquerait par le temps que prend la récapitulation articulatoire pour recycler les mots. Dans les cas où l'on bloque la récapitulation articulatoire lors d'une présentation visuelle de matériel verbal (par exemple, en faisant répéter un mot), il est possible d'observer la disparition des effets de longueur de mot et de similitude phonologique. La récapitulation articulatoire paraît donc indispensable pour effectuer le transfert du matériel visuo-verbal (écriture) dans le système phonologique. Cependant, dans une présentation auditive, la suppression articulatoire réduit l'empan, supprime l'effet de longueur de mot mais n'affecte pas l'effet de similitude phonologique. Le matériel verbal en présentation auditive bénéficierait donc d'un accès direct à la composante phonologique de la MT.

1.2.2 La tablette visuo-spatiale

La tablette visuo-spatiale permettrait de maintenir active, en mémoire, une représentation visuelle de l'information (par exemple, sous la forme d'une image). L'existence de ce module avait déjà été proposée par Baddeley et Lieberman (1980). Elle a été mise en évidence par les travaux de Zhang et Simon (1985). En effet, ces

chercheurs ont étudié le rappel sériel immédiat, dans la modalité visuelle, chez des sujets chinois. Les stimuli étaient des listes de chiffres et d'homophones de caractères chinois. Dans cette langue, chaque caractère, à l'exception des chiffres, possède six homophones et plus. Les sujets ne pouvaient donc pas utiliser la boucle articulatoire pour effectuer l'autorépétition des homophones puisqu'ils avaient tous le même son. Malgré cela, ils ont obtenu, lors du rappel écrit, des performances d'emplacements qui variaient de 2 à 3 stimuli pour les homophones et de 7 à 9 pour les chiffres. Par conséquent, Zhang et Simon ont conclu que, outre la boucle articulatoire, il y avait une représentation visuelle qui contribuait au rappel sériel immédiat en présentation visuelle.

1.2.3 L'administrateur central

Le troisième module est non-spécifique. Il s'agit de l'administrateur central. Selon Hitch (1980), ce module coordonne les activités des deux autres dans la MT et l'exécution simultanée de tâches indépendantes. Richardson (1984) en fait la composante la plus importante de la MT car elle supervise l'opération des autres modules.

Le paradigme d'attention partagée est une façon de démontrer l'existence de l'administrateur central. Pour ce faire, il s'agit d'exécuter deux tâches concurremment. Selon Morris, Gick et Craik (1988) et Gick, Craik et Morris (1988), lorsque l'une ou l'autre des tâches devient plus exigeante ou plus complexe, les ressources de l'administrateur central qui se trouvent impliquées dans le maintien et dans le contrôle de l'activité concurrente diminuent. Cela permet donc d'évaluer la quantité de ressources que nécessitent les deux tâches. Ce paradigme permet également d'ajuster le niveau de

difficulté de chacune des tâches à chacun des sujets. C'est en l'utilisant que ces auteurs ont pu déterminer que les personnes qui étaient atteintes de la démence de type Alzheimer souffraient également d'un déficit attentionnel.

Baddeley (1987) adopte le modèle de Norman et Shallice (1986) pour définir d'une façon plus précise l'administrateur central. Ce module est conçu comme étant un système de contrôle attentionnel intégrant les informations en provenance des autres modules de la MT. Il gère les ressources communes de ces mêmes modules (Morris & Baddeley, 1988). Il contribue également à l'initiation et au maintien des processus cognitifs, tels que le calcul mental (Smyth, Morris, Levy & Ellis, 1987), et à la compréhension du langage (Baddeley, 1987 ; Martin, 1987 ; Vallar & Baddeley, 1987). L'administrateur central représente donc la composante majeure dans le modèle de la MT.

Le modèle de la MT semble actuellement le plus complet des modèles de mémoire à court terme. Toutes ses composantes ont été expérimentalement investiguées. Par la tablette visuo-spatiale et la boucle articulatoire, la MT prend en considération les modalités visuelle et auditive. Ces deux sens sont sans doute ceux que les personnes voyantes utilisent le plus pour capter l'information à traiter en MT. Cependant, pour les personnes aveugles, le modèle de la MT est plus restrictif car il ne s'applique qu'à la seule modalité auditive.

Il apparaît évident que, pour la personne aveugle, le toucher a une importance tout aussi grande qu'à la vision pour la personne voyante dans l'acquisition des informations. La cécité étant en partie compensée par l'ouïe et le toucher, pourquoi la structure cognitive de la MT ne pourrait-elle pas s'adapter à cette nouvelle condition sensorielle ? Le cas

échéant, il serait alors possible d'envisager que, chez les personnes aveugles, il existerait un module tactile analogue à celui de la tablette visuo-spatiale. En outre, avec sa conception modulaire, l'actuel modèle de la MT permet de déterminer si de nouveaux modules (e.g., le module tactile) peuvent y être ajoutés sans pour autant devoir le remettre en question.

Avant d'aborder directement la question de la mémoire tactile, il convient de présenter brièvement la perception haptique. Car, avant d'être mémorisées, les propriétés d'un stimulus doivent être d'abord perçues par l'un des sens. Il est donc important de connaître les principales caractéristiques de la perception haptique qui renvoie à la perception par le toucher.

1.3 La perception haptique

L'étude de la perception haptique passe par l'observation des personnes congénitalement aveugles, afin de réduire les effets confondants de la modalité visuelle. La nature de l'expérience sensorielle haptique, chez ces sujets, peut être mieux comprise en la comparant avec l'expérience sensorielle visuelle des personnes voyantes. Ce type de comparaison permet de voir comment les non-voyants et les voyants diffèrent lorsqu'ils utilisent leur sens spatial primaire. La différence la plus évidente entre le toucher et la vision est qu'ils produisent des sensations qui sont qualitativement distinctes. Par le sens du toucher, les personnes voyantes et non-voyantes sont capables de faire l'expérience de la pression, du chaud, du froid, de la douleur ; mais seules les personnes qui ont un

minimum de vision peuvent faire l'expérience des couleurs. De même, le sens haptique ne peut informer, comme le fait la vision, sur les objets éloignés.

Il existe plusieurs autres propriétés des stimuli qui sont décelables par le toucher et la vision, mais pour lesquelles une modalité est plus particulièrement sensible que l'autre. Le tranchant d'un couteau est plus facile à évaluer par le toucher que par la vision, de même que la température d'une tasse de thé ou de café, alors que la vision peut jouer un rôle secondaire mais utile dans ces cas. Les formes, par contre, sont habituellement mieux reconnues par la vision que par le toucher (Cashdan, 1968). Le résultat de ces différences est que les propriétés qui rendent un objet distinct pour une personne non-voyante pourraient ne pas être les mêmes que pour une personne voyante. Par exemple, en manipulant un ustensile, une personne non-voyante pourrait être attirée surtout par son poids, alors qu'une personne voyante le serait d'avantage par le motif s'y trouvant incrusté.

Klatzky, Lederman et Reed (1987) ont démontré de telles différences entre la saillance des propriétés haptiques et visuelles des stimuli auprès de sujets voyants. Ils ont demandé à un groupe de sujets en condition aveugle et à un deuxième en condition normale de trier une série de 81 objets différents selon la forme et la rigidité. Les sujets n'avaient pas reçu de consigne particulière pour trier ces objets. Ces auteurs ont découvert que les sujets triaient les stimuli en fonction du fait qu'ils pouvaient les voir ou seulement les toucher. Ainsi, les sujets qui pouvaient avoir recours à la vision et au toucher étaient fortement influencés par la forme, alors que ceux qui ne pouvaient que les toucher étaient plus influencés par la rigidité des objets pour les classer. Révész (1950) en se basant sur une série d'observations sur les habiletés perceptuelles des personnes non-

voyantes proposait que la forme d'un objet est plus saillante pour les personnes voyantes que pour les non-voyantes, alors que la composition de l'objet (de quoi il est fait) est plus saillante pour les personnes non-voyantes : « Form governs the visual, structure the haptic world » (Révész, 1950, p. 87).

Une différence importante entre regarder et toucher quelque chose est que les yeux peuvent capter d'un seul coup l'ensemble des caractéristiques d'un objet, alors que la main doit utiliser l'approche du pas à pas, examinant les éléments d'une façon séquentielle. Cette différence contribue à expliquer la dominance de la vision pour la perception des formes, car, pour percevoir par le sens haptique une forme complexe, il faut tout d'abord intégrer une série d'impressions sensorielles successives, relier chacune de ces impressions tactiles les unes aux autres, les maintenir en mémoire pour finalement parvenir à identifier une telle forme. Une autre différence réside dans la manière avec laquelle les personnes non-voyantes utilisent le toucher. Davidson (1972) a clairement mis en évidence le fait que les sujets non-voyants exploraient un stimulus tactile d'une manière différente des sujets voyants. Alors que ces derniers avaient tendance à explorer le stimulus n'utilisant qu'un ou deux doigts qu'ils glissaient tout autour de l'objet, les sujets non-voyants avaient plutôt tendance à agripper l'objet utilisant tous les doigts. Ceci permettait de percevoir presque simultanément plusieurs sensations haptiques et augmentait de beaucoup la précision de leur jugement.

Les travaux de Davidson (1972) sur les positions de la main illustrent bien un aspect fondamental du sens haptique. La main peut explorer son environnement de différentes façons. Elle peut se déplacer dans toutes les directions tout en modifiant sa

forme, ce qui permet à la personne de serrer un objet, lire le braille, déterminer la dimension d'une pièce de monnaie, etc.

La plupart des personnes (voyantes ou non-voyantes) font un bon usage de la mobilité de la main pour extraire les informations de l'environnement. En condition aveugle les sujets voyants savent bien comment utiliser certains types particuliers de mouvement pour apprendre certaines propriétés d'un objet telles que la texture, la rigidité (Lederman & Klatzky, 1987). En plus d'avoir développé ces mêmes habiletés les personnes non-voyantes en développent d'autres que les personnes voyantes n'utilisent pas (Davidson, 1972). Par exemple, les personnes non-voyantes peuvent examiner simultanément deux faces d'un même objet en utilisant les deux mains, alors que les personnes voyantes auront plutôt tendance à n'explorer tactilement qu'une seule face à la fois. Ceci confère donc, aux personnes non-voyantes, un net avantage en ce qui concerne la reconnaissance des objets par le toucher.

L'avantage que procure à la main cette grande flexibilité est contrebalancé par la nécessité qu'a la personne de porter attention à ce qu'elle est en train de faire. La dimension ou la forme d'un objet peuvent être mal jugées si l'on ne tient pas compte avec précision de la forme que prend la main (Benedetti, 1985 ; Benedetti, 1986).

En résumé, la perception haptique se distingue de la perception visuelle par au moins trois aspects : une insistance sur les propriétés des stimuli plutôt que sur la forme, une dépendance de l'intégration successive des impressions tactiles et une habileté à capitaliser sur la mobilité de la main.

1.4 La mémoire tactile

Dans les lignes qui suivent, on dégagera les principales caractéristiques de ce que pourrait être le module tactile de la mémoire de travail. Cependant, comme cette modalité sensorielle n'a pas été autant étudiée que les modalités visuelle et auditive, il n'y a eu que peu d'études sur ce sujet - études réalisées principalement sur la mémoire à court terme. Comme il existe plusieurs modèles de mémoire à court terme (cf. Tiberghien, 1991, pour une recension), il n'est pas toujours évident de savoir avec précision de quel modèle de mémoire à court terme il s'agit : par exemple, Vallar et Shallice (1990, p. 2) décrivent le modèle utilisé par Warrington et Shallice (1969) comme étant apparenté mais pas identique à ceux utilisés par les chercheurs d'alors. Ainsi, les choix terminologiques et théoriques des auteurs seront respectés dans la présentation de leurs travaux.

Millar (1978) concluait que la mémoire à court terme tactile dépendait de trois processus distincts : (1) une mémoire sensorielle tactile analogue à l'icône pour la perception visuelle (dont il ne sera pas question dans la présente recherche puisque le modèle de la MT n'en tient pas compte) ; (2) une mémoire à court terme, à l'intérieur de laquelle les processus de dégradation et d'interférence peuvent agir simultanément - à moins que ne s'effectue une récapitulation appropriée (pour l'information verbale, texturale, spatiale) permettant le codage des stimuli ; (3) une mémoire permanente ou à long terme (dont il ne sera pas question dans le présent texte). Cette description que fait Millar de la mémoire à court terme tactile semble s'inspirer directement du modèle d'Atkinson et Shiffrin (1968) tel que décrit à la section 1.1. Le choix de ce modèle pourrait, en partie, expliquer pourquoi Millar (1978) n'établit pas d'empan tactile.

1.4.1 La récapitulation

En ce qui concerne la récapitulation du matériel tactile verbal, il est tentant de spéculer qu'après le décodage du stimulus ce dernier doit être transféré au système phonologique comme le prévoit le modèle de la MT. Gilson et Baddeley (1969) se sont tout particulièrement penchés sur la question. Ces chercheurs ont demandé à un groupe de 20 sujets adultes de localiser des stimuli tactiles qui leurs étaient appliqués sur l'avant-bras droit. Chaque sujet a reçu dix séries de huit stimuli. Les stimuli étaient suivis par des délais qui variaient de 0 à 60 secondes. Le rappel s'effectuait en pointant avec un doigt de la main gauche l'endroit qui avait été stimulé. Les analyses des stratégies utilisées par leurs sujets démontrent qu'un seul avait utilisé une stratégie verbale et que sa performance était inférieure à la moyenne. Gilson et Baddeley (1969) ont conclu à l'existence de mécanismes permettant d'effectuer une récapitulation tactile non-verbale. Cependant, ils n'ont pas été en mesure d'en préciser le fonctionnement.

1.4.2 La tablette visuo-spatiale et la mémoire tactile

Lorsque l'on compare les perceptions visuelles et haptiques, on est forcé de constater qu'il existe une interaction forte entre ces deux modalités ce qui rend la comparaison difficile (Warren & Rossano, 1991). Quand un objet est simultanément vu et touché, les sujets rapportent qu'il en émerge une perception unifiée de laquelle il est difficile de séparer les éléments haptiques des éléments visuels. Peut-on alors véritablement dire, par exemple en le touchant, que le coin d'un livre est un angle droit ou bien qu'il est senti comme tel parce qu'il est vu comme tel ? Cette fusion entre les

composantes visuelles et haptiques peut être démontrée en laboratoire en présentant simultanément à un sujet des messages visuels et haptiques contradictoires. Ainsi, Rock et Victor (1964) ont demandé à des sujets d'examiner visuellement et par le toucher un carré qui était déformé en rectangle par le biais d'un trucage optique. Les sujets rapportaient voir et toucher un rectangle. En d'autres mots, l'information visuelle a influencé l'interprétation de l'information haptique. Des études ont aussi été réalisées en utilisant les contradictions intermodales dans la forme, la localisation et d'autres propriétés des stimuli. Ces études ont eu pour résultat de montrer que les sujets ont une expérience perceptuelle multimodale unifiée, représentant un compromis entre les propriétés visuelles et somesthésiques des stimuli (Welch & Warren, 1980). Par contre, dans plusieurs situations, la contribution de la vision se révèle plus importante que celle du toucher.

Pour expliquer le fait que la fermeture des yeux réduit la précision du jugement d'écholocalisation Warren (1970) a proposé que, chez les personnes voyantes, la vision fournit un cadre de référence à l'intérieur duquel toutes les sensations spatiales peuvent être intégrées. À cause du rôle structurant que joue la vision, il est malaisé d'étudier la perception purement haptique dans des conditions où les stimuli sont simultanément vus et touchés. Cependant, même si les sujets ferment les yeux, les impressions visuelles ne peuvent pas être totalement exclues, car ils peuvent imaginer à quoi l'objet touché ressemble, mettant ainsi à contribution des notions de leurs expériences visuelles (Cleaves & Royal, 1979 ; Cornoldi, Cortesi & Preti, 1991 ; Heller, 1989 ; McKinney, 1964).

McKinney (1964) a demandé, à 9 enfants non-voyants et à 83 enfants voyants âgés de 4 à 8 ans, en condition aveugle, de placer leur main droite sur une table la paume

ournée vers le haut. Dans la première condition expérimentale, l'expérimentateur touchait l'un

des doigts du sujet et après un court délai demandait à ce dernier de pointer avec un doigt de l'autre main le doigt qui avait été touché. Les sujets voyants et non-voyants ont obtenu des performances comparables. Dans une deuxième condition expérimentale, les sujets devaient alors retourner leur main, la paume vers le bas, durant la période de délai jusqu'à ce que le stimulus soit rappelé. Des différences sont apparues entre les deux groupes. C'est dans cette condition que les sujets voyants ont commis le plus grand nombre d'erreurs. Enfin, dans la troisième condition, les sujets devaient tourner et retourner la main plusieurs fois pour finalement la replacer dans sa position originale, c'est-à-dire la paume tournée vers le haut.

McKinney a constaté que plus il y avait d'activité motrice entre la stimulation originale et le rappel, plus le nombre d'erreurs commises par les sujets non-voyants augmentait par comparaison aux sujets voyants qui ne démontraient pas ce pattern. En effet, ils ont fait le plus grand nombre d'erreurs lorsqu'ils avaient la paume de la main tournée vers le bas en situation de rappel (la seconde condition expérimentale). Contrairement aux sujets non-voyants, le fait de retourner la main dans sa position originale (la paume tournée vers le haut) augmentait leurs performances et cela en dépit du nombre de mouvements exécutés.

Selon McKinney les sujets voyants ont eu recours à l'imagerie visuelle pour se rappeler quel doigt avait été stimulé. En d'autres termes, ils se représentaient mentalement leur main et notaient sur l'image de quel doigt il s'agissait. Si

l'expérimentateur touchait l'index, le sujet pouvait encoder ceci comme étant le second doigt de la droite. Si le sujet retournait sa main sans modifier son image mentale tout en continuant à penser au doigt stimulé comme étant le second de la droite, ceci pouvait le conduire à désigner par erreur l'annulaire. C'est exactement ce que McKinney a relevé comme étant le principal type d'erreur en miroir que commettaient les sujets voyants. Par contre, McKinney explique les erreurs des sujets non-voyants comme étant principalement causées par les interférences des sensations tactiles et kinestésiques que produisent les mouvements de la main.

Cleaves et Royal (1979) ont comparé le rendement de 12 sujets non-voyants congénitaux, 12 devenus non-voyants et 12 voyants à une épreuve de localisation spatiale avec rotation mentale dans un labyrinthe tactile. Leurs résultats ont montré que les non-voyants congénitaux commettaient plus d'erreurs que les deux autres groupes. Les sujets voyants, tout comme les sujets non-voyants qui avaient déjà été voyants, profitaient de l'utilisation d'un cadre de référence visuo-spatial pour s'acquitter de la tâche.

Pour sa part, Heller (1989) a investigué le rôle de l'imagerie et du cadre de référence visuel dans 7 expériences de mémoire tactile. Il a comparé les performances de mémoire tactile de 28 sujets ayant perdu la vue très tôt après la naissance, de 18 sujets ayant perdu la vue plus tardivement et de 108 sujets voyants adultes (en condition aveugle). Les résultats ont montré que, chez les sujets voyants, la référence à l'information visuo-spatiale aide la mémoire tactile et que, chez les sujets qui ont perdu la vue tardivement, l'expérience visuelle passée contribue à la rétention tactile. Dans l'ensemble, la performance des sujets non-voyants congénitaux était inférieure à celles

des deux autres groupes. Finalement, Cornoldi, Cortesi et Preti, (1991) ont exploré la capacité d'imagerie visuo-spatiale en demandant à 35 non-voyants congénitaux et à 35 voyants de suivre un chemin imaginaire à travers des matrices à deux et à trois dimensions. Dans l'ensemble, les sujets non-voyants ont moins bien performé que les sujets voyants. Par contre, l'analyse des résultats a montré que, lorsque les matrices tridimensionnelles devenaient trop difficiles pour les voyants, ceux-ci commettaient des erreurs semblables à celles commises par les non-voyants. En d'autres termes, c'est exactement comme si les voyants n'avaient plus de cadre de référence visuo-spatial.

Tout comme il a été montré que les perceptions visuelle et haptique sont intimement liées, les études portant sur différents aspects de la mémoire tactile montrent qu'il est également très difficile, voire presque impossible d'éliminer l'influence qu'exerce la vision, par l'intermédiaire de l'imagerie mentale, sur la mémorisation des stimuli tactiles. Il faut rappeler que, dans le modèle de la mémoire de travail, c'est la tablette visuo-spatiale qui est responsable de l'imagerie mentale. Ce module est relié à l'imagerie mentale et permet de maintenir active une représentation visuelle (sous la forme d'une image) de l'information. Les travaux de McKinney (1964), Cleaves et Royal (1979), Heller (1989), Cornoldi, Cortesi et Preti, (1991) ont démontré que la tablette visuo-spatiale permettait également de maintenir active une image mentale des stimuli tactiles. La tablette visuo-spatiale semble donc jouer un rôle important dans la mémoire tactile des personnes voyantes. Ces résultats remettent donc en question l'existence d'une composante purement et exclusivement tactile dans le modèle de la mémoire de travail.

En résumé, les études qui ont porté sur la mémoire tactile à court terme n'ont pas utilisé le cadre formel du modèle de la mémoire de travail. Malgré tout, il existe suffisamment d'indices pour envisager l'utilisation de ce modèle dans l'étude de la mémoire tactile. En effet, tout comme pour les modalités visuelle et auditive, la modalité tactile possède une récapitulation. Enfin, les personnes voyantes ont souvent recours à l'imagerie visuelle dans leurs représentations internes des stimuli tactiles. La tablette visuo-spatiale, responsable de l'imagerie mentale, se trouverait donc impliquée dans le traitement des informations tactiles chez les sujets voyants.

1.4.3 Les fonctions verbale et spatiale tactiles

Une autre façon d'envisager la question de la mémoire de travail est par l'étude des fonctions verbale et spatiale. Ces deux fonctions réfèrent généralement à la boucle articulatoire (fonction verbale) et à la tablette visuo-spatiale (fonction spatiale). En outre, certaines études tendent également à montrer qu'il existe un lien visuo-verbal direct (Books, 1967 ; Kruley, Sciana & Glenberg, 1994 ; Logie, Zucco & Baddeley, 1990). Le but de cette section est de mettre en évidence le fait que la modalité tactile possède également ces deux fonctions. Un rapide survol de la question permettra, dans un premier temps, de mettre en évidence l'existence de ces fonctions pour la modalité tactile et, dans un second temps, d'envisager certains choix méthodologiques pour l'étudier dans le cadre de la mémoire de travail.

C'est dans l'étude des asymétries hémisphériques que l'on retrouve le plus grand nombre de recherches sur la modalité tactile. La plupart de ces recherches sur la latéralité

sont en même temps des études sur la mémoire tactile. De fait, il s'agit d'études sur la latéralisation des fonctions verbale et spatiale de la mémoire à court terme tactile puisqu'il n'y a aucun modèle théorique de défini. De plus, plusieurs recherches clairement identifiées comme des études de mémoire à court terme tactile (Harris & Mosley, 1992 ; Mayer, Koenig, Panchaud, 1988 ; Newman, Brugler & Craig, 1988 ; Sullivan, 1989) sont, de fait, des recherches de latéralisation fonctionnelle puisqu'elles comparent les performances de chacune des mains en fonction d'épreuves non quantifiées en terme de durée ou de capacité de rétention.

À une certaine époque, la neuropsychologie cherchait à établir la spécialisation des fonctions entre les hémisphères gauche et droit dans chacune des modalités sensorielles. Pour la modalité tactile, ces études se divisent principalement en deux catégories : les études haptiques et dichaptiques. Les études haptiques permettent d'étudier la latéralisation fonctionnelle en n'utilisant qu'une seule main à la fois dans les expérimentations. La technique dichaptique est une adaptation du paradigme d'écoute dichotique à la modalité tactile qui permet d'utiliser les deux mains simultanément (Bradshaw, Burden & Nettleton, 1986).

Witelson (1974) semble avoir été la première à utiliser la technique dichaptique. Elle a demandé à des garçons de 6 à 14 ans de palper deux formes, une dans chaque main simultanément, et de visuellement retrouver ces formes parmi quatre autres qui jouaient le rôle de distracteurs. Dans la deuxième condition expérimentale, les garçons devaient palper deux lettres dans chacune des deux mains pendant deux secondes et la présentation de chaque lettre était espacée d'une seconde. Par la suite, ils devaient

nommer les quatre lettres. La main gauche a été supérieure pour la reconnaissance des formes, alors que la main droite l'a été pour les lettres. Dans une deuxième étude, Witelson (1976) a reproduit les mêmes conditions expérimentales avec 200 garçons et filles. Dans ses résultats, elle n'a pas retrouvé chez les filles la supériorité de la main gauche pour les formes. Par la suite, de nombreux chercheurs ont reproduit l'effet de supériorité de la main gauche pour la reconnaissance de formes non familières (Cioffi & Kandel, 1979 ; Dawson, 1981 ; Denes & Spinaci, 1981 ; Etaugh & Levy, 1981 ; Flannery & Balling, 1979 ; Gardner, English, Flannery, Hartnett, McCormick & Wilhelmy, 1977 ; Gibson & Bryden, 1983 ; Klein & Rosenfield, 1980 ; Nilsson, Glencross & Geffen, 1980 ; Webster & Thurber, 1978 ; Weener & Van Blerkom, 1982). Mais cette opinion n'était pas partagée par l'ensemble des chercheurs (Craney & Ashton, 1982 ; LaBreche, Manning, Goble & Markman, 1977 ; Hannay & Smith, 1979 ; Vargha-Khadem, 1982 ; Yandell & Elias, 1983).

Les études haptiques ont trouvé une supériorité de la main gauche pour les stimuli d'orientation de lignes (Benton, Levin & Varney, 1973 ; Benton, Varney & Hamsher, 1978 ; Brizzolara, De Nobili & Ferretti, 1982 ; Varney & Benton, 1975 ; Zocolotti, Passafiume & Pizzamiglio, 1979). Par contre, Varney et Benton (1975) ont démontré que les sujets gauchers dits «familiaux» ont une tendance à mieux performer de la main droite. Ils ont également observé que les personnes qui étaient atteintes de lésions pariétales à l'hémisphère gauche ne présentaient qu'un déficit de la main droite, alors que celles qui étaient atteintes de lésions à l'hémisphère droit présentaient un déficit bilatéral.

D'autres études ont montré une supériorité de la main gauche pour la reconnaissance de formes sans signification (Dodds, 1978 ; Mayer, Koenig, Panchaud, 1988 ; Milner & Taylor, 1972 ; Yamamoto, 1980 ;). Young et Ellis (1979) ont également obtenu un avantage de la main gauche dans une tâche de dénombrement de points distribués de manière aléatoire, alors que Newman, Brugler, Craig (1988) n'ont trouvé aucun effet significatif de main dans une épreuve de dénombrement de points braille avec des sujets voyants et aveugles.

Par contre, Mousty (1986) a clairement mis en évidence une supériorité de la main gauche dans la lecture unimanuelle de l'écriture braille. Mousty faisait également remarquer que cette supériorité de la main gauche survenait un peu comme s'il s'agissait d'un transfert des habilités de la main droite (hémisphère gauche, donc fonctions verbale et analytique) à la main gauche (hémisphère droit, donc fonctions spatiale et gestaltique) et cela généralement après une certaine période d'apprentissage variant d'une personne à une autre. Stuart (1995) a démontré qu'un groupe de 31 enfants congénitalement aveugles qui avaient des problèmes d'orientation spatiale et de lecture du braille étaient tous affectés par une lésion dans la région pariéto-occipito-temporale de l'hémisphère droit. En outre, Perrier, Belin et Larmande (1988) présentaient le cas d'une femme aveugle qui avait également développé de sérieux problèmes à lire le braille après avoir subi une lésion pariétale postérieure droite. Ces études tendent à montrer que le braille est intimement lié aux fonctions spatiales.

Des études ont donc établi qu'il y avait une supériorité de la main droite pour les stimuli verbaux (Cioffi & Kandel, 1979 ; Gibson & Bryden, 1983 ; Vargha-Khadem, 1982).

Mais, dans ce cas ci, tout comme dans celui de la supériorité de la main gauche pour les formes, certains auteurs n'ont pas réussi à mettre en évidence une quelconque différence latérale (Klein & Rosenfield, 1980 ; LaBreche & al., 1977).

Les effets attribuables au sexe, tel que démontré dans la deuxième étude de Witelson (1976), n'ont pas été retrouvés dans toutes les études (Cioffi & Kandel, 1979 ; Denes & Spinaci, 1981 ; Etaugh & Levy, 1981 ; Klein & Rosenfield, 1980 ; Weener & Van Blerkom, 1982). L'âge ne semblait pas avoir d'effet sur les différences latérales dans la grande majorité des études.

L'étude de la latéralisation des fonctions hémisphériques de la modalité tactile semble soulever une certaine controverse. Malgré tout, il est possible de conclure que, dans le cas de tâches relativement simples, il est très difficile de faire ressortir des différences évidentes. Par contre, dans une situation dichaptique de tâche complexe, il a été plus souvent observé un avantage de la main droite (hémisphère gauche) pour la reconnaissance des stimuli verbaux et un avantage de la main gauche (hémisphère droit) dans les tâches à caractère spatial, telles que la détection d'orientation de lignes et la reconnaissance des figures non-sens. Enfin, le braille qui, contre toutes attentes, semble relever d'avantage des fonctions spatiales que verbales.

1.5 La représentation en mémoire de l'information

Avant de se pencher sur la question de la représentation interne chez les personnes aveugles, il convient d'examiner la définition de l'imagerie mentale. L'image mentale peut être définie comme une expérience qui se produit en l'absence de

stimulation sensorielle immédiate et qui ressemble à celle qui survient lorsque le stimulus est perçu par les sens. C'est ce que Kosslyn (1980) appelait « the mind's eye ». Selon cette définition, l'imagerie mentale n'est donc pas exclusivement visuelle. Il est facile de se rappeler des sons, des odeurs, des sensations tactiles et visuelles en l'absence de stimuli immédiats. Une telle définition de l'image mentale permet de poser la question suivante, à savoir si les personnes aveugles ont, elles aussi, une capacité d'imagerie mentale.

1.5.1 L'imagerie mentale

Dans le cas des personnes congénitalement aveugles, il est difficile de concevoir qu'elles puissent avoir des images mentales visuelles. Selon Kerr, Foulkes et Schmidt (1982), les personnes qui ont perdu la vue avant l'âge de cinq ans développent une représentation interne de nature différente de celle des personnes voyantes. Ces personnes ont des images mentales d'objets fondées sur le sens du toucher. Selon Hollins (1989), ces représentations qui ne sont pas verbales ne sont également pas explicitement haptiques en ce sens que les personnes ne les touchent pas à nouveau en mémoire. Elles se représentent mentalement les caractéristiques tangibles d'un objet telles que ses dimensions, son poids, sa texture, sa forme ou sa chaleur.

1.5.2 Diminution graduelle de l'imagerie visuelle

Les personnes qui ont perdu la vue après l'âge de sept ans rapportent que, encore plusieurs années après, elles ont des images mentales d'objets qu'elles ont déjà vus, examinés par le toucher ou qui leur ont été décrits verbalement (Kerr & al., 1982). Par

contre, avec le temps, cette capacité de visualiser les choses diminue, comme si la mémoire visuelle déclinait avec l'habileté croissante de la personne à utiliser davantage l'audition et le toucher pour capter les informations de son environnement. Berger, Olley, et Oswald (1962) ont décrit le cas de trois adultes qui avaient perdu la vision depuis 15 ans. Ces personnes déclaraient posséder encore cette capacité d'imagerie visuelle, alors que deux autres personnes qui avaient perdu la vue depuis 30 et 40 ans déclaraient pour leur part l'avoir complètement perdue.

Dans le but de mieux comprendre la nature des représentations mentales des personnes aveugles, Hollins (1985) a administré deux tests d'imagerie mentale à six sujets aveugles (âgés de 19 à 69 ans) et à quatre sujets voyants (âgés de 22 à 72 ans). L'auteur postulait que les représentations bidimensionnelles étaient de nature visuelle alors que les représentations tridimensionnelles étaient plus de nature haptique. Dans le premier test, les sujets devaient identifier cinq objets bidimensionnels formés à partir des cases d'un damier imaginaire, chaque case étant numérotée. Dans le second, il s'agissait d'identifier cinq représentations tridimensionnelles d'objets produites à l'aide de cubes imaginaires, remplaçant les cases du damier. Toutes les informations étaient données verbalement. Les résultats ont montré que plus la période de temps vécue sans vision était grande, plus le score pour l'épreuve des représentations bidimensionnelles était faible. Par contre, le score pour l'épreuve des représentations tridimensionnelles était plus élevé. Selon Hollins (1985), ceci suggère que la nature de l'imagerie mentale change très lentement après la perte de la vision, marquant ainsi un déclin graduel de l'imagerie

visuelle. L'auteur de cette étude n'a pas comparé les résultats de ses deux groupes de sujets.

Les études de Cleaves et Royal (1979) et de Heller (1989) viennent en quelque sorte appuyer, de manière indirecte, les observations de Hollins (1985) en remarquant également, que plus la période de temps vécue sans vision était longue, plus les performances sur les tâches à caractère visuo-spatial des personnes qui avaient déjà vu se rapprochaient de celles des non-voyants congénitaux. En d'autres termes, ces personnes subissaient un déclin graduel de leur capacité d'imagerie visuelle.

1.5.3 Changements dans les représentations internes d'objets

L'étude de Walker et Moylan (1994) est apparemment la seule qui a tenté de cerner la nature des changements dans les représentations en mémoire des personnes non-voyantes. Dans cette étude, on a demandé à 30 sujets adultes - 15 voyants et 15 non-voyants appariés selon l'âge, le sexe et l'éducation - de se rappeler les caractéristiques de couleurs et de textures d'objets simples décrites verbalement. Cette épreuve de mémoire était suivie d'une tâche de distraction d'une durée de trois minutes. Alors que tous les sujets étaient capables de se rappeler la couleur des objets, les sujets non-voyants étaient supérieurs aux sujets voyants pour le rappel des textures. Cette supériorité émergeait graduellement en fonction du temps vécu privé de vision. Selon Walker et Moylan (1994), les personnes aveugles incorporaient graduellement les caractéristiques typiquement tactiles dans leurs représentations en mémoire des objets.

En résumé, des études ont démontré qu'il y avait chez les personnes qui avaient perdu la vue un déclin graduel du contenu visuel dans l'imagerie mentale, dans les références visuo-spatiales (Berger & al., 1962 ; Heller, 1989 ; Hollins, 1989 ; Kerr & al., 1982). D'autre part, l'étude de Walker et Moylan (1994) a démontré que, dans cette même population, il y avait une augmentation graduelle du contenu tactile dans les représentations internes d'objets. On peut donc spéculer que les représentations tactiles remplaceraient progressivement les représentations visuelles dans l'imagerie mentale - capacité qui est apparemment sous la gouverne de la tablette visuo-spatiale. En définitive, ces études laissent entrevoir que l'expérience du toucher, en l'absence de vision, pourrait permettre un changement graduel du contenu visuel en contenu tactile à l'intérieur même de la mémoire de travail.

1.6 Les hypothèses de recherche

Avant d'aborder les hypothèses de recherche, il reste à se pencher brièvement sur la question de la définition de la condition visuelle. Contrairement à la majorité des études précédemment décrites, dans la présente recherche, deux groupes de personnes ayant une déficience visuelle ont été utilisés. Le fonctionnellement aveugle et le fonctionnellement voyant sont définis de la façon suivante :

Le fonctionnellement aveugle, handicapé inapte à lire et écrire et inapte à circuler dans un environnement non familier sans l'aide d'un guide, d'un chien ou d'une canne. (...) Le fonctionnellement voyant, handicapé apte à lire ou écrire par l'usage de ses yeux, avec ou sans aide visuelle, et apte à circuler dans un environnement non familier sans l'aide d'un guide, d'un chien ou d'une canne. (École d'optométrie, Université de Montréal, 1982, p. 7).

La définition du fonctionnellement aveugle est suffisamment claire. Par contre, celle du fonctionnellement voyant gagnerait à être précisée. Les critères qui définissent le fonctionnellement voyant dans l'actuelle recherche sont les mêmes que ceux qui sont en application dans tous les centres de réadaptation en déficience visuelle au Québec. Selon la Régie de l'assurance-maladie du Québec (organisme qui a la responsabilité d'établir ces critères), une personne ayant un handicap visuel est définie comme suit :

(...) toute personne qui réside au Québec, qui après correction au moyen de lentilles ophtalmiques appropriées, à l'exclusion des systèmes optiques spéciaux et des additions supérieurs à quatre (4) dioptries, a une acuité visuelle de chaque œil inférieur à 6/21, ou dont le champ de vision de chaque œil est inférieur à 60° dans les méridiens 180° ou 90°, (...).

(Manuel du programme d'aides pour les handicapés visuels, 1996, p. A-1).

Deux hypothèses principales sont avancées : (1) il existe chez les personnes fonctionnellement aveugles un module tactile spatial ; (2) le résidu visuel fonctionnel des personnes fonctionnellement voyantes exerce une influence inhibitrice sur l'utilisation du module tactile, en permettant l'utilisation de la tablette visuo-spatiale.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

2.1 Sujets

Quarante-six sujets âgés de 18 à 60 ans ont participé à cette étude : 22 sujets ayant une déficience visuelle et 24 sujets voyants. Les sujets ayant subi un traumatisme crânien ou toute autre maladie affectant le système nerveux ont été exclus de l'étude.

Les 22 sujets ayant une déficience visuelle ont été répartis en deux groupes égaux : les fonctionnellement aveugles (FA) et les fonctionnellement voyants (FV). Tous les sujets avaient une bonne maîtrise de la lecture de l'alphabet braille. En effet, tous les sujets fonctionnellement aveugles avaient déjà été évalués par l'Institut Nazareth et Louis-Braille, conformément aux règles de la Régie de l'assurance-maladie du Québec qui impose comme exigence que les personnes aient une lecture fonctionnelle du braille pour recevoir certains services en réadaptation. Quant aux sujets fonctionnellement voyants, ils avaient tous reçu, sauf deux d'entre eux, une éducation en braille lorsqu'ils étaient jeunes. Cependant, ces deux personnes occupaient, depuis de nombreuses années, des postes directement liés à une bonne connaissance du braille et elles avaient développé l'habileté

à le lire avec les doigts. En outre, la procédure de familiarisation prévue dans la tâche d'empan tactile permettait de vérifier si les sujets maîtrisaient suffisamment la lecture du braille avec les doigts.

Les tableaux 2.1 et 2.2 présentent les caractéristiques des deux groupes, établies à partir de rapports optométriques ou ophtalmologiques des dossiers de l'Institut Nazareth et Louis-Braille. Compte tenu de leurs complexités et par soucis de précision quant à la condition visuelle de chaque sujet, ces rapports ont été annexés au texte (cf. annexe 1 pour les sujets fonctionnellement aveugles et annexe 2 pour les sujets fonctionnellement voyants). Le consentement écrit des sujets avait été obtenu au préalable et une copie du formulaire d'autorisation se trouve à l'annexe 3. L'analyse de ces dossiers a conduit à exclure onze personnes qui avaient posé leur candidature à cette étude parce qu'elles présentaient des atteintes neurologiques associées à l'étiologie de leur déficience visuelle. Trois autres personnes ont également été exclues pour ne pas avoir réussi la procédure de familiarisation de la tâche d'empan tactile dont il sera question plus loin. Le recrutement des sujets FA et FV a été effectué par l'entremise d'organismes œuvrant dans le milieu de la déficience visuelle.

Les 24 sujets voyants ont été recrutés parmi les membres du personnel de l'université. Ces sujets ont également été répartis en deux groupes égaux pour former les groupes contrôles CSSA (contrôle sans suppression articulatoire) et CASA (contrôle avec

Tableau 2.1

Description des participants fonctionnellement aveugles

| Sujets | Sexe | Âge | Scolarité | Âge du début de la déficience visuelle | Étiologie |
|--------|------|-----|-----------|--|-------------------------------------|
| 1 | f | 47 | 14 | 0 | kératopathie et glaucome |
| 2 | m | 31 | 15 | 0 | décollement de rétine |
| 3 | m | 48 | 15 | 0 | cataractes congénitales et glaucome |
| 4 | m | 45 | 23 | 11 | traumatisme oculaire |
| 5 | m | 50 | 19 | 0 | rétinite pigmentaire |
| 6 | m | 43 | 19 | 19 | traumatisme oculaire |
| 7 | f | 53 | 20 | 0 | rétinite pigmentaire |
| 8 | f | 49 | 16 | 8 | kératopathie en bandelettes |
| 9 | m | 34 | 19 | 0 | anophtalmie congénitale |
| 10 | f | 46 | 18 | 0 | cécité congénitale cause inconnue |
| 11 | m | 53 | 08 | 7 | traumatisme oculaire |

Tableau 2.2

Description des participants fonctionnellement voyants

| Sujets | Sexe | Âge | Scolarité | Âge du début de la déficience visuelle | Étiologie |
|--------|------|-----|-----------|--|-------------------------------------|
| 1 | f | 47 | 11 | 0 | cataractes congénitales |
| 2 | f | 41 | 17 | 0 | albinisme oculo-cutané |
| 3 | f | 51 | 20 | 0 | cataractes congénitales |
| 4 | m | 42 | 20 | 0 | albinisme oculo-cutané |
| 5 | m | 54 | 15 | 45 | myopie maligne |
| 6 | m | 44 | 18 | 0 | cataractes congénitales et glaucome |
| 7 | f | 45 | 16 | 0 | cataractes congénitales |
| 8 | f | 53 | 13 | 0 | albinisme oculo-cutané |
| 9 | f | 55 | 15 | 20 | dystrophie cornéenne |
| 10 | f | 49 | 14 | 23 | atrophie optique de Leber |
| 11 | f | 42 | 16 | 0 | ectopie lenticulaire bilatérale |

suppression articulatoire). Ils avaient été sélectionnés de façon à être appariés aux sujets FA et FV selon l'âge, le sexe et l'éducation. Cependant, compte tenu du grand nombre d'exclusions principalement attribuables aux séquelles neurologiques relevées chez les sujets du groupe FA, il n'a pas été possible de maintenir l'appariement entre les sujets des quatre groupes, notamment pour la variable sexe. Enfin, tous les sujets de l'étude ont été rémunérés pour leur participation.

2.2 Les tâches

2.2.1 La tâche d'empan de chiffres

Pour obtenir une validité concomitante, les sujets des quatre groupes ont passé la première partie du sous-test de l'empan de chiffres du WAIS, à savoir celle qui consiste à répéter les chiffres dans l'ordre direct de présentation. Il s'agissait donc d'une tâche contrôle permettant d'établir une équivalence entre les quatre groupes. Les stimuli étaient présentés verbalement au rythme d'un à la seconde. Le rappel était oral.

2.2.2 La tâche d'empan visuel

La tâche d'empan visuel est une tâche de rappel sériel immédiat. Les stimuli étaient des consonnes présentées au rythme d'une à la seconde sur un écran d'ordinateur. Elle a été introduite pour : (1) vérifier l'efficacité de la tâche de suppression articulatoire qui consistait à répéter sans cesse et à haute voix le mot « bla » jusqu'au moment du rappel

oral indiqué par un signal sonore ; et, (2) pour évaluer le fonctionnement de la mémoire de travail visuelle des sujets FV.

La tâche d'empan visuel comprenait deux conditions expérimentales, c'est-à-dire qu'elle était exécutée avec et sans suppression articulatoire. Elle était composée de huit séries de deux séquences chacune. Le nombre de stimuli pour chaque séquence augmentait d'un stimulus à chaque nouvelle série. Par exemple, dans la première série, les séquences étaient composées de deux stimuli, alors que, pour la deuxième série, elles étaient composées de trois stimuli, et ainsi de suite jusqu'à la huitième série où les séquences étaient composées de neuf stimuli. Le choix des stimuli pour chacune des séquences avait été déterminé de façon aléatoire. De plus, toutes les séquences ressemblant à un sigle connu (e.g., GRC pour Gendarmerie royale du Canada) ont été rejetées. (Une copie des stimuli composant la tâche d'empan visuel se trouve à l'annexe 4.)

2.2.3 La tâche d'empan tactile

Dans un premier temps, il s'agissait de préciser s'il existait, chez les sujets FA, un module tactile spatial (la tablette tactile spatiale). Puis, dans un second temps, il fallait vérifier si la condition visuelle (FA versus FV) avait une influence sur son développement.

La tâche d'empan tactile est une tâche de rappel sériel immédiat exécutée avec et sans suppression articulatoire. Les stimuli étaient des consonnes présentées au rythme d'une à la seconde sur un afficheur braille. Le braille permettait aux sujets d'effectuer des gestalts de stimuli tactiles en éliminant l'interférence structurelle générée par le

mouvement (cf. section 4.1). Les sujets des groupes FA et FV devaient répéter sans cesse et à haute voix le mot « bla » jusqu'au moment du rappel oral indiqué par un signal sonore. Le processus de sélection des séquences de stimuli, tel que précédemment décrit, a été à nouveau refait. (Une copie des stimuli composant la tâche d'empan tactile se trouve à l'annexe 5.)

2.3 Équipement et procédure

2.3.1 Équipement

Le matériel utilisé pour la réalisation de l'étude comprenait un afficheur braille de marque Navigator (cf. annexe 6), interfacé à un ordinateur de table compatible IBM. La plage tactile de cet afficheur braille permet d'afficher simultanément jusqu'à quarante caractères. Pour les besoins de la tâche d'empan tactile, les stimuli apparaissaient toujours à la vingtième cellule.

Un logiciel de grossissement de caractère (lp-dos, ver. 5.1, Visionware Software Inc.) a également été utilisé par les sujets FV lors de la tâche d'empan visuel. À l'aide de ce logiciel, et avant le début de l'expérimentation, ils pouvaient ajuster la taille des lettres ainsi que la luminosité de l'écran à leur condition visuelle. L'ensemble de ce matériel était déjà disponible au Service d'intégration des étudiants handicapés de l'université.

2.3.2 La tâche d'empan de chiffres

Les sujets des quatre groupes ont passé la première partie du sous-test de l'empan de chiffres du WAIS, c'est-à-dire celle qui consiste à répéter les chiffres dans l'ordre direct de présentation. L'expérimentateur lisait à haute voix la séquence de chiffres à rappeler au rythme d'un stimulus à la seconde. Le rappel était oral. Après deux erreurs consécutives, l'expérimentateur mettait fin à l'épreuve en cours.

2.3.3 La tâche d'empan visuel

Les sujets des groupes FV, CASA et CSSA étaient assis face à un écran d'ordinateur. La séquence de stimuli à rappeler apparaissait au centre de l'écran au rythme d'un stimulus à la seconde. Chaque séquence était terminée par un signal sonore qui donnait aux sujets le signal du rappel oral. Les sujets des groupes FV et CASA exécutaient la tâche en condition de suppression articulatoire, c'est-à-dire que, jusqu'au moment du rappel, ils répétaient constamment à haute voix le mot « bla ». Les sujets du groupe CSSA n'étaient pas soumis à cette condition de suppression articulatoire. Ils pouvaient donc effectuer l'autorépétition des stimuli présentés visuellement. Pour les trois groupes (FV, CASA et CSSA), lorsque deux erreurs consécutives étaient commises, l'expérimentateur mettait fin à l'épreuve en cours.

2.3.4 La tâche d'empan tactile

Pour la tâche d'empan tactile, la procédure était la même que celle décrite pour la tâche d'empan visuel. Les sujets des groupes FA et FV étaient assis face à un afficheur

braille. Les doigts de la main préférée pour la lecture reposaient sur la plage tactile. L'ordinateur affichait à l'écran et simultanément sur l'afficheur braille la séquence de stimuli à rappeler au rythme d'un stimulus à la seconde. Chaque séquence était terminée par un beep qui donnait aux sujets le signal du rappel oral. Dans un premier temps, la tâche était exécutée sans suppression articulatoire. Dans un second temps, elle était exécutée avec suppression articulatoire. Les sujets devaient répéter sans cesse et à haute voix le mot « bla » jusqu'au moment du rappel. Dans les deux cas, après deux erreurs consécutives, l'expérimentateur mettait fin à l'épreuve en cours. À la fin de l'expérimentation, chaque sujet était interrogé sur la façon dont il s'était mentalement représenté les stimuli tactiles.

Une procédure de familiarisation avait été prévue pour les trois tâches d'empans. En effet, au début de chacune, deux séquences de deux stimuli étaient administrées. Pour chacune des tâches, un maximum de trois essais était alloué, après quoi, l'expérimentateur mettait fin à l'expérimentation et le sujet était alors exclu de l'étude.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Avant d'aborder les résultats, il convient d'effectuer un bref rappel des deux hypothèses de cette recherche. Ces hypothèses sont les suivantes : (1) il existe chez les personnes fonctionnellement aveugles un module tactile spatial ; et (2) le résidu visuel fonctionnel des personnes fonctionnellement voyantes exerce une influence inhibitrice sur l'utilisation du module tactile, en permettant l'utilisation de la tablette visuo-spatiale.

La première hypothèse se démontre en mesurant l'empan tactile par une tâche de rappel sériel immédiat exécutée concurremment à une tâche de suppression articulatoire. Alors que la deuxième hypothèse se vérifie en deux temps, c'est-à-dire : (1) par une analyse comparée des performances des groupes de sujets fonctionnellement aveugles et *fonctionnellement voyants sur la tâche d'empan tactile ; et (2) par une brève comparaison des stratégies de représentations mentales des stimuli tactiles utilisées par les sujets fonctionnellement aveugles et fonctionnellement voyants lors de l'exécution de la tâche d'empan tactile. Finalement, le groupe des sujets fonctionnellement voyants et un groupe de sujets voyants sont comparés sur une tâche d'empan visuel analogue à la tâche

d'empan tactile pour vérifier : (1) s'il existe une différence significative entre l'empan tactile et l'empan visuel ; et (2) s'il y a une différence significative entre les performances des groupes de sujets fonctionnellement voyants et voyants sur une tâche d'empan visuel.

La première tâche pour tous les sujets est la tâche d'empan de chiffres couramment utilisée pour déterminer si les groupes diffèrent dans la MT verbale. Il s'agit d'une tâche contrôle. Des différences entre les groupes à cette tâche pourraient poser problèmes pour l'interprétation des données subséquentes. En outre, les résultats seront également analysés en qualité de covariable.

Les résultats sont présentés de la façon suivante : (1) les comparaisons des caractéristiques descriptives relatives aux quatre groupes ; (2) la vérification de l'efficacité de la suppression articulaire ; (3) les performances comparées des groupes FV et CASA sur la tâche d'empan visuel ; (4) une analyse comparée des performances des groupes FA et FV sur la tâche d'empan tactile sans suppression articulaire ; (5) une analyse comparée des performances des groupes FA et FV sur la tâche d'empan tactile avec suppression articulaire ; (6) une comparaison entre les performances des sujets du groupe FA qui ont une cécité congénitale versus ceux qui ont une cécité acquise ; (7) une brève comparaison intermodale à partir des résultats obtenus par les groupes FA (tactile), FV et CASA (visuel). Lorsque les données concernent les quatre groupes, elles sont toujours présentées dans l'ordre : FA, FV, CASA et CSSA.

3.1 Les comparaisons des caractéristiques descriptives relatives aux quatre groupes

Une première ANOVA n'a pas révélé de différence significative entre les niveaux de scolarité des quatre groupes ($F(3,42)=.1926$, $p>.05$), les moyennes étant dans l'ordre : 16.91 (3.96), 15.91 (2.77), 16.67 (3.11) et 16.33 (3.23).

Une seconde ANOVA a mis en évidence une différence significative entre ces quatre groupes pour l'âge ($F(3,42)=3.8263$, $p\leq.05$), les moyennes étant dans l'ordre : 45.36 (7.09), 47.55 (5.15), 44.58 (6.30) et 37.92 (9.56). Une analyse post hoc de type Tukey ($p\leq.05$) a montré que cette différence se situait entre les groupes FV et CSSA.

Finalement, les sujets des quatre groupes ont passé la première partie du sous-test de l'empan de chiffres du WAIS. Il s'agissait d'établir s'il y avait une équivalence entre les quatre groupes sur une tâche de mémoire de travail autre que tactile et visuelle. Une troisième ANOVA a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les quatre groupes sur la tâche d'empan de chiffres du WAIS ($F(3,42)=1.0977$, $p>.05$). Le tableau 3.1 présente les performances des quatre groupes à la tâche d'empan de chiffres.

Dans l'ensemble, les analyses ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les quatre groupes à l'exception d'une légère différence entre les moyennes d'âges des groupes FV et CSSA. Toutefois, cette différence ne semble pas présenter de difficulté particulière car, à l'exception de la tâche d'empan de chiffres, les résultats de ces deux groupes ne sont pas comparés dans d'autres analyses. Enfin, les performances des quatre groupes sont équivalentes sur la tâche d'empan de chiffres.

Tableau 3.1

Performances des 4 groupes à l'empan de chiffres

| Sujets | N | Moyenne | Écart type | Minimum | Maximum |
|--------|----|---------|------------|---------|---------|
| FA | 11 | 7.09 | 1.38 | 5 | 9 |
| FV | 11 | 7.64 | 1.12 | 6 | 9 |
| CASA | 12 | 6.75 | 1.06 | 5 | 8 |
| CSSA | 12 | 7.08 | 1.16 | 6 | 9 |

3.2 L'efficacité de la tâche de suppression articuloire

Une tâche d'empan visuel a été introduite pour vérifier l'efficacité de la tâche de suppression articuloire. Elle comprenait deux conditions expérimentales : les sujets du groupe CASA l'ont exécutée avec suppression articuloire, alors que les sujets du groupe CSSA l'ont exécutée sans suppression articuloire. L'ANOVA a montré qu'il y avait une différence significative entre les scores des deux groupes contrôles sur la tâche d'empan visuel ($F(1,22)=9.0588$, $p<.01$). Les résultats présentés au tableau 3.2 montrent que, en plus d'obtenir une performance moyenne inférieure, le groupe CASA obtenait des scores minimums et maximums également inférieurs à ceux du groupe CSSA.

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité de la tâche de suppression articuloire chez les sujets du groupe CASA. Étant donnée que la même tâche de suppression articuloire a été employée par les sujets des groupes FA et FV lors de l'exécution de la tâche d'empan tactile, on peut inférer qu'elle a eu un effet similaire sur leurs performances.

Tableau 3.2

Performances des groupes CASA et CSSA à la tâche d'empan visuel

| Sujets | N | Moyenne | Écart type | Minimum | Maximum |
|--------|----|---------|------------|---------|---------|
| CASA | 12 | 4.42 | 0.67 | 3 | 5 |
| CSSA | 12 | 5.58 | 1.16 | 4 | 8 |

3.3 Le groupe FV et la tâche d'empan visuel

Pour évaluer le fonctionnement de la mémoire de travail visuelle des sujets du groupe FV, ils ont été soumis à la tâche d'empan visuel dans les mêmes conditions que celles du groupe CASA. Une ANOVA a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les performances de ces deux groupes ($F(1,21)=.78$, $p>.05$). Les résultats présentés au tableau 3.3 illustrent bien le peu de différence observée. Les minimums et maximums d'empans chez les deux groupes sont identiques.

Tableau 3.3

Performances des groupes FV et CASA à la tâche d'empan visuel

| Sujets | N | Moyenne | Écart type | Minimum | Maximum |
|--------|----|---------|------------|---------|---------|
| FV | 11 | 4.18 | .60 | 3 | 5 |
| CASA | 12 | 4.42 | .67 | 3 | 5 |

De plus, l'analyse de covariance n'a montré aucun effet de la tâche d'empan de chiffres sur les résultats ($F(1,20)=1.74$, $p=0.202$). La corrélation entre la tâche d'empan visuel et la covariable n'est pas significative ($r=0.328$, $p=0.219$).

3.4 La tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire

Il s'agissait de mettre en évidence l'existence d'un module tactile, chez les sujets FA et FV, en le mesurant à l'aide d'une tâche d'empan tactile. Puis, il fallait vérifier si la condition visuelle des sujets (FA versus FV) avait une influence sur son développement. Tout comme la tâche d'empan visuel, la tâche d'empan tactile comportait deux conditions expérimentales. Elle a été exécutée sans et avec suppression articulatoire. Une ANOVA n'a révélé aucune différence significative entre les groupes FA et FV dans la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire ($F(1,20)=1.56$, $p \geq .05$). Les résultats présentés au tableau 3.4.1 montrent bien le peu de différence entre ces deux groupes.

Tableau 3.4.1

Performances des groupes FA et FV à la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire

| Sujets | N | Moyenne | Écart type | Minimum | Maximum |
|--------|----|---------|------------|---------|---------|
| FA | 11 | 7 | 1.095 | 5 | 9 |
| FV | 11 | 6.36 | 1.286 | 5 | 9 |

Une ANCOVA a également montré qu'il n'y avait aucune différence significative entre les groupes FA et FV lorsque l'empan de chiffre était posé comme covariable dans l'analyse des performances ($F(1,19)=2.65$, $p=0.120$). La corrélation entre la tâche tactile sans suppression articulatoire et la covariable n'est pas significative ($r=0.430$, $p=0.121$).

Le tableau 3.4.2 présente les scores bruts des sujets des groupes FA et FV à la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire. Quatre (4) sujets du groupe FV obtenaient un empan supérieur ou égal à sept (7). Il s'agissait de personnes qui

travaillaient dans le domaine de la transcription de matériel scolaire en braille. Par conséquent, ces personnes étaient de façon presque quotidienne exposées visuellement et tactilement au braille. Ce sont les performances de ces quatre sujets qui ont probablement permis au groupe FV d'obtenir une moyenne comparable à celle du groupe FA.

Tableau 3.4.2

Scores bruts des sujets FA et FV à la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire

| Sujets | Empan tactile FA | Empan tactile FV |
|---------|------------------|------------------|
| 1 | 7 | 8 |
| 2 | 8 | 9 |
| 3 | 6 | 7 |
| 4 | 7 | 5 |
| 5 | 7 | 5 |
| 6 | 7 | 6 |
| 7 | 5 | 6 |
| 8 | 7 | 5 |
| 9 | 9 | 7 |
| 10 | 8 | 6 |
| 11 | 6 | 6 |
| Moyenne | 7 | 6.36 |

3.5 La tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire

La seconde condition expérimentale consistait à exécuter la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire. Une ANOVA a montré qu'il y avait une différence

significative entre les performances des groupes FA et FV ($F(1,20)=11.08, p<.05$). Chaque groupe correspond à une condition visuelle précise. Par conséquent, l'effet exercé par le facteur de la condition visuelle (fonctionnellement aveugle versus fonctionnellement voyant) sur le développement de l'empan tactile pourrait se refléter dans la différence observée entre leurs moyennes. Les résultats présentés au tableau 3.5.1 montrent que, en plus d'obtenir une performance moyenne supérieure, le groupe FA obtenait des scores minimums et maximums également supérieurs à ceux du groupe FV.

Tableau 3.5.1

Performances des groupes FA et FV à la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire

| Sujets | N | Moyenne | Écart type | Minimum | Maximum |
|--------|----|---------|------------|---------|---------|
| FA | 11 | 4.27 | .78 | 3 | 5 |
| FV | 11 | 3.18 | .75 | 2 | 4 |

En outre, une analyse de covariance a montré qu'il y avait une différence significative entre les groupes FA et FV lorsque l'empan de chiffres était utilisé comme covariable ($F(1,19)=19.27, p<0.05$). La performance du groupe FA augmente comparativement à celle du groupe FV qui diminue. Les moyennes ajustées sont dans l'ordre 4.36 (0.81) et 3.09 (0.72). La corrélation entre la tâche tactile avec suppression articulatoire et la covariable empan de chiffres est significative pour le groupe FA ($r=0.807, p=.003$). Le tableau 3.5.2 présente les scores bruts des sujets du groupe FA aux tâches d'empan de chiffres et tactile avec suppression articulatoire. Il est facile d'observer

qu'il y a une relation directe entre les scores. Les scores élevés ou faibles sur l'empan de chiffres correspondent généralement aux scores élevés ou faibles sur l'empan tactile.

Tableau 3.5.2

Scores bruts des sujets du groupe FA aux tâches d'empans de chiffres et tactile avec suppression articulatoire

| Sujets | Empan de chiffres | Empan tactile |
|---------|-------------------|---------------|
| 1 | 8 | 5 |
| 2 | 9 | 5 |
| 3 | 9 | 5 |
| 4 | 7 | 5 |
| 5 | 8 | 4 |
| 6 | 6 | 4 |
| 7 | 6 | 4 |
| 8 | 6 | 4 |
| 9 | 8 | 5 |
| 10 | 6 | 3 |
| 11 | 5 | 3 |
| Moyenne | 7.09 | 4.27 |

Par contre, il n'y a pas d'effet significatif pour le groupe FV ($r=-.04$, $p=.906$). Le tableau 3.5.3 illustre bien la situation. Les scores élevés ou faibles à l'empan de chiffres ne correspondent pas nécessairement aux scores élevés ou faibles à l'empan tactile.

Tableau 3.5.3

Scores bruts des sujets du groupe FV aux tâches d'empans de chiffres et tactile avec suppression articulatoire

| Sujets | Empan de chiffres | Empan tactile |
|---------|-------------------|---------------|
| 1 | 8 | 2 |
| 2 | 9 | 4 |
| 3 | 8 | 4 |
| 4 | 9 | 3 |
| 5 | 8 | 3 |
| 6 | 8 | 3 |
| 7 | 8 | 3 |
| 8 | 6 | 3 |
| 9 | 8 | 4 |
| 10 | 6 | 2 |
| 11 | 6 | 4 |
| Moyenne | 7.64 | 3.18 |

À la fin de l'expérimentation, les sujets des groupes FV et FA ont été interrogés sur la façon dont ils s'étaient mentalement représentés les stimuli tactiles. À la question « Comment vous êtes-vous représenté mentalement les lettres en braille ? » 10/11 sujets du groupe FV ont répondu qu'ils les avaient visualisées. Pour la plupart d'entre eux, la représentation visuelle prenait la forme des lettres braille. Ils se représentaient mentalement une image visuelle des points composant les stimuli. Pour d'autres, cette représentation prenait la forme de lignes formant des angles d'images familières. Par exemple, l'un des sujets décrivait le « t braille » comme lui rappelant une marche

d'escalier. Quant au seul sujet qui a déclaré se les avoir tactilement représentés, rien ne permet de croire qu'il puisse être différent des autres sujets. Il est possible qu'il ait répondu en fonction des attentes qu'il croyait percevoir chez l'expérimentateur.

Par contre, seul le sujet #6 du groupe FA a répondu, après réflexion, qu'il les avait également visualisées. Au cours de cette réflexion, le sujet s'est interrogé sur qu'est-ce qu'une représentation visuelle et une représentation exclusivement tactile. Le sujet #4 a également pris un instant de réflexion avant de répondre. Cependant, contrairement au sujet #6, il a choisi de répondre qu'il s'était tactilement représenté les stimuli. Les caractéristiques de ces deux sujets diffèrent quelque peu. En effet, la période de cécité du sujet #4 est de 34 années alors que celle du sujet #6 est de 24 ans (cf. tableau 2.1).

En comparant les deux analyses (test d'analyse de mesures répétées), il y avait une différence significative entre la tâche tactile sans suppression articulatoire et la tâche tactile avec suppression articulatoire ($F(1,20)=120.71$, $p<0.05$). La moyenne combinée des deux groupes était supérieure sur la tâche sans suppression comparativement à celle avec suppression articulatoire. Les nouvelles moyennes étant dans l'ordre 6.68 (1.21) et 3.72 (0.93). Cette différence entre ces deux tâches est également une autre confirmation de l'efficacité de la tâche de suppression articulatoire.

La tâche d'empan de chiffres est une tâche verbale. Par conséquent, la différence observée entre les moyennes de ces deux groupes à la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire semblerait être attribuable à la tâche de suppression articulatoire. Elle aurait eu plus d'effet sur les sujets du groupe FV que sur les sujets du groupe FA.

Le tableau 3.5.4 présente les scores bruts des sujets des groupes FA et FV à la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire. Malgré l'écart considérable des moyennes, quatre sujets du groupe FV obtenaient un empan égal à 4. Il s'agissait des quatre mêmes personnes qui travaillaient dans le domaine de la transcription de matériel scolaire en braille. Quant aux sept autres sujets, la nature de leurs activités les exposait au braille mais d'une façon plus ponctuelle et pour des périodes d'expositions beaucoup moins longues.

Tableau 3.5.4

Performances des sujets FA et FV à la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire

| Sujets | Empan tactile FA | Empan tactile FV |
|---------|------------------|------------------|
| 1 | 5 | 2 |
| 2 | 5 | 4 |
| 3 | 5 | 4 |
| 4 | 5 | 3 |
| 5 | 4 | 3 |
| 6 | 4 | 3 |
| 7 | 4 | 3 |
| 8 | 4 | 3 |
| 9 | 5 | 4 |
| 10 | 3 | 2 |
| 11 | 3 | 4 |
| Moyenne | 4.27 | 3.18 |
| | | |

3.6 Cécité congénitale et cécité acquise

Pour vérifier s'il y avait une différence entre les performances des sujets qui avaient une cécité congénitale et les sujets dont la cécité était acquise, le groupe FA a été scindé en deux sous-groupes (cécité congénitale et acquise) pour fin d'analyse. Un test t apparié a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes de cécité congénitale et cécité acquise sur la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire ($t(9)=0.858$, $p=0.413$). De plus, un autre test t apparié montre également qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux sous-groupes sur la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire ($t(9)=0.552$, $p=0.594$). Les tableaux 3.6.1 et 3.6.2 illustrent bien la situation.

Tableau 3.6.1

Performances des sujets avec cécité congénitale et acquise à la tâche tactile sans suppression articulatoire

| Sujets | N | Moyenne | Minimum | Maximum |
|--------------------|---|---------|---------|---------|
| Cécité congénitale | 7 | 7.14 | 5 | 9 |
| Cécité acquise | 4 | 6.75 | 5 | 9 |

Tableau 3.6.2

Performances des sujets avec cécité congénitale et acquise à la tâche tactile avec suppression articulatoire

| Sujets | N | Moyenne | Minimum | Maximum |
|--------------------|---|---------|---------|---------|
| Cécité congénitale | 7 | 4.43 | 3 | 5 |
| Cécité acquise | 4 | 4.00 | 3 | 5 |

3.7 Performances à l'empan tactile et visuel en condition de suppression articuloire

Une comparaison a été effectuée entre l'empan tactile du groupe FA et les empan visuels des groupes FV et CASA. Une ANOVA a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les performances de ces trois groupes ($F(2,31)=.3152$, $p>.05$). Le tableau 3.7.1 permet de mettre en évidence la grande ressemblance observée entre les résultats des groupes FA, FV et CASA pour les modalités tactile et visuelle en condition de suppression articuloire. Les scores maximums et minimums pour les empan tactile et visuel sont identiques, suggérant que les trois groupes présentent des performances analogues.

Tableau 3.7.1

Performance du groupe FA à la tâche d'empan tactile et performances des groupes FV et CASA à la tâche d'empan visuel

| Sujets | N | Moyenne | Écart type | Minimum | Maximum |
|--------|----|---------|------------|---------|---------|
| FA | 11 | 4.27 | .91 | 3 | 5 |
| FV | 11 | 4.18 | .60 | 3 | 5 |
| CASA | 12 | 4.42 | .67 | 3 | 5 |

Une analyse de covariance a montré qu'il n'y avait aucune différence significative entre les groupes FA (tactile), FV (visuel) et CASA (visuel) avec la covariable empan de chiffres ($F(2,30)=1.72$, $p=0.197$). Toutefois, la corrélation entre la variable dépendante et la covariable est significative. Cela est dû à la présence du groupe FA ($r=0.516$, $p=0.004$).

Pour le groupe CASA, la corrélation est tout juste non significative ($r=.548$, $p=.065$). Le tableau 3.7.2 présente la situation pour le groupe.

Tableau 3.7.2

Scores bruts des sujets du groupe CASA aux tâches d'empan de chiffres et visuel avec suppression articulatoire

| Sujets | Empan de chiffres | Empan visuel |
|---------|-------------------|--------------|
| 1 | 6 | 4 |
| 2 | 5 | 4 |
| 3 | 8 | 4 |
| 4 | 8 | 5 |
| 5 | 8 | 5 |
| 6 | 8 | 5 |
| 7 | 6 | 5 |
| 8 | 6 | 3 |
| 9 | 6 | 4 |
| 10 | 6 | 4 |
| 11 | 7 | 5 |
| 12 | 7 | 5 |
| Moyenne | 6.75 | 4.42 |

Par contre, pour le groupe FV, la corrélation est clairement non significative ($r=-.04$, $p=.906$). Le tableau 3.7.3 présente la situation pour le groupe FV.

Tableau 3.7.3

Scores bruts des sujets du groupe FV aux tâches d'empan de chiffres et visuel avec suppression articulatoire

| Sujets | Empan de chiffres | Empan visuel |
|---------|-------------------|--------------|
| 1 | 8 | 3 |
| 2 | 9 | 5 |
| 3 | 8 | 4 |
| 4 | 9 | 4 |
| 5 | 8 | 5 |
| 6 | 8 | 4 |
| 7 | 8 | 4 |
| 8 | 6 | 4 |
| 9 | 8 | 4 |
| 10 | 6 | 5 |
| 11 | 6 | 4 |
| Moyenne | 7.64 | 4.18 |

CHAPITRE IV

DISCUSSION

Le premier objectif de cette étude visait à préciser s'il existait, chez les personnes fonctionnellement aveugles, un module tactile spatial (la tablette tactile). Le second objectif se rapportait à l'influence de la condition visuelle (fonctionnellement aveugle versus fonctionnellement voyant) sur le développement de cette tablette tactile.

Dans la présente section, trois aspects seront discutés. En premier lieu, la discussion portera sur l'existence d'une tablette tactile chez les personnes fonctionnellement aveugles. Puis, en second lieu, la discussion portera sur l'influence de la condition visuelle sur son développement. Finalement, la question de la covariable empan de chiffres sera abordée.

4.1 L'existence de la tablette tactile chez les personnes aveugles

Les résultats ont montré que pour les sujets du groupe des fonctionnellement aveugles, il existait un module tactile dont l'empan variait de 3 à 5. Contrairement aux sujets du groupe des fonctionnellement voyants (dont il sera question plus loin), leurs

performances peuvent véritablement être interprétées en termes d'empan tactile spatial. Les sujets fonctionnellement voyants semblent avoir réalisé la même tâche mais en utilisant leur tablette visuo-spatiale.

Les similitudes entre les performances tactile et visuelle relevées au tableau 3.7.1 montrent également que l'empan tactile semble analogue à l'empan visuel. Il ne faut pas perdre de vue que l'empan est défini comme étant la capacité, en termes mathématiques, de stocker des stimuli. La comparaison s'arrête là car des études utilisant l'interférence sélective ont montré que les systèmes mnésiques impliqués, lors de la présentation visuelle de séquences de lettres, seraient plutôt de nature visuo-verbale que de nature visuo-spatiale (Logie, Zucco & Baddeley, 1990). Par contre, en ce qui concerne le braille, la littérature semble indiquer qu'il sollicite plutôt les fonctions spatiales que verbales (Mousty, 1986 ; Perrier, Belin & Larmande, 1988 ; Stuart, 1995).

L'actuelle étude n'a pas relevé de différence significative entre les performances des sept sujets congénitalement aveugles et celles des quatre sujets dont la cécité est acquise. Cependant, il faut remarquer que, parmi tous les sujets, ce sont les deux sujets dont la chronicité était la plus récente qui ont manifesté une certaine hésitation lorsqu'ils ont été interrogés sur la façon dont ils s'étaient représentés les stimuli braille. En effet, le sujet #4 qui a une chronicité de 34 ans a fini par choisir de répondre qu'il s'était représenté tactilement les stimuli. Alors que le sujet #6, dont la chronicité était de 24 ans, a plutôt opté pour une représentation visuelle.

Cette différence de dix ans dans la chronicité du handicap pourrait expliquer la différence dans leur choix de réponse. Dans le cas du sujet #6, les représentations

visuelles pourraient encore être présentes et ainsi faire concurrence aux représentations tactiles. En outre, comme l'ont fait remarquer ces deux sujets, ce n'est pas une question qui est nécessairement facile à trancher pour quelqu'un qui a déjà vu. Car, il s'agit d'un processus de changement graduel et très lent qui s'opère sur de nombreuses années.

Le déclin graduel du contenu visuel dans l'imagerie mentale et dans les références visuo-spatiales (Berger & al., 1962 ; Heller, 1989 ; Hollins, 1989 ; Kerr & al., 1982) s'accompagne d'une augmentation graduelle du contenu tactile dans les représentations internes d'objets (Walker & Moylan, 1994). On peut donc spéculer que chez le sujet #4 (dont la chronicité est de 34 ans), les représentations tactiles auraient progressivement remplacé les représentations visuelles, alors que pour le sujet #6 (dont la chronicité est de 24 ans), ce processus de transformation ne serait pas encore parachevé. Néanmoins, sa grande hésitation à répondre montre que, face à cet aspect de la question, sa condition actuelle est à un stade transitoire.

Le fonctionnement de la tablette tactile semblerait donc être le même que celui de la tablette visuo-spatiale. Seules, les modalités sensorielles et leurs représentations mentales sont différentes. En effet, il existe une différence importante entre regarder et toucher quelque chose. Les yeux peuvent capter d'un seul coup l'ensemble des caractéristiques visuelles d'un objet, alors que la main doit examiner une à une, et d'une façon séquentielle, toutes les caractéristiques tactiles d'un objet. En ce qui a trait à la représentation mentale des stimuli tactiles, Hollins (1989) a fait remarquer qu'il ne s'agissait pas de représentations verbales, ni de représentations explicitement haptiques, en ce sens que les personnes ne les touchaient pas à nouveau en mémoire. Ce sont

plutôt les caractéristiques tangibles d'un objet, telles que ses dimensions, son poids, sa texture, sa chaleur, sa forme, etc., qui sont mentalement représentées. Ce serait donc ces caractéristiques tactiles qui deviendraient des stimuli représentés dans le module tactile.

Cette description de la représentation en mémoire tactile semble donc exclure le mouvement. Le point de vue de Hollins (1989) pourrait, en partie, expliquer pourquoi les sujets congénitalement aveugles obtenaient des performances jugées inférieures à celles des sujets voyants dans la plupart des études de mémoire tactile précédemment décrites (voir les sections 1.3 à 1.5.3). En effet, dans la plupart des cas, ces études impliquaient des mouvements des mains. Les sujets aveugles pourraient donc avoir été soumis à une forme d'interférence structurelle. À ce sujet, McKinney (1964) avait expliqué que les erreurs que commettaient les sujets aveugles, dans son étude, étaient principalement causées par les interférences des sensations tactiles et kinestésiques produites par les mouvements de la main. Benedetti (1985, 1986) abondait également dans le même sens en démontrant que la dimension et la forme d'un objet pouvaient être mal jugées si l'on ne tenait pas compte avec précision de la forme que prenait la main lors de l'exploration tactile. Enfin, Potter (1995) observait que les enfants congénitalement aveugles éprouvaient des difficultés dans les représentations spatiales associées aux déplacements dans l'espace et aux mouvements d'exploration tactile.

Une évaluation haptique du module tactile semble donc très difficile à réaliser à partir d'objets ou de formes nécessitant de l'exploration tactile. Car, dans un premier temps, les sensations kinesthésiques peuvent causer de l'interférence structurelle avec les

sensations tactiles et, dans un second temps, il faut prendre en compte l'ensemble des caractéristiques tactiles de ces objets ou de ces formes comme étant autant de stimuli.

La méthodologie utilisée dans cette étude permettait d'éviter ces difficultés. Ainsi, les stimuli braille permettaient de tester et de vérifier la réalité d'une mémoire de travail tactile mesurée par un empan tactile. Selon Stuart (1995), une lettre braille est une représentation d'un micro-espace. Il n'y a pas d'exploration tactile, car le champ perceptuel du bout des doigts est suffisamment large pour la percevoir entièrement et rapidement sans mouvement d'exploration. Pour un bon utilisateur du braille, chaque lettre correspond en quelque sorte à un stimulus tactile, et cela, peu importe le nombre de points qui la compose. Il était donc possible pour les sujets aveugles d'effectuer des gestalts des stimuli tactiles. Autrement dit, une lettre braille est au module tactile ce qu'une forme est à la tablette visuo-spatiale. L'empan du module tactile pouvait donc ainsi se mesurer de la même façon que celui de la tablette visuo-spatiale en utilisant une tâche de rappel sériel immédiat avec suppression articulatoire.

4.2 L'influence de la condition visuelle

Malgré une bonne compétence dans la lecture du braille, et en dépit de leur déficience visuelle, les sujets du groupe fonctionnellement voyants n'ont pas développé un empan tactile aussi étendu que celui des sujets fonctionnellement aveugles. De fait, ils ne semblent pas l'avoir utilisé. En effet, lorsque interrogés sur la façon dont ils s'étaient représentés les stimuli tactiles, presque tous les sujets ont déclaré spontanément les avoir tout simplement visualisés. La vision chez les sujets fonctionnellement voyants semble

donc jouer le même rôle structurant que celui qui a déjà été décrit chez les sujets voyants dans les études de McKinney (1964), Cleaves et Royal (1979), Heller (1989), Cornoldi, Cortesi et Preti (1991). Cependant, cela ne signifie pas pour autant que ce module (même à l'état embryonnaire) n'existe pas chez ces sujets comme chez les voyants. Cependant, cela n'explique pas la différence observée entre les performances de ces deux groupes à la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire.

Une façon d'expliquer cette différence entre les groupes fonctionnellement voyants et aveugles est de parler en terme d'habileté. Les résultats qui figurent aux tableaux 3.4.2 et 3.5.2 permettent d'orienter la discussion dans cette direction. En effet, chez les fonctionnellement voyants, les quatre sujets qui ont obtenu les meilleurs scores aux deux tâches tactiles travaillaient dans le domaine de la transcription du braille. L'examen de leurs résultats montre qu'ils sont supérieurs à ceux de plusieurs sujets fonctionnellement aveugles et que leurs scores individuels à la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire sont très près de la moyenne du groupe des sujets fonctionnellement aveugles à cette même tâche. Il est facile d'admettre que l'exposition au braille, plusieurs heures par jour et cinq jours semaine permet de développer des habiletés particulière même si cette exposition est principalement à caractère visuel. Sauf que, si l'habileté est un facteur important, il n'est certainement pas le seul.

En effet, à la section 2.1 du chapitre II, il a été mentionné que trois personnes ont été exclues de l'étude parce qu'elles n'avaient pas réussi la procédure de familiarisation de la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire. Il s'agit de personnes congénitalement aveugles et scolarisées en braille. L'une de ces personnes travaille

comme technicienne de braille dans un centre de transcription. Ces personnes ont sans contredit une bonne maîtrise du braille. Cependant, elles n'ont pas été en mesure de réussir une tâche qui demandait un minimum de deux (2) d'empan tactile. Compte tenu du fait que le braille se lit séquentiellement de gauche vers la droite, une tablette tactile dont l'empan serait de un (1) ou de deux (2) pourrait, techniquement parlant, être suffisant pour la lecture. De plus, rien n'indiquait dans les rapports optométriques ou ophtalmologiques que ces personnes étaient atteintes d'un quelconque déficit neuropsychologique.

Il s'agit de personnes dont l'activité principale consiste à lire une grande quantité de braille à tous les jours. Elles doivent performer en lecture. Ces personnes, congénitalement aveugles, ne peuvent pas utiliser la tablette visuo-spatiale pour compenser l'apparente faiblesse de leur empan tactile. Il est tout probable qu'elles recourent d'avantage aux fonctions verbales. Or, la tâche de suppression articulaire ne permettait pas d'accéder à ces fonctions. Ainsi, l'habileté à lire le braille développée à partir d'une plus grande utilisation ne semble pas être le seul facteur qui puisse expliquer les différences de performances entre les sujets des deux groupes concernés.

Il existe une autre façon d'expliquer la différence observée entre les deux groupes. Lorsque interrogé sur le déroulement de l'expérimentation, tous les sujets ont déclaré ne pas avoir éprouvé de difficulté à bien percevoir les stimuli braille. Par contre, plusieurs d'entre eux ont jugé que le rythme de présentation (un stimulus à la seconde) était rapide. Si la perception n'est pas en cause, comment le rythme de présentation peut-il avoir un effet différent sur les deux groupes ? La réponse se trouve sans doute dans le fait que les sujets fonctionnellement voyants ont utilisé la visualisation comme stratégie de rétention.

Cela les a placés dans une situation où ils avaient à exécuter trois tâches concurrentes. En plus des tâches de suppression articulaire et de perception des stimuli tactiles, ils devaient effectuer une tâche de visualisation de ces mêmes stimuli. C'est sans doute cette dernière tâche informelle qui donne une plus grande importance au rythme de présentation. Cette visualisation représente une étape supplémentaire dans le traitement de l'information que l'on ne retrouve pas chez les sujets de l'autre groupe. Cette étape devait donc nécessiter un délai supplémentaire pour le traitement de chaque stimulus et, ainsi, faire augmenter les besoins en ressources attentionnelles.

Selon Groenveld et Jan (1992), il n'existe pas de différence significative entre les fonctionnellement voyants et les voyants sur les épreuves visuo-spatiales tant que, chez les fonctionnellement voyants, l'acuité et le champ visuel permettent de percevoir sans difficulté les stimuli. Dans le cas contraire, lorsque les sujets devaient effectuer un balayage visuel pour percevoir l'entièreté du stimulus, ils avaient tendance à utiliser la mémoire verbale pour compenser le déficit visuel. Mais aucune étude n'avait, jusqu'à ce jour, tenté d'évaluer de manière spécifique le fonctionnement de leur mémoire de travail visuelle.

Les sujets du groupe des fonctionnellement voyants ont donc été soumis à la même tâche d'empan visuel que ceux du groupe contrôle avec suppression articulaire. Cela avait pour but de déterminer dans quelle mesure il était possible de comparer ces deux groupes sur le fonctionnement de la mémoire de travail. Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre ces deux groupes. Un résidu des capacités visuelles semblerait donc suffisant pour maintenir l'intégrité du fonctionnement

de la mémoire de travail visuelle. Les performances des sujets fonctionnellement voyants à la tâche d'empan visuelle tendraient à confirmer les observations de Groenveld et Jan (1992), à savoir que la vision chez les sujets fonctionnellement voyants serait suffisante pour que leur développement cognitif soit plus près de celui des personnes voyantes que de celui des personnes fonctionnellement aveugles.

Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes sur la tâche d'empan tactile sans suppression articulatoire. Par contre, sur la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire une différence est apparue.

Les groupes fonctionnellement voyants et contrôle avec suppression articulatoire étant comparables selon l'âge, la scolarité et leurs performances aux tâches d'empan de chiffres et d'empan visuel, il semblerait justifié d'inférer que les résultats obtenus par les sujets fonctionnellement voyants à la tâche d'empan tactile pourraient être ceux qu'auraient pu obtenir des sujets voyants ayant la même expérience du braille.

4.3 L'effet de la covariable empan de chiffres

Pour débiter cette section, un bref rappel des résultats semble approprié. Un effet très significatif de la covariable empan de chiffres a été relevé chez le groupe des sujets fonctionnellement aveugles (FA) à la tâche d'empan tactile avec suppression articulatoire ($r=.807$, $p=.003$). Alors qu'aucun effet significatif n'a été relevé pour les sujets du groupe des fonctionnellement voyants (FV) ($r=-.04$ $p=.906$). Enfin, un effet tout juste non significatif a été observé chez les sujets contrôles avec suppression articulatoire (CASA) à la tâche d'empan visuel avec suppression articulatoire ($r=.548$, $p=.065$).

Pour les sujets voyants du groupe contrôle avec suppression articulatoire, le petit nombre de sujets pourrait expliquer les résultats. Il suffit que seulement deux ou trois sujets (cf. tableau 3.7.2) soient un peu déviants par rapport au groupe pour que la relation entre l'empan de chiffres et l'empan visuel soit tout juste non significative. Par contre, pour les deux autres groupes l'explication semble à première vue différente.

Plusieurs études ont mis en évidence le fait que les personnes ayant une déficience visuelle obtenaient généralement de meilleurs scores que les personnes voyantes sur la tâche d'empan de chiffres (Bauman, 1976 ; Smits & Mommers, 1976 ; Tillman, 1967). Cela serait le reflet d'une plus grande capacité de concentration et d'attention auditive nécessaire à l'accomplissement des activités de la vie quotidiennes, des plus simples aux plus complexes (Parker, 1969 ; Vander Kolk, 1977). Car, privée de vision, la personne aveugle doit recourir d'une façon beaucoup plus soutenue à ses facultés d'attention et de concentration dans une foule d'activités relativement simples pour une personne voyante. Par exemple, se déplacer sur la rue. La personne aveugle doit alors être attentive à une foule d'informations sur l'environnement immédiat qui lui sont fournies à la fois par son ouï, sa canne et ses pieds. Ces informations doivent être par la suite comparées à une représentation qu'elle a des lieux. Par conséquent, elle doit recourir à sa mémoire à court terme comme à long terme pour traiter ces informations qui lui parviennent simultanément par différents sens. Pour une personne aveugle, se déplacer sur la rue à l'aide d'une canne est un véritable travail où l'esprit doit constamment demeurer en alerte. Cette capacité d'attention et de concentration serait donc une conséquence directe de l'adaptation à la privation visuelle.

Lorsque l'on parle de déficience visuelle, cela inclut également les personnes fonctionnellement voyantes. Il faut se rappeler que selon Groenveld et Jan (1992), ces personnes avaient tendance à utiliser la mémoire verbale pour compenser leur déficience visuelle. Par conséquent, la possibilité d'obtenir une corrélation positive entre leurs performances à la tâche d'empan tactile avec suppression articuloire et leurs performances à la tâche d'empan de chiffres devrait se rapprocher de celle des sujets du groupe des fonctionnellement aveugles.

Si l'on prend pour acquis que les sujets fonctionnellement voyants de cette étude ont utilisé leur tablette visuo-spatiale pour se représenter les stimuli braille, cela pourrait expliquer pourquoi il n'y a pas de corrélation positive avec la tâche d'empan de chiffres. Car, comme il a déjà été mentionné à la section précédente, la visualisation des stimuli braille imposait une étape supplémentaire dans le traitement de l'information. Cette étape avait assurément un effet négatif sur les performances à la tâche d'empan tactile de ces sujets réduisant ainsi la probabilité d'obtenir une corrélation positive avec leurs performances à la tâche d'empan de chiffres. Mais, comment expliquer l'absence de corrélation avec la tâche d'empan visuel ?

Les sujets #5 et #10 (cf. tableau 3.7.3) ont obtenu des performances à l'empan de chiffres relativement faibles par rapport à leurs performances à l'empan visuel. Cela pourrait être dû au hasard, tout comme cela a pu être le cas pour le groupe contrôle avec suppression articuloire (CASA). Cependant, les sujets #1 et #4 ont obtenu des performances relativement faibles à l'empan visuel par rapport à l'empan de chiffres. Il pourrait s'agir ici d'un effet directement attribuable à la déficience visuelle de ces sujets.

Le logiciel de grossissement de caractères qui a été utilisé avait certaines limites, même s'il a semblé très bien convenir à la majorité des sujets. Malgré cela, pour certains sujets, il ne représentait qu'un compromis acceptable. En d'autres termes, ce logiciel n'était pas suffisamment flexible pour répondre parfaitement à l'ensemble des besoins correspondant à toutes les conditions visuelles. Il faut d'ailleurs préciser à ce sujet qu'il n'existe aucun logiciel capable de combler toutes les attentes en matière de compensations visuelles. Il fallait faire pour le mieux avec ce qui était disponible. Cela a certainement eu des répercussions sur les performances du groupe à la tâche d'empan visuel, notamment pour ces deux sujets.

La corrélation entre l'empan de chiffres et la tâche d'empan tactile avec suppression articulaire, chez les sujets fonctionnellement aveugles, pourrait donc s'interpréter comme étant une corrélation entre leurs capacités de concentration et leurs performances à la tâche d'empan tactile. Pour les sujets fonctionnellement voyants, cette corrélation entre l'empan de chiffres et les deux autres tâches d'empans n'a pu être établie pour deux raisons. La première est qu'en visualisant la tâche tactile ils avaient à effectuer une étape supplémentaire dans le traitement de l'information. Pour la tâche d'empan visuel, le hasard et les limites du matériel utilisé pour compenser la déficience visuelle semblent expliquer cette absence de corrélation positive.

Dans l'ensemble, l'interprétation de ces résultats repose en grande partie sur le fait que le braille a des liens apparents avec les fonctions spatiales. Mais, dans les faits, le braille n'est-il pas qu'une simple transposition tactile de l'alphabet conventionnel et, par conséquent, ne serait-il pas soumis aux mêmes structures cognitives que celui-ci, c'est-à-

dire verbales plutôt que spatiales ? Rien n'indique que, chez les personnes aveugles, la distribution des fonctions verbales est la même que chez les personnes voyantes. L'absence de vision pourrait permettre à l'hémisphère droit d'assumer une plus grande part des fonctions verbales que chez les personnes voyantes. Alors, comment peut-on affirmer que, chez les personnes aveugles, il n'existe pas de lien direct entre le toucher et les fonctions verbales semblables au lien visuo-verbal qui semble exister chez les personnes voyantes ?. Une seconde expérience a donc été nécessaire pour s'assurer de la véritable nature du braille, à savoir tactile verbale ou tactile spatiale.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE V

LE CONTEXTE THÉORIQUE

5.1 Introduction

Le but de cette seconde étude est de déterminer la nature (tactile verbale ou tactile spatiale) des stimuli braille. Ainsi, Il sera possible de vérifier si l'on mesure un empan tactile spatial ou tactile verbal lorsque l'on utilise des stimuli braille dans une tâche de rappel sériel immédiat avec suppression articulatoire. Une recension des écrits n'a permis d'identifier que quelques articles dont il a déjà été fait mention dans les sections 1.3.2 et 4.1.

En premier lieu, il sera donc question des principales évidences qui suggèrent que la lecture de l'écriture braille sollicite d'abord les fonctions spatiales chez les personnes qui l'utilisent. Puis, en second lieu, l'interférence sélective sera abordée comme moyen utilisé pour résoudre la question ainsi soulevée.

Le paradigme de l'interférence sélective réfère au modèle de la mémoire de travail. Comme la première partie de ce travail expose assez bien les grandes lignes des divers aspects de ce modèle, il ne sera donc pas nécessaire de revenir sur le sujet.

5.2 Les évidences de la nature spatiale du braille

Il existe certaines évidences du fait que le braille serait plutôt de nature tactile spatiale que tactile verbale. Stuart (1995) décrit le braille comme étant une représentation d'un micro-espace. En effet, il a démontré qu'un groupe de 31 enfants congénitalement aveugles qui avaient des problèmes d'orientation spatiale éprouvaient également des problèmes de lecture du braille. Ces enfants étaient tous affectés par une lésion dans la région pariéto-occipito-temporale de l'hémisphère droit. L'auteur de cette étude a soumis ces 31 enfants à deux tests c'est-à-dire : un premier test d'orientation spatiale et un second de lecture du braille. Par la suite, il a observé que les performances de ces enfants aux tests d'orientation spatiale et de lecture du braille étaient comparables. En outre, dans une étude, Perrier, Belin et Larmande (1988) ont présenté le cas d'une femme aveugle qui avait des difficultés à lire le braille après avoir subi une lésion pariétale postérieure droite. Une autre étude de cas décrite par Hanley, Young et Pearson (1991) a permis de conclure que le cortex pariétal postérieur droit joue un rôle important dans le fonctionnement de la tablette visuo-spatiale. Enfin, Mousty (1986) a mis en évidence une supériorité de la main gauche (donc hémisphère droit) pour la lecture unimanuelle du braille.

Plusieurs autres études ont montré que les systèmes mnésiques impliqués, lors de la présentation visuelle de séquences de lettres, seraient plutôt de nature visuo-verbale que de nature visuo-spatiale (cf. section 5.3). Malgré ses liens apparents avec les fonctions spatiales, il serait logique de croire que le braille est traité par les mêmes structures neurologiques que l'imprimé conventionnel. Après tout, le braille est une transposition tactile de l'alphabet conventionnel.

Cependant le braille se distingue des lettres conventionnelles par le fait qu'il est d'abord une distribution de points dans l'espace (cf. figure 5.1). Puis, c'est l'environnement spatial dans lequel il est placé qui détermine la signification du symbole braille. Si l'on place un symbole braille au centre d'une feuille sans indiquer où se trouvent le haut et le bas de la feuille, il est impossible de savoir avec exactitude de quel symbole il s'agit. Par exemple, en effectuant trois rotations de 90° par la droite, un *f* devient tour à tour *d*, *j* et *h*. En outre, comme il n'y a pas d'autre symbole à proximité, rien n'indique qu'il s'agit des points 1, 2 et 4 formant la lettre *f*. Par conséquent, il pourrait tout aussi bien s'agir des points 2, 3 et 5 c'est-à-dire, un *!*. Cela donne exactement la même distribution spatiale de points et, tout comme dans le cas précédent, trois rotations de 90° par la droite donneraient tour à tour les symboles : *point* (.), *guillemet fermant* (") et *guillemet ouvrant* ("). Cet exemple montre bien que, sans repères spatiaux adéquats, il a été possible d'évoquer huit représentations de l'imprimé conventionnel à partir d'une même distribution spatiale de trois points braille.

Figure 5.1

Deux exemples de trois rotations de 90° par la droite

Les six points du
braille 1 • •4
 2 • •5
 3 • •6

Représentation du *f*
braille 1 • •4
 2 •

Trois rotations de
90° à droite • • • •
 • *d* • • *j* • • *h*

Représentation du *!*
braille 2 • •5
 3 •

Trois rotations de
90° à droite • • • •
 • . • • " • • "

Pour être interprété de façon adéquate, le braille nécessite donc un contexte spatial. Cela, c'est sans tenir compte du fait que certains symboles changent de signification en fonction du contexte langagier dans lequel ils se trouvent, par exemple la notation informatique (Comité de normalisation du braille français en éducation, 1997), la notation mathématique (Comité de normalisation du braille français en éducation, 1996), la notation musicale (Braille Authority of North America, 1991), etc.

5.3 L'interférence sélective

Le paradigme de l'interférence sélective ressemble beaucoup à celui de l'attention partagée. Il s'agit de mesurer l'effet d'interférence qu'exercent deux tâches lorsqu'elles sont exécutées simultanément. Dans le cas du paradigme d'attention partagée, c'est l'attention qui est spécifiquement visée (donc le module de l'administrateur central), alors que le paradigme de l'interférence sélective peut s'appliquer à l'ensemble des fonctions cognitives.

La tâche de Brooks (1967) est généralement reconnue comme étant une tâche classique dans l'étude de l'interférence sélective. Elle est composée d'une tâche visuelle et d'une tâche verbale. Dans la tâche visuelle, les sujets doivent visualiser les déplacements de quatre carrés initialement disposés sur deux rangées de deux colonnes. Le carré de la deuxième colonne, deuxième rangée, est le premier à se déplacer. Pour les sujets, la tâche consiste à répéter les séquences d'instructions décrivant les mouvements des carrés (à droite de, à gauche de, en haut de, en bas de). Ils doivent également se souvenir des séquences de déplacement en les visualisant.

La tâche verbale consiste à utiliser les mêmes séquences que la tâche visuo-spatiale, mais en changeant les mots « droite, gauche, haut, bas », par « bon, mauvais, lent, rapide ». Les sujets doivent se rappeler les séquences de mots en les répétant par cœur. Pour les deux tâches, les instructions sont données à haute voix par l'expérimentateur. Les sujets donnent également leurs réponses à haute voix.

Baddeley, Grant, Wight et Thomson (1975) ont démontré qu'une tâche concurrente de poursuite visuelle avait un effet dévastateur sur la tâche de Brooks (1967). Par contre, cette même tâche de poursuite visuelle exerçait beaucoup moins d'effet sur une autre tâche à caractère verbal. Selon ces auteurs, cela démontrait que les deux tâches visuelles faisaient appel aux mêmes mécanismes de rétentions visuo-spatiales (la tablette visuo-spatiale). Baddeley et Lieberman (1980) ont également montré que le même effet se produisait sur la tâche de Brooks (1967) lorsque les sujets recevaient auditivement les informations sur la tâche de poursuite visuelle. Encore une fois, la tâche verbale en présentation visuelle était beaucoup moins affectée. Ces auteurs suggéraient que l'imagerie visuelle dépendait d'un système de nature spatiale plutôt que visuelle.

Beech (1984) a reproduit l'étude de Baddeley et Lieberman (1980) avec un groupe de 33 sujets. Les conclusions de cet auteur étaient différentes de celles de Baddeley et Lieberman. En effet, dans l'étude de Beech (1984), les deux tâches concurrentes spatiale et visuelle ont significativement interféré avec la tâche verbale. Selon Beech (1984), ces résultats suggéraient que la tablette visuo-spatiale était toute aussi visuelle que spatiale.

Phillips et Christie (1977a) ont établi une courbe de positions sérielles pour la reconnaissance de formes en mémoire visuelle. Ils ont utilisé des formes carrées dont certaines étaient à demie grisées. Les formes qui devaient être grisées étaient choisies de façon aléatoire. La reconnaissance des formes était effectuée dans l'ordre inverse de présentation. Ainsi, la dernière forme de la série était présentée la première. Dans cette condition, les performances pour la reconnaissance du dernier item de la liste (présenté en premier) étaient largement supérieures à celles pour les premiers items (présentés en dernier). Selon Phillips (1983), cet effet de récence pour le dernier item reflétait le fonctionnement de la mémoire à court terme visuelle. Les premiers items étaient en mémoire à long terme. Le dernier item était le seul à demeurer en mémoire à court terme. Toujours selon Phillips, il y avait une mémoire à court terme visuelle seulement parce que les stimuli traités étaient visuels. Toutes les modalités sensorielles partageaient les mêmes ressources mnésiques de la mémoire à court terme.

Phillips et ses collègues ont également étudié les effets de l'interposition d'une seconde tâche entre la présentation et la procédure de reconnaissance des stimuli visuels. L'une des principales découvertes qu'ils ont faites est que l'effet de récence du dernier item était annulé par plusieurs tâches secondaires dont une tâche de calcul mental (Phillips & Christie 1977b). Pour ces auteurs, il n'apparaissait pas clairement que ce qu'ils avaient observé sur l'effet de récence était uniquement attribuable à la tâche de calcul mental. Selon Phillips (1983), il pouvait s'agir d'un effet mettant en cause la capacité générale de la mémoire à court terme.

Broadbent et Broadbent (1981) ont montré que dans une tâche de reconnaissance de formes irrégulières, l'effet de récence pour les trois derniers items n'était pas affecté par l'interposition d'une tâche secondaire de dénombrement de symboles présentés sur une carte. Contrairement à Phillips (1983), ces auteurs ont conclu qu'il existait un système spécialisé dans le stockage à court terme des stimuli visuels. Selon Broadbent et Broadbent (1981), les tâches utilisées par Phillips et ses collègues étaient mal calibrées dans leurs niveaux de difficulté et exigeaient, en général, trop de ressources mnésiques. Enfin, ces auteurs ont émis l'opinion que la tâche de calcul mental de Phillips et Christie devait faire appel à des fonctions verbales clairement distinctes des fonctions visuo-spatiales.

Kruey, Sciamma et Glenberg (1994) ont demandé à 147 étudiants d'effectuer une tâche spatiale consistant à se souvenir de la dispositions de points sur un écran concurremment à deux autres tâches. La première tâche concurrente consistait en la lecture d'un texte sans illustration. La seconde tâche concurrente consistait à lire un texte illustré. Les résultats ont montré que la tâche concurrente avec illustrations interférait beaucoup plus avec la tâche visuo-spatiale que la tâche concurrente sans illustration. Ils ont conclu à l'existence de deux systèmes mnésiques distincts, c'est-à-dire l'un spatial et l'autre verbal.

Logie, Zucco et Baddeley (1990) ont demandé à 48 sujets d'exécuter une tâche d'empan de lettres en présentation visuelle et une tâche visuo-spatiale. Ces deux tâches ont été exécutées concurremment à une tâche de calcul mental (tâche verbale) et à une autre tâche visuo-spatiale.

Dans la tâche d'empan de lettres, les sujets devaient mémoriser des séquences de lettres qui étaient présentées sur un écran d'ordinateur au rythme d'une lettre à toutes les trois secondes. Après un délai de deux secondes, la séquence de lettres était à nouveau présentée et les sujets devaient indiquer quelle était la lettre qui ne faisait pas partie de la séquence originale. Pour la tâche visuo-spatiale, des carrés étaient présentés sur un écran d'ordinateur au rythme de quatre à la seconde. La moitié des carrés présentés étaient vides, alors que l'autre moitié étaient remplis. Les carrés remplis étaient choisis de façon aléatoire. Les séquences étaient affichées pendant deux secondes. Puis, l'écran s'effaçait et les séquences étaient à nouveau affichées. L'un des carrés remplis était cependant remplacé par un carré vide. Les sujets devaient indiquer quel carré ne figurait pas dans la séquence d'origine.

La tâche concurrente verbale comportait des séquences d'additions de cinq chiffres que les sujets devaient effectuer à haute voix et le plus rapidement possible. Pour la tâche concurrente visuelle, les sujets devaient visualiser une série de cinq rangées de trois carrés (quinze au total). Les carrés avaient un numéro correspondant à leur position sur le modèle. À partir de séquences d'instructions données verbalement par l'expérimentateur, les sujets devaient griser certains de ces carrés. Lorsque la séquence était terminée, ils devaient effectuer le rappel oral en utilisant les numéros correspondant à chaque carré et dire s'ils étaient ou non grisés.

Les résultats ont montré que la tâche concurrente spatiale interférait beaucoup moins avec la tâche d'empan de lettres que la tâche concurrente d'addition de chiffres.

À l'inverse, la tâche concurrente d'additions de chiffres interférait beaucoup moins avec la tâche d'empan spatiale que la tâche concurrente spatiale.

Dans une seconde expérience, ils ont demandé aux 48 sujets d'exécuter les deux tâches principales concurremment aux deux tâches spatiale et verbale de Brooks (1967). Les résultats ont montré que la tâche concurrente spatiale avait exercé beaucoup plus d'interférence sur la tâche d'empan visuo-spatial que sur la tâche d'empan de lettres. À l'inverse, la tâche concurrente verbale avait exercé beaucoup plus d'interférence sur la tâche d'empan de lettres que sur la tâche d'empan visuo-spatial. Logie, Zucco et Baddeley (1990) ont conclu à l'existence de systèmes mnésiques visuo-verbal et visuo-spatial distincts.

En définitive, ces études montrent que lorsque deux tâches sont exécutées concurremment, elles interfèrent beaucoup plus entre elles lorsqu'elles sont de même nature (e.g., spatiale versus spatiale) que lorsqu'elles sont de natures différentes (e.g., verbale versus spatiale). Ainsi, il apparaît comme étant possible de déterminer la nature d'une tâche en mesurant le degré d'interférence exercé par deux autres tâches exécutées concurremment à celle-ci.

La présente étude vise donc à déterminer si les stimuli braille sont de nature tactile verbale ou tactile spatiale. Pour ce faire, elle s'inspire des études basées sur l'interférence sélective et, principalement, celle de Logie, Zucco et Baddeley (1990).

CHAPITRE VI

MÉTHODOLOGIE

6.1 Sujets

Quinze sujets fonctionnellement aveugles (huit hommes et sept femmes) âgés de 31 à 55 ans ont pris part à cette étude. Neuf sujets avaient une cécité d'origine congénitale. Les six autres sujets avaient une cécité acquise dont l'âge d'acquisition et la chronicité variaient beaucoup. Ils utilisaient tous le braille de façon régulière dans l'ensemble des activités de la vie quotidienne (travail, études, loisirs, etc.). Ces sujets possédaient donc, sans contredit, une bonne maîtrise de la lecture du braille. En outre, la procédure de familiarisation prévue dans la tâche d'empan de lettres braille permettait de vérifier si les sujets avaient une maîtrise suffisante de la lecture du braille. Les sujets ayant subi un traumatisme crânien ou toute autre maladie affectant le système nerveux étaient exclus de l'étude.

Deux sujets ont été exclus de cette étude. Dans le premier cas, le sujet a manifesté une grande lenteur dans l'exécution des tâches ainsi qu'une très grande difficulté à effectuer les additions simples prévues dans la tâche d'additions de chiffres.

De plus, à plusieurs reprises, il a dérogé aux consignes qui lui ont été répétées plusieurs fois par l'expérimentateur. Quant au deuxième sujet, il a été pris d'un malaise en cours d'expérimentation. C'est à sa demande expresse que l'expérimentation a été interrompue. Le tableau 6.1 présente une description des 13 sujets de la présente étude. Les caractéristiques des sujets ont été établies à partir de rapports optométriques ou ophtalmologiques des dossiers de l'Institut Nazareth et Louis-Braille. Compte tenu de leurs complexités et par soucis de précision quant à la condition visuelle de chaque sujet, ces rapports ont été annexés au texte (cf. annexe 7). Le consentement écrit des sujets avait été obtenu au préalable. Il s'agit du même formulaire d'autorisation que celui qui figure à l'annexe 3.

Tableau 6.1

Description des participants fonctionnellement aveugles

| Sujets | Sexe | Âge | Scolarité | Âge du début de la déficience visuelle | Étiologie |
|--------|------|-----|-----------|--|--|
| 1 | m | 45 | 19 | 19 | traumatisme oculaire |
| 2 | f | 25 | 18 | 0 | dégénérescence tapéto-rétinienne |
| 3 | m | 29 | 16 | 0 | atrophie congénitale du nerf optique |
| 4 | m | 47 | 23 | 11 | traumatisme oculaire |
| 5 | m | 52 | 19 | 0 | rétinite pigmentaire |
| 6 | m | 33 | 16 | 0 | décollement de rétine et cataractes congénitales |
| 7 | f | 35 | 18 | 0 | rétinite pigmentaire |
| 8 | m | 50 | 15 | 0 | cataractes congénitales et glaucome |
| 9 | f | 51 | 16 | 8 | kératopathie en bandelettes |
| 10 | f | 48 | 18 | 0 | cécité congénitale de cause inconnue |
| 11 | f | 34 | 14 | 0 | rétinite pigmentaire |
| 12 | f | 31 | 14 | 20 | cécité de cause inconnue |
| 13 | f | 55 | 20 | 0 | rétinite pigmentaire |

6.2 Les tâches

6.2.1 La tâche d'empan de lettres braille

La tâche d'empan de lettres est une tâche de rappel sériel immédiat. Les stimuli sont des consonnes présentées au rythme d'une à toutes les trois secondes sur un afficheur braille. Elle est composée de huit séries de trois séquences chacune. Le nombre de stimuli pour chaque séquence augmente d'un stimulus à chaque nouvelle série. Par exemple, dans la première série, les séquences sont composées de deux stimuli, alors que, pour la deuxième série, elles sont composées de trois stimuli, et ainsi de suite jusqu'à la huitième série où les séquences sont composées de neuf stimuli. Le choix des stimuli pour chacune des séquences a été déterminé de façon aléatoire. De plus, toutes les séquences ressemblant à un sigle connu (e.g., GRC pour Gendarmerie Royale du Canada) ont été rejetées.

Les sujets devaient mémoriser les lettres dans l'ordre direct de présentation. Puis, après un intervalle de deux secondes, la même séquence de lettres était à nouveau présentée. Les sujets devaient repérer une nouvelle lettre qui avait été insérée dans la séquence. Dans un premier temps, les sujets exécutaient la tâche d'empan de lettres braille pour établir leur empan. Dans un second temps, cette tâche était exécutée concurremment à deux autres tâches pour vérifier la nature tactile spatial ou tactile verbale des stimuli braille.

6.2.2 Les tâches concurrentes

La tâche d'empan de lettres braille était combinée à deux tâches concurrentes. La première de ces tâches était une tâche de calcul mental simple effectuée à partir de cinq chiffres (des additions) présentés oralement. Après la présentation du deuxième, troisième, quatrième et cinquième chiffre, les sujets devaient donner oralement la réponse. Par exemple, si l'expérimentateur disait – 5 -, - 7 -, le sujet devrait répondre – 12 -, l'expérimentateur – 4 -, le sujet – 16 -, l'expérimentateur – 9 -, le sujet – 25 -, l'expérimentateur – 6 -, le sujet – 31 -. La séquence complétée, l'expérimentateur annonçait une nouvelle séquence et la tâche recommençait du début. Le rythme de présentation était basé sur la rapidité avec laquelle les sujets répondaient. Cependant, les sujets étaient invités à répondre le plus rapidement possible. Dans le cas d'une réponse hésitante, l'expérimentateur devait rappeler au sujet qu'il devait répondre le plus vite possible. Les sujets recevaient deux problèmes pour pratiquer. Par la suite, ils recevaient dix problèmes pour établir une mesure de contrôle de leur performance. L'efficacité de cette tâche a déjà été contrôlée par Logie, Zucco et Baddeley (1990).

La deuxième tâche en était une de représentation mentale de déplacements de blocs. Elle consistait à demander aux sujets de se représenter mentalement une série de trois rangées de deux blocs chacune. L'expérimentateur lisait à haute voix des instructions concernant la position relative des blocs les uns par rapport aux autres. Les sujets devaient déplacer les blocs autour de la figure initiale (cf. figure 6.1).

Figure 6.1

Exemple de figure initiale dans la tâche de représentation mentale de déplacements de blocs



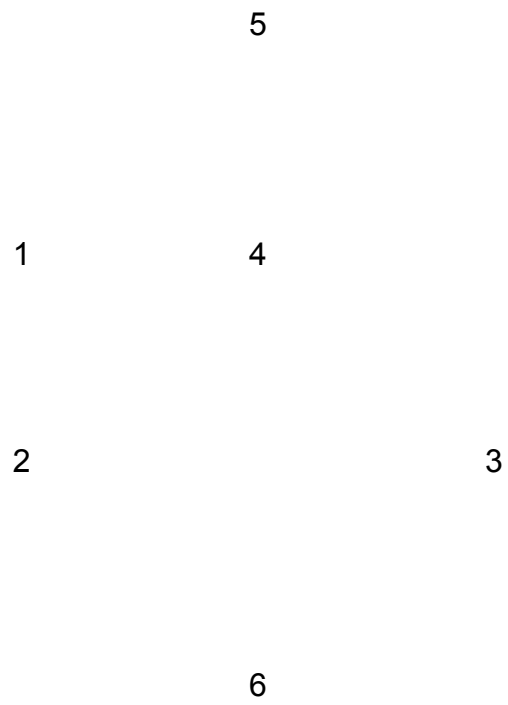
Les figures qui étaient ainsi obtenues n'avaient aucune correspondance avec les lettres de l'écriture braille. Car, à l'exception de la figure initiale, aucune lettre en braille ne compte simultanément les six points. Or, toutes les figures étaient toujours formées par les six blocs. Ceci signifiait qu'à l'occasion certaines rangées passaient de deux à quatre blocs et que certaines colonnes passaient de trois à cinq blocs. La figure initiale étant l'axe autour duquel se déplaçaient les blocs, les espaces vides créés par le déplacement de ceux-ci n'étaient jamais comblés par le déplacement d'autres blocs. Par exemple, l'expérimentateur pouvait dire au sujet de prendre le dernier bloc de la colonne de gauche et de le placer à la droite du deuxième bloc de la colonne de droite, même si ce dernier avait déjà été déplacé ailleurs. Le sujet devait alors positionner le bloc à déplacer comme si le bloc qui avait déjà été déplacé était toujours là. Ainsi, les sujets devaient effectuer des mouvements de déplacements de blocs - à gauche de -, - à droite de -, - en haut de -, - en bas de -, etc. (cf. figure 6.2).

Pour les sujets, il s'agissait de générer une image mentale des déplacements à partir des instructions données par l'expérimentateur. À la fin de chaque séquence d'instruction, le sujet était invité à verbaliser le résultat en décrivant les différentes figures ainsi obtenues, à l'aide des chiffres correspondants à chacun des blocs.

Les sujets pouvaient au préalable utiliser les blocs pour se représenter les figures générées par les déplacements. Lorsque la tâche semblait bien comprise, ils devaient effectuer deux essais

Figure 6.2

Représentation de deux déplacements successifs de blocs



sans les blocs. Les sujets étaient informés qu'à chaque nouvelle séquence, les blocs reprenaient leurs positions initiales. Les séquences de déplacements de blocs étaient prédéterminées de façon aléatoire. Le nombre de déplacements augmentait de manière proportionnelle à celui des séquences des séries de l'empan de lettres braille. Par exemple, à une séquence de trois lettres braille correspondait une séquence de trois déplacements de blocs. Par conséquent, le sujet avait à effectuer le rappel oral de trois représentations mentales de figures après avoir complété son rappel des lettres braille.

Tout comme pour la tâche de calcul mental, une mesure de contrôle des performances était effectuée à partir du maximum de figures que le sujet avait réussi à se rappeler. La tâche se distingue de celle de Brooks (1967) ou celle de Logie, Zucco et Baddeley (1990) pour plusieurs raisons.

La tâche de Brooks n'utilise que quatre stimuli, ce qui est considéré trop peu, car plusieurs symboles brailles sont formés de quatre points (e.g., g, n, p, r, t, v, w, x, z). Par contre, la tâche de Logie, Zucco et Baddeley (1990), contient trop de stimuli pour être adaptée. La mémoire tactile permet difficilement d'effectuer une gestalt sur autant de stimuli à la fois. Il fallait donc quelque chose d'intermédiaire entre Brooks (1967) et Logie, Zucco et Baddeley (1990). En outre, l'organisation spatiale de la figure de base dans la tâche de déplacement de blocs est bien maîtrisée par tous les utilisateurs de braille. Par conséquent, cette procédure permettait de réduire de beaucoup les différences individuelles dans les habiletés de représentations mentales observées chez les sujets aveugles (cf. la section 1.5).

6.3 Équipements et procédure

6.3.1 Équipements

Le matériel utilisé pour la réalisation de l'étude comprenait un afficheur braille de marque Navigator interfacé à un ordinateur de table compatible IBM. La plage tactile de cet afficheur braille permet d'afficher simultanément jusqu'à quarante caractères. Pour les besoins de la tâche d'empan de lettres braille, les stimuli apparaissaient toujours à la vingtième cellule.

Six blocs de même texture étaient utilisés pour la tâche de déplacements mentaux de blocs. Ils étaient tous alignés deux par deux sur trois rangées reproduisant ainsi la forme des six points caractéristiques de la figure de base à partir de laquelle les lettres en braille sont formées. En partant du sommet de chaque colonne, ils étaient numérotés *un*, *deux*, *trois*, pour la colonne de gauche, et *quatre*, *cinq*, *six*, pour la colonne de droite.

6.3.2 Procédure

Les sujets étaient assis face à un afficheur braille. Les doigts de la main gauche reposaient sur la plage tactile. L'ordinateur affichait à l'écran, et simultanément sur l'afficheur braille, la séquence de stimuli à rappeler au rythme d'un stimulus à chaque trois secondes. Chaque séquence était terminée par un beep. Après un intervalle de deux seconde, un deuxième beep donnait aux sujets le signal du rappel oral. La séquence de stimuli était de nouveau affichée toujours au même rythme. Les sujets avaient à indiquer lequel parmi les stimuli présentés ne faisait pas partie de la séquence d'origine.

Pour chacune des séries de stimuli, les sujets avaient à exécuter les deux tâches concurrentes. Pour chacun des sujets, l'ordre d'exécution de ces tâches était prédéterminée de façon aléatoire pour chacune des séries. Cela avait pour but de contrôler l'effet qu'aurait pu avoir l'ordre d'exécution des tâches sur les résultats.

Deux secondes après le début de la tâche d'empan de lettres braille, les sujets devaient débiter, selon le cas, l'une des deux tâches concurrentes jusqu'au moment du rappel de la tâche en cours. Les instructions pour ces tâches étaient données par l'expérimentateur de façon auditive. Dès que le rappel de la première tâche était complété, les sujets devaient effectuer le rappel oral de la tâche concurrente. Après trois erreurs consécutives sur la tâche d'empan de lettres braille, l'expérimentateur mettait fin à l'épreuve en cours.

CHAPITRE VII

RÉSULTATS

Dans cette section, les résultats sont présentés de façon succincte. Les tableaux 7.1 et 7.2 montrent les cinq résultats bruts des sujets aux trois tâches contrôles et à la tâche d'empan de lettres braille avec tâches concurrentes. Les résultats rapportés à la tâche d'additions de chiffres (tableau 7.2) constituent le nombre de séquences d'additions de cinq chiffres que le sujet a réussies sur un total prédéterminé de dix. Il ne s'agit donc pas à proprement parler d'une mesure d'empan au sens strict du terme. Les autres mesures peuvent être considérées comme étant des scores d'empans.

Afin d'évaluer s'il était possible de générer de l'interférence sélective verbale ou spatiale sur le braille, les scores des trois tâches d'empan de lettres braille ont été comparés. Les résultats qui suivent sont présentés : tâche d'empan de lettres braille, tâche d'empan de lettres braille avec additions de chiffres et tâche d'empan de lettres braille avec déplacements mentaux de blocs.

Tableau 7.1

Scores bruts des sujets aux trois tâches : additions de chiffres, lettres braille et déplacements mentaux de blocs

| Sujets | Addition de chiffres | Empan de lettres braille | Déplacements mentaux de blocs |
|---------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1 | 9 | 8 | 3 |
| 2 | 10 | 9 | 5 |
| 3 | 10 | 9 | 4 |
| 4 | 10 | 9 | 5 |
| 5 | 10 | 9 | 5 |
| 6 | 10 | 9 | 4 |
| 7 | 9 | 9 | 5 |
| 8 | 10 | 9 | 3 |
| 9 | 9 | 8 | 4 |
| 10 | 9 | 9 | 3 |
| 11 | 10 | 9 | 3 |
| 12 | 9 | 8 | 3 |
| 13 | 10 | 9 | 3 |
| Moyenne | 9.62 | 8.77 | 3.85 |

Tableau 7.2

Scores bruts des sujets à la tâche d'empan de lettres braille avec les tâches concurrentes
: additions de chiffres et déplacements mentaux de blocs

| Sujets | Braille et additions de chiffres | Braille et déplacements mentaux de blocs |
|---------|-------------------------------------|---|
| 1 | 7 | 2 |
| 2 | 5 | 2 |
| 3 | 7 | 2 |
| 4 | 7 | 2 |
| 5 | 7 | 2 |
| 6 | 7 | 2 |
| 7 | 5 | 0 |
| 8 | 6 | 0 |
| 9 | 6 | 0 |
| 10 | 7 | 2 |
| 11 | 5 | 0 |
| 12 | 5 | 0 |
| 13 | 5 | 0 |
| Moyenne | 6.08 | 1.08 |

Une ANOVA a mis en évidence une différence significative entre ces trois tâches ($F(2,36)=272.6450$, $p<.001$), les moyennes étant dans l'ordre : 8.77 (0.44), 6.08 (0.95) et 1.08 (1.04). Le tableau 7.3 présente les résultats. Il apparaît que la différence la plus importante se trouve entre la tâche d'empan de lettres braille et la tâche d'empan de lettres braille exécutée concurremment avec la tâche de déplacement mentaux de blocs.

Tableau 7.3

Performances des sujets aux trois tâches d'empan de lettres braille :
tâche d'empan de lettres braille, tâche d'empan de lettres braille avec additions de chiffres et tâche d'empan de lettres braille avec déplacements mentaux de blocs

| Tâches | N | Moyenne | Écart type | Minimum | Maximum |
|---|----|---------|------------|---------|---------|
| Empan de lettres braille | 13 | 8.77 | 0.44 | 8 | 9 |
| Empan de lettres braille avec additions de chiffres | 13 | 6.08 | 0.95 | 5 | 7 |
| Empan de lettres braille avec déplacements mentaux de blocs | 13 | 1.08 | 1.04 | 0 | 2 |

Un test t a montré qu'il y avait une différence significative entre la tâche de braille (TELB) et la tâche de braille exécutée concurremment à la tâche d'additions de chiffres (TELBAC) ($t(12)=8.954$, $p<0.001$). Lorsqu'elle est exécutée seule, la performance à la tâche d'additions de chiffres est supérieure à celle obtenue lorsqu'elle est exécutée concurremment à la tâche de braille. Les moyennes sont dans l'ordre : 9.62 et 9.15. Un test t a mis en évidence une différence significative entre ces deux performances ($t(12)=11.327$, $p<.001$).

Dans une autre analyse, un test t a montré qu'il y avait une différence significative entre la tâche d'empan de lettres de braille et la tâche d'empan de lettres de braille exécutée concurremment à la tâche de déplacements mentaux de blocs ($t(12)=-9.114$, $p<0.001$). Tout comme dans le cas précédent, lorsqu'elle est exécutée seule, la performance à la tâche de déplacements mentaux de blocs est supérieure à celle obtenue lorsqu'elle est exécutée concurremment à la tâche de braille ($t(12)=22.768$, $p<.001$). Les moyennes sont dans l'ordre : 3.85 (0.89) et 1.08 (1.04).

Des deux tâches concurrentes (additions de chiffres et déplacements mentaux de blocs), la tâche de déplacements mentaux de blocs est celle qui est la plus affectée par la tâche concurrente braille. Un test d'analyse de mesures répétées a également montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les sujets congénitalement aveugles et ceux dont la cécité était acquise pour aucune des tâches ($F(2,10)=0,65$, $p=0.937$).

CHAPITRE VIII

DISCUSSION

Cette étude visait à déterminer si les stimuli braille étaient de nature tactile verbale ou tactile spatiale. Pour ce faire, elle s'était inspirée des études basées sur l'interférence sélective de Logie, Zucco et Baddeley (1990) et de Brooks (1967).

La méthodologie de cette étude reprenait donc les grandes lignes de la première partie de l'étude de Logie, Zucco et Baddeley (1990). À l'exception de la tâche spatiale qui a été adaptée pour des sujets aveugles, les deux autres tâches (empan de lettres et additions de chiffres) étaient l'exacte réplique de celles utilisées par ces auteurs.

Les résultats obtenus sont sans équivoque. Le braille sollicite tout d'abord les fonctions spatiales. C'est la tâche spatiale qui a interféré le plus avec la tâche d'empan de lettres braille. Les performances de tous les sujets sur ces deux tâches ont chuté de manière dramatique. La moyenne du groupe pour la tâche d'empan de lettres braille est passée de 8.77 à 1.08 lorsqu'elle a été exécutée concurremment à la tâche spatiale. Par contre, lorsqu'elle a été exécutée concurremment à la tâche d'additions de chiffres, la performance moyenne du groupe à la tâche d'empan de lettres braille est passée à

6.08. C'est également la tâche spatiale (déplacements mentaux de blocs) qui a le plus souffert de l'interférence avec la tâche d'empan de lettres braille. La moyenne du groupe est passée de 3.85 à 1.08.

Dans le cas de la tâche verbale (additions de chiffres), la moyenne du groupe exprimée en pourcentage d'additions réussies n'a que légèrement diminué passant de 96.20% à 91.46%. Dans leur étude, Logie, Zucco et Baddeley (1990) ont observé une diminution semblable des performances entre la tâche verbale et spatiale. Pour ces auteurs, cette diminution des performances était le reflet de la réduction de la quantité de ressources attentionnelles disponibles pour l'exécution simultanée de ces deux tâches. En d'autres termes, deux tâches de natures différentes exécutées simultanément demandent plus de ressources attentionnelles qu'une tâche exécutée seule. Par conséquent, l'effet observé était plutôt de nature attentionnelle que de nature verbale ou spatiale.

Le fait que, lorsque exécutées concurremment, les moyennes des tâches d'empan de lettres braille et spatiale sont les mêmes laisse entrevoir la possibilité qu'elles se soient partagées l'empan spatial de façon égale. En effet, l'addition de ces deux moyennes donne 2.16. Or, la moyenne pour la tâche spatiale (déplacements mentaux de blocs) est de 3.85, c'est-à-dire une différence de 1.69. Si l'on considère que les deux tâches augmentaient simultanément de un (1) stimulus à chaque nouvelle série, il est facile de comprendre que, dans les meilleurs cas, les performances n'ont pas dépassé le stades des séries de deux (2) stimuli puisque, dans les fait, les deux tâches combinées donnent un total de quatre (4) stimuli. La réussite d'une série de trois

(3) aurait donné, en combinant les deux tâches, un total de six (6) stimuli. Cela dépasse le total maximum de cinq (5) obtenu lors de l'exécution de la tâche spatiale sans tâche concurrente.

Les résultats de cette étude sont diamétralement opposés à ceux obtenus par Logie, Zucco et Baddeley (1990). En effet, ces auteurs avaient observé que c'était entre la tâche d'empan de lettres et la tâche d'additions de chiffres que se produisait le plus grand effet d'interférence. Cela les avait conduit à conclure que la tâche d'empan de lettres était de nature visuo-verbale plutôt que visuo-spatiale puisque la tâche d'additions de chiffres faisait appel aux fonctions verbales.

En appliquant le même raisonnement, il est possible de conclure que le braille est spatial puisqu'il interfère avec une autre tâche de nature spatiale. Ces résultats viennent donc confirmer les observations de Stuart (1995) et de Perrier, Belin et Larmande (1988). Le braille ne semble donc pas soumis aux mêmes structures cognitives que l'imprimé conventionnel.

Alors que les études utilisant l'interférence sélective ont montré que les systèmes mnésiques impliqués, lors de la présentation visuelle de séquences de caractères, seraient plutôt de nature visuo-verbale que de nature visuo-spatiale, le braille, dans un premier temps, semble faire appel aux fonctions spatiales. Puis, dans un second temps, les stimuli semblent être transférés aux fonctions verbales probablement par l'entremise de la boucle articulatoire. D'ailleurs, les utilisateurs du braille s'accordent généralement pour affirmer qu'au cours de la lecture il se produit une verbalisation des stimuli qu'ils décrivent comme étant sous la forme d'une voix interne. Ainsi, il apparaît donc qu'en

bloquant le fonctionnement de la boucle articulatoire (cette voix interne) il soit possible de mesurer un empan tactile spatial, plutôt que tactile verbal, lorsque l'on utilise des stimuli braille dans une tâche de rappel sériel immédiat avec suppression articulatoire.

CHAPITRE IX

DISCUSSION GÉNÉRALE

Cette recherche apporte deux contributions à la problématique de la mémoire de travail chez les personnes ayant une déficience visuelle. La première concerne l'existence d'un module tactile spatial chez les personnes fonctionnellement aveugles (la tablette tactile). La seconde permet de voir l'influence, apparemment inhibitrice, d'un résidu visuel fonctionnel sur le développement de l'empan tactile en favorisant l'utilisation de la tablette visuo-spatiale chez les personnes fonctionnellement voyantes. Ces deux contributions permettent de mieux comprendre la problématique de la mémoire de travail dans le contexte de la déficience visuelle. Elles permettent également de contribuer à l'édification d'un modèle de développement cognitif en regard de la déficience visuelle.

La première étude a permis de démontrer l'existence d'un module tactile (la tablette tactile) chez les personnes aveugles. La seconde étude a permis de vérifier l'aspect spatial de ce module en déterminant la nature spatiale des stimuli braille qui ont été utilisés lors de la première étude. Les discussions qui suivent chacune des deux

parties de la recherche traitent de l'aspect cognitif. Cependant, elles n'expliquent pas pourquoi il a été possible de mesurer la tablette tactile chez les personnes fonctionnellement aveugles et non chez les personnes fonctionnellement voyantes. Ainsi, la question de l'influence de l'expérience visuelle sur le fonctionnement ou le développement de la mémoire de travail tactile se pose de façon aiguë. À cet égard, l'hypothèse d'une organisation cérébrale fonctionnelle différente selon le type d'expérience visuelle du sujet mérite d'être explorée.

Des recherches ont montré que des changements corticaux très importants peuvent survenir chez les humains comme chez les animaux, lorsqu'une perte de vision se prolonge sur une longue période ou lorsqu'elle se produit très tôt après la naissance. Pour mieux comprendre le phénomène, les recherches effectuées sur les animaux seront examinées, car elles peuvent renseigner sur les changements comportementaux et physiologiques qui surviennent à la suite d'une privation visuelle prolongée. Puis, une revue des études portant sur les comportements humains associés à la privation sensorielle visuelle sera effectuée, pour finalement aborder la question de la réorganisation fonctionnelle.

9.1 Les effets comportementaux

Les travaux de Wiesel et Hubel (1965a, b) ont montré que la vision est affectée par la privation de stimuli visuels même lorsque la rétine n'est pas endommagée. Ils ont suturé les paupières de chatons les privant ainsi de tous les patrons de stimulation rétinienne tout en permettant l'entrée de lumière diffuse dans les yeux. (Comme c'est le

cas pour une grande majorité de personnes non-voyantes.) L'un de ces chatons a eu les paupières suturées au dixième jour après sa naissance, c'est-à-dire un peu avant que ses yeux se soient normalement ouverts. Lorsque le chaton a atteint l'âge de trois mois, ses paupières ont été ouvertes sous anesthésie générale. Malgré que ses yeux étaient en bonne condition, son comportement donnait l'impression qu'il ne voyait rien.

L'une des plus importantes découvertes de Wiesel et Hubel a été que ce déficit perceptuel survenait seulement si la privation visuelle se produisait très tôt dans la vie de l'animal. En effet, si le chaton avait pu bénéficier de plusieurs mois de vision normale avant d'être privé de stimulations visuelles, cela n'aurait eu aucun effet substantiel sur son comportement visuel. Cette période des premiers mois au cours de laquelle le chaton est susceptible d'être pleinement affecté par une privation visuelle est appelée la période critique.

Cependant, les chatons privés de stimulations visuelles durant cette période ne deviennent pas nécessairement complètement aveugles. Sherman (1973) a suturé les paupières de chatons avant la fin de la période critique, pour une durée d'un an. Après leur avoir ouvert les paupières, il a évalué leurs champs visuels. Les tests ont montré que les chats pouvaient voir dans la partie temporale du champ visuel de chaque œil, mais ne manifestaient aucune réaction lorsque les stimuli étaient présentés dans la partie nasale du champ visuel.

Ces résultats sont exactement ce à quoi l'on serait en mesure de s'attendre si la vision résiduelle de ces chats était sous la médiation des colliculi supérieurs plutôt que sous celle du cortex visuel. Car, chaque rétine envoie au colliculus supérieur

principalement la moitié temporale du champ visuel, alors que le cortex visuel reçoit toute l'information en provenance des deux moitiés du champ visuel. Par la suite, d'autres recherches confirmeront ces résultats quant à la dépendance des chats sur les colliculi supérieurs dans les mêmes conditions (Sherman, 1977).

Dans le cas des humains congénitalement non-voyants (par cataracte) et opérés tardivement, la vision résiduelle est grossière et est sous la médiation des colliculi supérieurs. Mais, dans une telle situation, le cortex visuel a été sévèrement endommagé (Hollins, 1989). Il est donc facile de s'imaginer que les chats privés de stimulations visuelles ont également subis des dommages au cortex visuel causé par les conditions dans lesquelles ils ont été élevés.

9.2 Les effets physiologiques

Wiesel et Hubel (1965a) ont étudié le cortex visuel de chatons qui avaient eu les paupières suturées à la naissance en utilisant la même technique que dans leurs travaux précédents avec des chatons élevés dans des conditions normales. Alors que tous les neurones du cortex visuel des chats élevés normalement répondaient à des stimuli très spécifiques, ces chercheurs ont trouvé que 3 neurones sur 10 chez les chats qui avaient été élevés avec les paupières suturées ne répondaient à aucun stimulus. Parmi les neurones qui répondaient aux stimuli visuels, un peu plus de la moitié répondaient normalement en fonction de leurs propriétés respectives. Leurs champs récepteurs apparaissaient au bon endroit sur un écran relié à des électrodes implantées dans le cortex visuel, et chacune des cellules manifestait une préférence

pour une barre ou encore une orientation particulière de ligne. Enfin, environ 30% des cellules répondaient aux stimuli visuels, mais d'une façon anormale : elles manifestaient une légère préférence pour une orientation de ligne plutôt qu'une autre, se fatiguaient facilement et requéraient une période de repos prolongée avant d'être en mesure de réagir à nouveau.

D'autres recherches ont confirmé ces résultats (Sherman & Spear, 1982 ; Singer & Treter, 1976 ; Watkins, Wilson & Sherman, 1978). Malgré l'accord sur les résultats, une controverse s'est développée sur la meilleure façon d'interpréter ces découvertes. Les questions qui se posaient alors étaient : est-ce que la privation de stimulations visuelles a pour effet de provoquer la détérioration du cortex visuel, ou est-ce qu'elle a pour effet de prévenir le développement normal de la structure du cortex visuel? Chez le chat, la réponse est probablement entre ces deux extrêmes. Mais, chez le singe qui est beaucoup plus développé visuellement à la naissance, l'hypothèse de la détérioration semble plus plausible (Wiesel & Hubel, 1974).

En résumé, les chats qui ont été privés de stimuli visuels très tôt à la naissance perdent une grande partie de leurs habiletés à voir. Ce déclin perceptuel est accompagné par, et est probablement le résultat de, la perte de la capacité des cellules corticales à répondre normalement aux stimuli visuels. Si les chats sont replacés dans un environnement visuel normal à l'intérieur des deux premiers mois, les dommages peuvent être réversibles. Mais, au-delà de cette période, ils deviennent permanents ; dans ce cas, les chats demeurent avec une vision grossière limitée qui est sous la médiation des colliculi supérieurs.

9.3 Privation visuelle chez l'humain

Contrairement aux cellules dans un cortex visuel normal qui répondent vivement à la présentation de stimuli particuliers, plusieurs cellules d'un cortex visuel privé de stimulation répondent faiblement à une grande variété de stimuli ou bien ne répondent à aucun. Mais, chez les humains, que ce passe-t-il?

Von Senden (1960) a rassemblé dans les écrits médicaux de nombreux cas de personnes à qui on a enlevé des cataractes congénitales à l'âge adulte. Après l'intervention chirurgicale, ces personnes n'étaient pas capables de reconnaître des objets familiers par la vue même après l'ajustement de verres correcteurs. La vision des formes demeurait très pauvre. Lorsqu'un objet très voyant leur était présenté, ils pouvaient distinguer la présence de quelque chose, pointer vers l'objet de manière approximative sans toutefois être en mesure de l'identifier. Les objets de même dimension étaient souvent indifférenciables. Malgré d'importantes variations dans les habiletés visuelles individuelles postchirurgicales de ces patients (Valvo, 1971 ; Gregory & Wallace, 1963), ces nombreux cas rapportés dans les écrits médicaux mettent en évidence les similitudes avec les observations effectuées chez les animaux.

Enfin, Gelbart, Hoyt, Jastrebski et Marg (1982) ont étudié 24 enfants ayant des cataractes congénitales qui ont été retirées pendant et un peu après la période critique, c'est-à-dire les deux premiers mois de la vie. Dix-sept de ces enfants ont été opérés avant l'âge de huit semaines, alors que les sept autres l'ont été passé cette période. Après l'intervention, tous les bébés avaient reçu des lentilles cornéennes pour s'assurer que leurs rétines recevaient une image claire des objets dans les champs visuels. Les

tests d'acuité visuelle ont montré que parmi le premier groupe, 15 enfants avaient une acuité de 20/60 ou plus. Des 7 autres enfants, pour lesquels l'intervention chirurgicale a été effectuée après l'âge de huit semaines, un seul avait une acuité supérieure à 20/60 ; les six autres avaient une acuité de 20/200 ou moins. Ils étaient considérés comme étant légalement aveugles. Ces résultats confirment donc l'importance des deux premiers mois de la vie chez l'humain dans le développement de l'acuité visuelle (Parks, 1982).

Une cécité complète, à un âge plus avancé, peut également affecter de manière aussi dramatique les cellules du cortex visuel. Ackroyd, Humphrey et Warrington (1974) ont décrit le cas d'une femme qui avait perdu la vue à l'âge de 3 ans (donc largement après la période critique) à la suite d'une petite vérole qui avait atteint ses cornées. À l'âge de 27 ans, elle a reçu une greffe de la cornée à l'œil gauche. Malgré la complète réussite de l'intervention, elle pouvait voir seulement les objets lorsqu'ils étaient en mouvements ou si leur couleur contrastait de manière aiguë avec l'environnement. Par exemple, elle pouvait voir les pigeons lorsqu'ils volaient, mais elle les perdait complètement de vue lorsqu'ils s'immobilisaient. Après 1300 essais, elle n'a pas été capable de différencier un cercle d'un carré de même couleur que lui présentait un expérimentateur. Comme expliqué précédemment, ce déficit dans la perception des formes est probablement attribuable aux changements dans le cortex visuel primaire.

9.4 Une réorganisation fonctionnelle du cerveau différente ?

Le cortex visuel, chez les sujets aveugles, pourrait exercer certaines fonctions. Lashley (1943) a tenté de le démontrer en utilisant des rats comme sujets. En tout premier, il a entraîné ses rats à retrouver leur chemin dans un labyrinthe. Puis, sous anesthésie générale, il leur a enlevé les deux yeux. Après une certaine période de confusion, les rats ont été à nouveau capables de retrouver leur chemin dans le labyrinthe utilisant des indices autres que visuels. Finalement, Lashley pratiqua l'exérèse du cortex visuel de ses sujets (cortex primaire et une partie du cortex visuel associatif). De retour dans le labyrinthe, ils étaient complètement désorientés, incapables de retrouver leur chemin. Le réapprentissage a été très difficile pour tous et même impossible pour un certain nombre d'entre eux. Selon Lashley, ces résultats montrent que les rats étaient devenus, même aveugles, dépendants de leur cortex visuel pour circuler dans le labyrinthe. Dans le cas contraire, le retrait du cortex visuel n'aurait pas dû affecter le comportement des rats d'une façon aussi dramatique. Les travaux de Orbach (1959) faits avec des singes supportent également les conclusions de Lashley à savoir que le cortex visuel chez les animaux aveugles joue un rôle de médiation dans l'accomplissement de certaines tâches.

Cette interprétation soulève cependant une difficulté. L'ablation du cortex visuel chez ces animaux pourrait avoir indirectement causé de subtils dommages aux régions voisines en interrompant des circuits neuronaux importants pour maintenir leur bon fonctionnement.

Alors que la privation binoculaire de stimulations visuelles a des effets assurément dévastateurs sur la spécificité cellulaire dans le cortex visuel primaire, elle a un effet différent et quelque peu surprenant sur les cellules localisées plus antérieurement dans le lobe occipital, c'est-à-dire dans le cortex visuel associatif. Normalement, cette région ne reçoit aucune information à caractère non visuel concernant le mouvement de la main (Leinonen, Hyvarinen & Sovijarvi, 1980). Cependant, il en va différemment si un animal est privé de stimulation visuelle très tôt, au début de sa vie.

Hyvarinen, Carlson et Hyvarinen (1981) démontrèrent ceci avec trois singes qui avaient eu les paupières suturées dès la naissance et qui n'avaient reçu aucune stimulation visuelle jusqu'à l'âge de 12 mois, c'est-à-dire au moment où leurs paupières furent ouvertes. Alors que tous les enregistrements électroencéphalographiques (à l'aide de micro-électrodes implantées dans l'aire 19) montraient que chez les singes du même âge les cellules du cortex visuel associatif étaient influencées par la présentation de stimuli visuels, seulement 39% des enregistrements provenant des singes qui avaient subi la privation visuelle le démontraient. De plus, 18% des enregistrements de ces derniers reflétaient leurs activités motrices : par exemple, les cellules déchargeaient avec vigueur lorsque les singes exécutaient une tâche telle que prendre un raisin dans une petite boîte.

Rien de semblable n'a été observé chez les singes élevés dans des conditions normales. Ces résultats suggéraient que de nouvelles connections pouvaient se former entre le lobe occipital et d'autres régions du cerveau à la suite de la privation visuelle,

ou encore que ces connections existaient déjà et que la privation visuelle permettait de les mettre en évidence.

Une étude réalisée par Rosler, Roder, Heil et Hennighausen (1993) a en quelque sorte corroboré auprès de sujets humains les observations de Hyvarinen, Carlson et Hyvarinen (1981). Dans cette étude, les auteurs ont cherché à savoir si le cortex occipital des sujets non-voyants était impliqué dans l'encodage et dans la représentation mentale haptique des stimuli tactiles. À cette fin, ils ont enregistré l'activité des ondes lentes par potentiels évoqués des sujets qui effectuaient une tâche de rotation mentale haptique. Les stimuli tactiles utilisés étaient cinq lettres de l'alphabet conventionnel en relief (F, J, G, P et R) et deux chiffres (5 et 9). L'échantillon était composé de 12 sujets voyants âgés de 23 à 31 ans et de 16 sujets non-voyants répartis en deux groupes : 9 sujets congénitalement non-voyants âgés de 19 à 26 ans et de 7 sujets âgés de 20 à 29 ans qui avaient perdu la vue entre les âges de 11 et 24 ans, pour une durée moyenne de cécité de 10.1 ans. Leurs résultats ont montré que, lorsque les stimuli tactiles étaient encodés, les sujets non-voyants montraient une activité prononcée du cortex occipital, alors que chez les sujets voyants ce type d'activité électrique était localisée au cortex frontal. Enfin, aucune différence n'avait été observée entre les deux groupes de sujets non-voyants.

Le cortex pariétal associatif subit également des changements importants à la suite d'une privation visuelle binoculaire. Carlson, Pertovaara et Tanila (1987) ont suturé les paupières de quatre singes immédiatement après leur naissance pour une période de 12 mois. Dès l'ouverture des paupières, ils ont enregistré à l'aide de micro-

électrodes l'activité de l'aire 7 de Brodmann. Puis, après une période de récupération de 12 mois, une deuxième série d'enregistrements ont été effectués. Ces résultats ont été comparés avec les enregistrements effectués auprès de trois singes normaux dans une étude réalisée précédemment (Hyvarinen, Hyvarinen & Linnankoski, 1981). Les comparaisons ont montré que, dans l'ensemble, le nombre de cellules associées à la modalité somesthésique augmentait, alors qu'il y avait une réduction du nombre de des cellules purement visuelles et visuo-somesthésiques.

Plusieurs études ont démontré que le système somesthésique primaire bénéficie d'une remarquable plasticité neuronale même lorsque la période critique est terminée (Devor & Wall, 1981a, Devor & Wall, 1981b ; Merzenich, Nelson, Stryker, Cynader, Schoppmann, Zook, 1984 ; Rasmunsson, 1982). Selon Carlson, Pertovaara et Tanila (1987), il serait possible que les mêmes mécanismes qui contribuent à cette plasticité neuronale dans le cortex somesthésique primaire jouent également un rôle dans l'augmentation du nombre des cellules somesthésiques de l'aire 7 de Brodmann car, dans leur étude, même quand la période de privation visuelle était terminée, les enregistrements montraient que, contrairement aux fonctions visuelles, les fonctions somesthésiques poursuivaient leur développement.

Par la suite, Carlson (1990) a publié les résultats d'une étude portant sur les comportements visuels de ces mêmes singes. Il a observé que ces derniers étaient capables de détecter une source lumineuse en mouvement et de percevoir le mouvement d'un grand objet. Par contre, ils continuaient à se heurter aux objets de leur environnement et avaient recours à l'exploration tactile dans leurs déplacements, même

dans de grands espaces. Ces singes n'ont d'ailleurs jamais appris à répondre à un stimulus menaçant. Cette persistance dans la pauvreté des mouvements guidés visuellement est en accord avec la réduction du nombre de cellules visuelles relevé dans l'aire 7 de Brodmann par Carlson, Pertovaara et Tanila (1987). Ces singes se comportaient donc comme si leur vision était sous la médiation des colliculi supérieurs. Des comportements très similaires ont été observés à plusieurs reprises chez les personnes non-voyantes, congénitalement ou non, qui ont retrouvé la vue à l'âge adulte (Carlson, Hyvarinen & Raninen, 1986 ; Carlson & Hyvarinen, 1983 ; Ackroyd, Humphrey & Warrington, 1974 ; Valvo, 1971).

Une étude de cas conduite par Hanley, Young et Pearson (1991) a montré que le cortex pariétal postérieur droit jouerait un rôle important dans le fonctionnement de la tablette visuo-spatiale. Une deuxième étude de cas réalisée par Perrier, Belin et Larmande (1988) a présenté le cas d'une femme aveugle qui avait développé de sérieux problèmes à lire le braille après avoir subi une lésion pariétale postérieure droite. Finalement, Stuart (1995) a démontré qu'un groupe de 31 enfants congénitalement aveugles qui avaient des problèmes d'orientation spatiale et de lecture du braille étaient également affectés par une lésion dans la région pariéto-occipito-temporale de l'hémisphère droit.

En résumé, il semble donc qu'à la suite d'une privation sensorielle visuelle prolongée ou survenant très tôt après la naissance il se produise une réorganisation fonctionnelle en faveur de la somesthésie. Les différences relevées entre les personnes voyantes et les personnes non-voyantes semblent donc trouver leurs échos dans les

changements neurophysiologiques observés chez les singes et dans les différences de l'activité électroencéphalographique relevées par Rosler, Roder, Heil et Hennighausen (1993). En effet, l'augmentation de contenu tactile dans les représentations internes (Walker & Moylan, 1994) pourrait correspondre à une augmentation du nombre des cellules somesthésiques, alors que le déclin du contenu visuel (Heller, 1989 ; Hollins, 1989 ; Kerr & al., 1982 ; Berger & al., 1962) pourrait, quant à lui, correspondre à la réduction du nombre des cellules visuelles des aires associatives pariétales et occipitales. Les troubles d'orientation spatiale et de lecture du braille semblent également correspondre à des atteintes localisées dans ces mêmes régions (Stuart, 1995 ; Perrier, Belin & Larmande, 1988).

La tablette visuo-spatiale et le module tactile de la mémoire de travail semblent donc siéger dans les mêmes régions du cortex associatif. Le contenu de l'imagerie mentale à forte prédominance visuelle pourrait, suivant les changements neurophysiologiques, graduellement devenir plus somesthésique favorisant ainsi le développement de l'empan du module tactile. Cela pourrait expliquer la réduction progressive de la capacité de représentation visuelle observée chez les personnes qui ont perdu la vue, au profit d'une augmentation graduelle de cette même capacité à se représenter les caractéristiques tactiles des objets.

L'utilisation par les sujets du groupe des fonctionnellement voyants de la tablette visuo-spatiale dans la tâche d'empan tactile pourrait, en quelque sorte, signifier qu'ils n'auraient pas subi de changements corticaux favorisant le développement des fonctions somesthésiques au détriment des fonctions visuelles. En d'autres termes, le

résidu visuel des sujets du groupe des fonctionnellement voyants semblerait suffisant pour permettre le développement de la tablette visuo-spatiale, ce qui pourrait avoir un effet inhibiteur sur le développement de l'empan du module tactile.

Les résultats de cette recherche ont également mis en évidence le fait que la tablette visuo-spatiale et le module tactile sont deux modules de la mémoire de travail qui ne semblaient pas coexister simultanément. En effet, la présence du module tactile n'a pas été mesurée chez les sujets fonctionnellement voyants. L'absence ou la perte de la modalité visuelle pourrait en quelque sorte permettre l'émergence du module tactile, et cela, dans de longs et lents processus de changements tels que déjà décrits pour les représentations internes et pour les fonctions neurophysiologiques. Ainsi, certaines structures de la mémoire de travail sembleraient ne pas être statiques ni entièrement prédéterminées. Elles seraient plutôt, en partie, fondées sur l'expérience sensorielle. Cependant, il reste à déterminer si une privation sensorielle importante (comme celle de la vision) est indispensable à cet effet. Néanmoins, la mémoire de travail apparaît comme étant un système dynamique, capable de s'adapter, dans une certaine mesure, aux conditions sensorielles des individus.

9.5 Recherches futures sur la mémoire de travail

D'autres recherches s'imposent avant d'en arriver à tirer des conclusions définitives sur les capacités du module tactile de la mémoire de travail. Elles devront être orientées vers la mesure de l'empan tactile tout en utilisant les tâches haptiques qui

impliquent la mémoire kinesthésique autant que la mémoire tactile. Les méthodologies utilisées devront permettre de distinguer entre ces deux types de mémoires.

En utilisant d'autres stimuli que des lettres de l'alphabet braille, ces nouvelles études permettront d'établir si l'empan tactile est comparable pour les textures, les formes et le braille. Ceci rendra plus facile l'utilisation de sujets voyants. En plus de bloquer le fonctionnement de la récapitulation articulatoire, il faudra prévoir bloquer simultanément le fonctionnement de la tablette visuo-spatiale. Cette tâche se devra d'être aussi simple que celle du « bla » qui a été utilisée pour bloquer l'autorépétition afin d'éviter une trop forte demande en ressources attentionnelles de la part des sujets.

Dans l'étude présente, quelques sujets du groupe des fonctionnellement aveugles possédaient un résidu visuel non fonctionnel, mais tout de même non négligeable. Il serait important de vérifier dans quelle mesure ce résidu visuel peut ou non influencer le développement de l'empan tactile. L'âge d'acquisition ainsi que la chronicité du handicap visuel sont également deux variables qui devraient faire l'objet d'une attention toute particulière dans les prochaines études.

Il serait également important d'étudier le fonctionnement de la mémoire de travail chez les personnes atteintes de surdité congénitale. Cette population est en quelque sorte diamétralement opposée à celle des personnes aveugles dans les moyens utilisés pour palier à sa déficience sensorielle. En effet, alors que la cécité est principalement compensée par l'ou  , le toucher, la surdité est en grande partie compensée par la vision et le langage signé. Ce dernier, par sa gestuelle, est lié à la mémoire kinesthésique. Par conséquent, en recourant à une méthodologie appropriée, il serait

possible de confirmer si, à la suite d'une privation sensorielle prolongée (dans le cas présent l'ouïe), il y aurait un effet sur le développement de nouveaux modules de mémoire de travail en étudiant, par exemple, l'empan visuel pour les signes et l'empan de la mémoire kinesthésique en regard des mouvements générés par ces mêmes signes.

D'autres études pourraient permettre de vérifier si l'expérience sensorielle accrue et soutenue serait suffisante pour obtenir un effet sur le développement des empan des modules de la mémoire de travail. Par exemple, il pourrait s'agir d'études sur l'empan de la tablette visuo-spatiale chez les joueurs d'échecs ou bien encore d'études sur l'empan auditif pour les sons chez les musiciens de carrière. Ainsi, il serait possible de déterminer si l'expérience sensorielle peut, sans privations sensorielles importantes telles que celles de la vue ou de l'ouïe, exercer un effet sur la structure de la mémoire de travail.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Pour les personnes aveugles, la mémoire de travail et le sens du toucher sont deux éléments d'une importance inestimable dans leurs interactions des plus simples aux plus complexes avec l'environnement. Cependant, malgré toute l'importance de ces deux éléments chez cette population, aucune étude n'avait jusqu'à ce jour mis en évidence l'existence d'un module tactile dans la mémoire de travail. En plus de son sujet d'étude, cette recherche puise son originalité dans le fait que deux groupes de sujets ayant une déficience visuelle ont été utilisés pour étudier la mémoire tactile. De façon traditionnelle, les chercheurs utilisaient une approche plus dichotomique. En effet, lorsque cela était possible, les comparaisons portaient sur des sujets congénitalement aveugles et des sujets voyants.

Les résultats de la première expérience montrent que chez les personnes fonctionnellement aveugles, il existe un module tactile spatial dont l'empan est d'environ 4.27. Cependant, l'évaluation du module tactile apparaît comme étant difficile à réaliser à partir d'objets ou de formes nécessitant de l'exploration tactile. Certaines études tendraient à montrer que les sensations kinesthésiques pourraient être une source

d'interférence structurelle. De plus, il faudrait prendre en compte l'ensemble des caractéristiques tactiles de ces objets ou formes comme étant autant de stimuli tactiles.

La seconde expérience visait à s'assurer que les stimuli braille étaient bien de nature tactile spatiale. Pour ce faire, elle s'est inspirée des études basées sur l'interférence sélective de Logie, Zucco et Baddeley (1990) et de Brooks (1967).

Il ne s'agissait pas ici de vérifier s'il existait des systèmes mnésiques distincts de mémoire tactile. Le but de cette étude était d'évaluer la nature des stimuli braille. À ce sujet, les résultats obtenus sont sans équivoque. Le braille est de nature spatiale. Ceci implique que ce sont les fonctions cognitives spatiales qui sont les premières à être sollicitées lors de la lecture du braille. Par conséquent, il semble raisonnable de penser que la mémoire de travail chez les personnes aveugles possède un module tactile spatial permettant de stocker momentanément les stimuli braille avant que ces derniers soient verbalisés probablement par l'intermédiaire de la boucle articulatoire. Il apparaît donc que le braille peut être utilisé dans une tâche de rappel sériel immédiat avec suppression articulatoire pour évaluer la mémoire de travail tactile chez les personnes aveugles.

Enfin, la condition visuelle des sujets (fonctionnellement aveugles versus fonctionnellement voyants) a effectivement une influence sur l'empan tactile. L'évaluation du bon fonctionnement de la mémoire de travail visuelle chez les sujets fonctionnellement voyants est une contribution secondaire mais importante de cette recherche. Elle permet de constater qu'un résidu visuel fonctionnel semble suffisant

pour permettre le développement des fonctions cognitives qui y sont associées et ainsi inhiber le développement du module tactile.

Certaines études ont mis en évidence le fait qu'il y avait une diminution du contenu visuel au profit d'une augmentation graduelle du contenu tactile dans les représentations internes d'objets chez les personnes ayant une cécité acquise. En outre, la revue de littérature a montré que ces changements cognitifs étaient également accompagnés par des changements neurophysiologiques qui étaient à l'origine d'une réorganisation fonctionnelle du cortex associatif occipital et pariétal. D'autres études ont également montré que des lésions dans ces mêmes régions pouvaient occasionner des troubles d'orientation spatiale et de lecture du braille chez les personnes aveugles. La présence d'un module tactile chez les sujets du groupe des fonctionnellement aveugles pourrait donc, en partie, s'expliquer par une réorganisation fonctionnelle découlant d'une réorganisation corticale de ces mêmes aires associatives du cortex.

C'est une contribution théorique à la psychologie cognitive et à la neuropsychologie. En effet, la révélation qu'un module tactile de la mémoire de travail est présent chez des sujets fonctionnellement aveugles et non chez ceux qui ont conservé un résidu visuel fonctionnel a des conséquences importantes sur l'interprétation du rôle de l'expérience sensorielle dans le développement des structures cognitives.

La mémoire de travail apparaît donc comme étant un système dynamique, capable de s'adapter, dans une certaine mesure, aux conditions sensorielles des

individus en permettant l'émergence de nouveaux modules de mémoire de travail associés aux modalités sensorielles qu'ils utilisent pour compenser leur handicap.

Des recherches demeurent cependant nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes du module tactile de la mémoire de travail. Elles permettront éventuellement d'en arriver à l'élaboration de tests cliniques plus significatifs que ceux qui sont actuellement utilisés pour évaluer les personnes atteintes de cécité. D'autres études sont également indispensables pour déterminer le rôle de l'expérience sensorielle sur le développement des structures de la mémoire de travail avec ou sans privation sensorielle importante.

RÉFÉRENCES

Ackroyd, C., Humphrey, N.K., Warrington, E.K. (1974). Lasting effects of early blindness. A case study. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 26, 114-124.

Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M. (1968). Human memory : a proposed system and its control processes. In K. W. Spence et J. T. Spence (éd.), Psychology of Learning and Motivation. Vol. 2. New York : Academic Press.

Baddeley, A.D. (1976). The psychology of memory. New York : Basic Books.

Baddeley, A.D. (1979). Working memory and reading. In P.A. Kolers, M. E. Wrolstad et H. Bouma (éd.), Processing of visible language. New York : Plenum Press.

Baddeley, A.D. (1981). The concept of working memory : A view of its current state and probable future development. Cognition, 10, 17-23.

Baddeley, A.D. (1987). Working memory. New York : Clarendon Press (éd.), Oxford University Press.

Baddeley, A.D. (1990). The development of the concept of working memory: implications and contributions of neuropsychology. In Vallar G. et Shallice T. (éd.), Neuropsychological impairments of short-term memory. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney : Cambridge University Press.

Baddeley, A.D. (1992a). Is working memory working? The fifteenth Bartlett Lecture. Quarterly Journal of Experimental Psychology. Human Experimental Psychology, 44A, 1-31.

Baddeley, A.D. (1992b). Working memory. Science, 255, 556-559.

Baddeley, A.D., Eldridge, M., Lewis, V. (1981). The role of subvocalization in reading. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 33A, 439-454.

Baddeley, A.D., GRANT, S., WIGHT, E., THOMSON, N. (1975). Imagery and visual working memory. In P.M.A. Rabbitt et S. Dornic (éd.), Attention and performance 5. Londres : Academic Press.

Baddeley, A.D., Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (éd.), The Psychology of Learning and Motivation. Vol. 8. New York : Academic Press.

Baddeley, A.D., Hitch, G.J. (1977). Recency re-examined. In S. Dornic (éd.), Attention and performance, VI. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.

Baddeley, A.D., Lewis, V.L. (1981). Inner active processes in reading : The inner voice, the inner ear and the inner eye. In A.M. Lesgold et C.A. Perfetti (éd.), Interactive processes in reading. Erlbaum, Hillsdale, N.J., p. 107-129.

Baddeley, A.D., LEWIS, V.J., VALLAR, G. (1984). Exploring the articulatory loop. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 36, 233-252.

Baddeley, A.D., Lieberman, K. (1980). Spatial working memory. In R. Nickerson (éd.), Attention and performance, VIII. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.

Baddeley, A.D., LOGIE, R., BRESSI, S., DELLA, SALA, S., SPINLER, H. (1986). Dementia and working memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 38A, 603-618.

Baddeley, A.D., Thomson, N., Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 14, 575-589.

Bauman, M.K. (1976). Psychological evaluation of the blind client. in B. Bolton (éd.), Handbook of measurement and evaluation in rehabilitation. Baltimore, MD: University Park Press.

Beech, J.R. (1984). The effects of visual and spatial interference on spatial working memory. Journal of General Psychology, 110, 141-149.

Benedetti, F. (1985). Processing of tactile spatial information with crossed fingers. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2, 517-525.

Benedetti, F. (1986). Tactile diplopia (diplesthesia) on the human fingers. Perception, 15, 83-91.

Benton, A.L., Varney, N.R., Hamsner, K. de S. (1978). Lateral differences in tactile directional perception. Neuropsychologia, 16, 109-114.

Benton, A.L., Levin, H.S., Varney, N.R. (1973). Tactile perception of direction in normal subjects. Neurology, 23, 1248-1250.

Berger, R.J., Olley, P., Oswald, I. (1962). The EEG, eye-movements and dreams of the blind. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 14, 183-186.

Bowers, R.L., Mollenhauer, M.S., Luxford, J. (1990). Short-term memory for tactile and temporal stimuli in a shared-attention recall task. Perceptual and Motor Skills, 70, 903-913.

Bradshaw, J.L., Burden, V., Nettleton, N.C. (1986). Dichotic and dichaptic technics. Neuropsychologia, 24, 79-90.

Braille Authority of North America, (1991). Manual of braille music notation, American edition. Louisville, Ky. : American Printing House for the Blind.

Broadbent, D.E. et Broadbent, M.H.P. (1981). Recency effects in visual memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 33A, 1-15.

Brooks, L.R. (1967). The suppression of visualization by reading. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 19, 289-299.

Brizzolara, D., De Nobili, G.L., Ferretti, G. (1982). Tactile discrimination of direction of lines in relation to hemispheric specialization. Perceptual and Motor Skills, 54, 655-660.

Carlson, S., Pertovaara, A., Tanila, H. (1987). Late effects of early binocular visual deprivation on the function of Brodmann's area 7 of monkeys (*Macaca arctoides*). Developmental Brain Research, 33, 101-111.

Carlson, S. (1990). Visually guided behavior of monkeys after early binocular visual deprivation. International Journal of Neuroscience, 50, 185-194.

Cashdan, S. (1968). Visual and haptic form discrimination under conditions of successive stimulation. Journal of Experimental Psychology, 76, 215-218.

Cauthen, N. (1978). Normative data for the Tactual Performance Test. Journal of Clinical Psychology, 34,456-460.

Cioffi, J., Kandel, G.L. (1979). Laterality of stereognostic accuracy of children for words, shapes, and bigrams : a sexe difference for bigrams. Science, 204, 1432-1434.

Cleaves, W.T., Royal, R.W. (1979). Spatial memory for configurations by congenitally blind, late blind, and sighted adults. Journal of Visual Impairment and Blindness, 73, 13-19.

Colombo, P.J., Davis, H.P., Volpe, B.T. (1989). Allocentric spatial and tactile memory impairments in rats with dorsal caudate lesions are affected by preoperative behavioral training. Behavioral Neuroscience, 103, 1242-1250.

Comité de normalisation du braille français en éducation, (1997). Code pour la transcription en braille de la notation informatique. Québec : Ministère de l'éducation.

Comité de normalisation du braille français en éducation, (1996). Code pour la transcription en braille de la notation mathématique. Québec : Ministère de l'éducation.

Comité de normalisation du braille français en éducation, (1996). Les abréviations en braille. Québec : Ministère de l'Éducation.

Conrad, R., Hull A.J. (1964). Information acoustic confusion and memory span. British Journal of Psychology, 55, 429-432.

Cooper, L.A., Shepard, R.N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. G. Chase (éd.), Visual information processing. New York : Academic Press, p. 215-237.

Corkin, S. (1982). Some relationships between global amnesia and memory impairments in Alzheimer's disease. In S. Corkin, K.L. Davis, J.H. Groden, E. Usdin et R.J. Wurtman (éd.), Alzheimer's disease : a report of research in progress. New York : Raven Press.

Cornoldi, C., Cortesi, A., Preti, D. (1991). Individual differences in the capacity limitations of visuospatial short-term memory : Research on sighted and totally congenitally blind people. Memory and Cognition, 19, 459-468.

Craik, S.I.M. (1968). Two components in free recall. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 7, 996-1004.

Craney, J., Ashton, R. (1982). Tactile spatial ability : lateralized performance of deaf and hearing age groups. Journal of Experimental Child Psychology, 34, 123-134.

Crowder, R.G. (1967). Prefix effects in immediate memory. Canadian Journal of Psychology, 21, 450-461.

Crowder, R.G. (1978). Sensory memory systems. In E.C. Carterette et M.P. Friedman (éd.), Handbook of perception. Vol. 7. New York : Academic Press.

Crowder, R.G. (1982). The demise of short-term memory. Acta Psychologica, 50, 291-323.

Crowder, R.G., Morton, J. (1969). Precategorical acoustic storage (pas). Perception and Psychophysics, 5, 365-373.

Dannenbaum, E.S., Parkinson, R.S., Inman, W.V. (1988). Short term forgetting : Comparisons between patients with dementia of Alzheimer type, depressed, and normal elderly. Cognitive Neuropsychology, 5, 213-233.

Darwin, C.J., Turvey, M.T., Crowder, R.G. (1972). An auditory analogue of the Sperling partial report procedure : evidence for brief auditory storage. Cognitive Psychology, 3, 255-267.

Davidson, P.W. (1972). Haptic judgments of curvature by blind and sighted humans. Journal of Experimental Psychology, 93, 43-55.

Davidson, P.W. (1985). Functions of haptic perceptual activity in persons with visual and developmental disabilities. Applied Research in Mental Retardation, 6, 349-360.

Davidson, P.W., Appelle, S., Haber, R.N. (1992). Haptic scanning of braille cells by low- and high-proficiency blind readers. Research in Developmental Disabilities, 13, 99-111.

Davidson, P.W., Appelle, S., Pezzmenti, F. (1981). Haptic equivalence matching of curvature by nonretarded and mentally retarded blind and sighted persons. American Journal of Mental Deficiency, 86, 295-299.

Davidson, P.W., Barnes, J.K., Mullen, G. (1974). Differential effects of task memory demand on haptic matching of shape by blind and sighted humans. Neuropsychologia, 12, 395-397.

Davidson, P.W., Whitson, T.T. (1974). Haptic equivalence matching of curvature by blind and sighted humans. Journal of Experimental Psychology, 102, 687-690.

Dawson, G.D. (1981). Sexe differences in dichhaptic processing. Perceptual and Motor Skills, 53, 935-944.

Denes, G., Spinaci, M.P. (1981). Influence of association value in recognition of random shapes under dichhaptic presentation. Cortex, 17, 597-602.

De Renzi, E. (1968). Nonverbal memory and hemispheric side of lesion. Neuropsychologia, 6, 181-189.

De Renzi, E. (1978). Hemispheric asymmetry as evidenced by spatial disorders. In M. Kinsbourne (éd.), Asymmetrical function of the brain. Cambridge, England : Cambridge University Press.

De Renzi, E., Nichelli, P. (1975). Verbal and non-verbal short-term memory impairments following hemispheric damage. Cortex, 11, 341-354.

Devor, M., Wall, P.D. (1981a). Effects of peripheral nerve injury on receptive fields of cells in the cat spinal cord. Journal of Comparative Neurology, 199, 277-291.

Devor, M., Wall, P.D. (1981b). Plasticity in the spinal cord sensory map following peripheral nerve injury in rats. Journal of Neuroscience, 1, 679-684.

Dodds, A.G. (1978). Hemispheric differences in tactuo-spatial processing. Neuropsychologia, 16, 247-254.

Etaugh, C., Levy, R.B. (1981). Hemispheric specialization for tactile spatial processing in preschool children. Perceptual and Motor Skills, 53, 621-622.

Flannery, R.C., Balling, J.D. (1979). Developmental changes in hemispheric specialization for tactile spatial ability. Developmental Psychology, 15, 364-372.

Foulke, E. (1982). Reading braille. In W. Schiff et E. Foulke (éd.), Tactual perception. Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press, p. 168-208.

Gardner, E.B., English, A.G., Flannery, B.M., Hartnett, M.B., McCormick, J.K., Wilhelmy, B.B. (1977). Shape recognition accuracy and response latency in a bilateral tactile task. Neuropsychologia, 15, 607-616.

Gelbart, S.S., Hoyt, C.S., Jastrebski, G., Marg, E. (1982). Long-term visual results in bilateral congenital cataracts. American Journal of Ophthalmology, 93, 615-621.

Gibson, C., Bryden, M.P. (1983). Dichhaptic recognition of shapes and letters in children. Canadian Journal of Psychology, 37, 132-143.

Gick, M.L., Craik, F.I.M., Morris, R.g. (1988). Task complexity and age differences in working memory. Memory and Cognition, 16, 353-361.

Gilson, E.Q., Baddeley, A.D. (1969). Tactile short-term memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 21, 180-184.

Gregory, R.L., Wallace, J.G. (1963). Recovery from early blindness: A case study (Experimental Psychology Society Monographe No 2). Cambridge, Angleterre: Heffer.

Groenveld, M., Jan, J.E. (1992). Intelligence Profiles of Low Vision and Blind Children. Journal of Visual Impairment and Blindness, 86, 68-71.

Hanley, J.R., Young, A.W., Pearson, N.A. (1991). Impairment of the visuo-spatial sketch pad. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 43, 101-125.

Hannay, H.J., Smith, A.C. (1979). Dichhaptic perception of forms by normal adults. Perceptual and Motor Skills, 49, 991-1000.

Harris, J.L., Mosley, J.L. (1992). Haptic asymmetries in persons with and without mental retardation. American Journal on Mental Retardation, 97, 71-85.

Heller, M.A. (1989). Tactile memory in sighted and blind observers : The influence of orientation and rate of presentation. Perception, 18, 121-133.

Hitch, G.J. (1980). Developing the concept of working memory. In G. Claxton (éd.), Cognitive Psychology : New direction. Londres : Routledge, Kagan Paul.

Hollins, M. (1985). Styles of mental imagery in blind adults. Neuropsychologia, 23, 561-566.

Hollins, M. (1989). Understanding Blindness: An Integrative Approach. Hillsdale, N.J. Lawrence Erlbaum Associates.

Hulme, C., Thomson, N., Muir, C., Lawrence, A. (1984). Speech rate and the development of short-term memory span. Journal of Experimental Child Psychology, 38, 241-253.

Hyvarinen, J., Carlson, S., Hyvarinen, L. (1981). Early visual deprivation alters modality of neuronal responses in area 19 of monkey cortex. Neuroscience Letters, 26, 239-243.

Hyvarinen, J., Hyvarinen, L., Linnankoski (1981). Modification of parietal association cortex and functional blindness after binocular deprivation in wong monkeys. Experimental Brain Research, 42, 1-8.

James, W. (1890). The principles of psychology. New York : H. Holt (éd.).

Kainthola, S.D., Singh, T.B. (1992). A test of tactile concentration and short-term memory. Journal of Visual Impairment and Blindness, 86, 219-221.

Kandel, E.R. (1981). Somatic sensory system : 3. Central representation of touch. In R.K. Kandel et J.H. Schwartz (éd.), Principles of neuronal science. New York : Elsevier/North-Holland, p. 184-198.

Kerr, N.H., Foulkes, D., Schmidt, M. (1982). The structure of laboratory dream reports in blind and sighted subjects. Journal of Nervous and Mental Disease, 170, 286-294.

Kiphart, M.J., Hughes, J.L., Simmons, J.P., Cross, H.A. (1992). Short-term haptic memory for complex objects. Bulletin of the Psychonomic Society, 30, 212-214.

Klatzky, R.L., Lederman, S.J., Metzger, V.A. (1985). Identifying objects by touch : An "expert system." Perception and Psychophysics, 37, 299-302.

Klatzky, R.L., Lederman, S., Reed, C. (1987). There's more to touch than meets the eye: The salience of object attributes for haptic with and without vision. Journal of Experimental Psychology: General, 116, 356-369.

Klein, S.P., Rosenfield, W.D. (1980). The hemispheric specialization for linguistic and non-linguistic tactile stimuli in third grade children. Cortex, 16, 205-212.

Kool, V.K., Rana, M. (1980). Tactual short term memory of blind and sighted children. Psychologia An International Journal of Psychology in the Orient, 23, 173-178.

Kosslyn, S.M. (1980). Image and mind. Cambridge, MA: Harvard University Press.

LaBreche, T.M., Manning, A.A., Goble, W., Markman, R. (1977). Hemispheric specialization for linguistic and non-linguistic tactual perception in a congenitally deaf population. Cortex, 13, 184-194.

Lashley, L.S. (1943). Studies of cerebral function in learning. XII. Loss of the maze habit after occipital lesions in blind rats. Journal of Comparative Neurology, 79, 431-462.

Lederman, S.J. (1982). The Perception of texture by touch. In W. Schiff et E. Foulke (éd.), Tactile perception. Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press, p. 130-167.

Lederman, S.J., Browse, R.A., Klatzky, R.L. (1988). Haptic processing of spatially distributed information. Perception and Psychophysics, 44, 222-232.

Lederman, S.J., Jones, B., Segalowitz, S.J. (1984). Lateral symmetry in tactual perception of roughness. Canadian Journal of Psychology, 38, 599-609.

Lederman, S.J., Klatzky, R.L. (1987). Hand movements : A window into haptic object recognition. Cognitive Psychology, 19, 342-368.

Leinonen, L., Hyvarinen, J., Sovijarvi, A.R.A. (1980). Functional properties of neurons in the temporo-parietal association cortex of awake monkey. Experimental Brain Research, 39, 203-215.

Levy, B.A. (1971). The role of articulation in auditory and visual short-term memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 10, 123-132.

Logie, R.H.; Zucco, G.M.; Baddeley, A.D. (1990). Interference with visual short-term memory. Acta Psychologica, 75, 55-74.

Loomis, J.M. (1981). On the tangibility of letters and braille. Perception and Psychophysics, 29, 37-46.

Logie, R.H.; Zucco, G.M.; Baddeley, A.D. (1990). Interference with visual short-term memory. Acta Psychologica, 75, 55-74.

Martin, R.C. (1987). Articulatory and phonological deficits in short-term memory and their relation to syntactic processing. Brain and Language, 32, 159-192.

Mayer, E., Koenig, O., Panchaud, A. (1988). Tactual extinction without anomia : Evidence of attentional factors in a patient with a partial callosal disconnection. Neuropsychologia, 26, 851-868.

Mccarthy, R.A., Warrington, E.K. (1990). Cognitive neuropsychology a clinical introduction. (éd.) San Diego, California; Toronto : Academic Press.

Mckinney, J.P. (1964). Hand schema in children. Psychonomic Science, 1, 99-100.

Merzenich, M.M., Nelson, R.J., Stryker, M.P., Cynader, M.S., Schoppmann, A., Zook, J.M. (1984). Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. Journal of Comparative Neurology, 224, 591-605.

Milner, B., Taylor, L. (1972). Right hemisphere superiority in tactile pattern-recognition after cerebral commissurotomy. Neuropsychologia, 10, 1-15.

Millar, S. (1974). Tactile short-term memory by blind and sighted children. British Journal of Psychology, 65, 253-263.

Millar, S. (1978). Aspects of memory for information from touch and movement. In G. Gordon (éd.), Active touch. Oxford, Angleterre : Pergamon, p. 215-228.

Millar, S. (1987). The perceptual "window" in two-handed braille : Do the left and right hands process text simultaneously? Cortex, 23, 111-122.

Millar, S. (1989). Simultaneous reading with the two hands : Reply to Bertelson and Mousty. Cortex, 25, 499-502.

Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. British Medical Bulletin, 27, 272-277.

Milner, B., Taylor, L. (1972). Right hemisphere superiority in tactile pattern-recognition after cerebral commissurotomy. Neuropsychologia, 10, 1-15.

Monsell, S. (1982). Components of working memory underlying verbal skills : a "distributed capacities" view. In Bouma et D.G. Bouwhuis (éd.), Attention and Performance Vol. 10 : Control of Language Processes. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.

Morris, R.G., Baddeley, A.D. (1988). Primary and working memory functioning in Alzheimer type dementia. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 10, 279-296.

Moscovitch, M. (1979). Information processing and the cerebral hemispheres. In M.S. Gazzaniga (éd.), Handbook of behavioral neurobiology, vol. 2. New York : Plenum Press p. 379-446.

Mousty, P. (1986). La lecture de l'écriture braille. Patrons d'exploration et fonctions des mains. Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences Psychologiques et Pédagogiques, Laboratoire de Psychologie Expérimentale.

Murray, O.J. (1968). Articulation and acoustic confusability in short term memory. Journal of Experimental Psychology, 78, 679-684.

Newman, S.E., Brugler, T.S., Craig, R.A. (1988). Immediate memory for haptically-examined braille symbols by blind and sighted adults. International Journal of Rehabilitation Research, 11, 389-391.

Nilsson, J., Glencross, D., Geffen, G. (1980). The effects of familial sinistrality and preferred hand on dichhaptic and dichotic tasks. Brain and Language, 10, 390-404.

Norman, D.A., Bobrow, D.G. (1976). On the role of active memory processes in perception and cognition. In C.N. Cofer (éd.), The structure of human memory. San Fransisco : W.H. Freeman.

Norman, D.A., Shallice, T. (1986). Attention to action : willed and automatic control of behavior. In Davidson R. J., Schwartz, G. E. et Shapiro (éd.), Consciousness and self-regulation : advances in research and theory. Vol. 4. New York and Londres : Plenum Press.

Orbach, J. (1959). "Functions" of striate cortex and the problem of mass action. Psychological Bulletin, 56, 271-292.

Orsini, A., Chiacchio, L., Cinque, M., Cocchiaro, C. (1986). Effects of age, education and sex on two tests of immediate memory : A study of normal subjects from 20 to 99 years of age. Perceptual and Motor Skills, 63, 727-732.

Parker, J. (1969). Adapting school psychological evaluation to the blind child. New Outlook for the Blind, 63, 305-311.

Parks, M.M. (1982). Visual results in aphasic children. American Journal of Ophthalmology, 94, 441-449.

Perrier, D., Belin, C., Larmande, P. (1988). Trouble de la lecture du braille par lésion droite chez une patiente devenue aveugle. (Braille reading disorder in a blind patient with right hemispheric lesion.) Neuropsychologia, 26, 179-185.

Phillips, W.A. (1983). Short-term visual memory. Philosophical Transactions of the Royal Society of Londres, B302, 295-309.

Phillips, W.A. et Christie, D.F. (1977a). Components of visual memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 29, 117-133.

Phillips, W.A. et Christie, D.F. (1977b). Interference with visualization. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 29, 637-650.

Potter, L.E. (1995). Small-scale versus large-scale spatial reasoning: educational implications for children who are visually impaired. Journal of Visual Impairment and Blindness, 89, 142-152.

Purdy, J.E., Olmstead, K.M. (1984). New estimate for storage time in sensory memory. Perceptual and Motor Skills, 59, 683-686.

Rasmunsson, D.D. (1982). Reorganization of raccoon somatosensory cortex following removal of the fifth digit. Journal of Comparative Neurology, 205, 313-326.

Régie de l'assurance-maladie du Québec, (1996). Manuel du programme d'aides pour les handicapés visuels, (ed.) Québec : Régie de l'assurance-maladie du Québec.

Révész, G. (1950). Psychology and art of the blind (H. A. Wolff, Trans.). Londres : Longmans, Green.

Richardson, J.T.E. (1984). Developing the working memory. Memory and Cognition, 12, 71-83.

Rock, I., Victor, J. (1964). Vision and touch: An experimentally created conflict between the two senses. Science, 143, 594-596.

Rosler, Fk, Roder, B., Heil, M., Hennighausen, E. (1993). Topographic differences of slow event-related brain potentials in blind and sighted adult human subjects during haptic mental rotation. Cognitive Brain Research, 1 145-159.

Safran, E., Marin, O. (1975). Immediate memory for word lists and sentences in a patient with deficient auditory short-term memory. Brain and Language, 2, 420-433.

Schiff, W. (1982). A user's view of tangible graphics. In W. Schiff et E. Foulke (éd.), Tactual perception. Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press, p. 430-453.

Schiff, W., Foulke, E. (1982). Tactual perception. Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press.

Schmidt, J.M., Lechelt, E.C. (1981). Hemispheric differences in tactile and visual recognition of braille-like stimulus patterns with static and dynamic modes of inspection. Psychological Research, 43, 293-305.

Schweickert, R., Boruff, B. (1986). Short-term memory capacity : magic number or magic spell. Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 12, 419-425.

Senden, M. von. (1960). Space and sight. (P. Heath, Trans.). Glencoe, Il: Free Press.

Shallice, T., Warrington, E. (1974). The dissociation between short-term retention of meaningful sounds and verbal material. Neuropsychologia, 12, 553-555.

Shallice, T. (1982). Specific impairment of planing. Philosophical Transactions of the Royal Society Londres, B 298, 199-209.

Sherman, S.M. (1973). Visual field defects in monocularly and binocularly deprived cats. Brain Research, 49, 25-45.

Sherman, S.M. (1977). The effect of cortical and tectal lesions on the visual fields of binocularly deprived cats. Journal of Comparative Neurology, 172, 231-245.

Sherman, S.M., Spear, P.D. (1982). Organization of visual pathways in normal and visually deprived cats. Physiological Reviews, 62, 738-855.

Sherrick, C.E., Craig, J.C. (1982). The psychophysics of touch. In W. Schiff et E. Foulke (éd.), Tactile perception. Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press, p. 55-81.

Sherry, D.F., Schacter, D.L. (1987). The evolution of multiple memory systems. Psychological Review, 94, 439-454.

Singer, W., Trepper, F. (1976). Receptive-field properties and neuronal connectivity in striate and parastriate cortex of contour-deprived cats. Journal of Neurophysiology, 39, 613-630.

Smits, B.W. & Mommers, M.J. (1976). Differences between blind and sighted children in WISC verbal subtests. New Outlook for the Blind, 70, 240-246.

Smyth, M.M., Morris, P.E., Levy, P., Ellis, W.A. (1987). Cognition in action. Londres : Erlbaum et Ass.

Statistique Canada (1990). La cécité et la déficience visuelle au Canada. Ottawa, Ministère des Approvisionnements et Services Canada, p. 9-11.

Stevens, J.C. (1992). Aging and spatial acuity of touch. Journals of Gerontology, 47, 35-40.

Stuart, I. (1995). Spatial orientation and congenital blindness: A neuropsychological approach. Journal of Visual Impairment and Blindness, 89, 129-141.

Sullivan, E.V. (1989). Hemispheric asymmetry in tactile forgetting induced by tactually-guided movement. Cortex, 25, 83-92.

Sullivan, E.V., Tuvey, M.T. (1972). Short-term retention of tactile stimulation. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 24, 253-261.

Tillman, M.H. (1967). The performance of blind and sighted children on the WISC: Study I. International Journal for the Education of the Blind, 16, 65-74.

treisman, A.M. (1964). Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 3, 449-459.

Université de Montréal, Ecole d'optométrie (1982). Réflexion sur la réadaptation des handicapés visuels : document de travail. Montréal, Ecole d'optométrie.

Vallar, G., Baddeley, A.D. (1987). Phonological Short-Term store and Sentence processing. Cognitive Neuropsychology, 4, 417-438.

Vallar, G., Cappa, S. (1987). Articulation and verbal short-term memory : evidence from anarthria. Cognitive Neuropsychology, 4, 55-78.

Vallar, G., Corno, M., Basso, A. (1992). Auditory and visual verbal short-term memory in aphasia. Cortex, 28, 383-389.

Vallar, G., Papagno, C., Baddeley, A.D. (1991). Long-term recency effects and phonological short-term memory. A neuropsychological case study. Cortex, 27, 323-326.

Vallar, G., Shallice, T. (éd.) (1990). Neuropsychological impairments of short-term memory. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney : Cambridge University Press.

Valvo, A. (1971). Sight restoration after long-term blindness: The problems and behavior patterns of visual rehabilitation. (L. L. Clark et Z. Z. Jastrzemska, (éd.)). New York: American Foundation for the Blind.

Vander Kolk, C.J. (1977). Intelligence testing for visually impaired persons. Journal of Visual Impairment and Blindness, 71, 158-163.

Vargha-Khadem, F. (1982). Hemispheric specialization for the processing of tactual stimuli in congenitally deaf and hearing children. Cortex, 18, 277-286.

Varney, N.R., Benton, A.L. (1975). Tactile perception of direction in relation to handedness and familial handedness. Neuropsychologia, 13, 449-454.

Visionware Software Inc. (1986). Ip-dos, ver. 5.1. Brookline, M.A. : Visionware Software Inc. (éd.).

Walker, P., Moylan, K. (1994). The enhanced representation of surface texture consequent on the loss of sight. Neuropsychologia, 32, 289-297.

Warren, D.H. (1970). Intermodality interactions in spatial localization. Cognitive Psychology, 1, 114-133.

Warren, D.H. (1982). The development of haptic perception. In W. Schiff et E. Foulke (éd.), Tactual perception. Cambridge, Angleterre: Cambridge University Press, p. 82-129.

Warren, D.H., Rossano, M.J. (1991). Intermodality relations: vision and touch. In Morton A. Heller et William Schiff (éd.), The psychology of touch. Hillsdale, N.J., Hove et Londres: Lawrence Erlbaum Ass. publisher, p. 119-137.

Warrington, E., Logue, V., Pratt, R. (1971). The anatomical localization of selective impairment of auditory short-term memory. Neuropsychologia, 9, 377-387.

Warrington, E., Shallice, T. (1969). The selective impairment of auditory verbal short-term memory. Brain, 92, 885-896.

Warrington, E., Shallice, T. (1972). Neuropsychological evidence for visual storage in short-term memory task. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 21, 30-40.

Waters, G., Caplan, D., Hildebrandt, N. (1991). On the structure of verbal short-term memory and its functional role in sentence comprehension : Evidence from neuropsychology. Cognitive Neuropsychology, 8, 81-126.

Watkins, D.W., Wilson, J.R., Sherman, S.M. (1978). Receptive-field properties of neurones in binocular and monocular segments of striate cortex in cats raised with binocular lid suture. Journal of Neurophysiology, 41, 322-337.

Waugh, N.C., Norman, D.A. (1965). Primary memory. Psychological Review, 72, 89-104.

Webster, W.G., Thurber, A.D. (1978). Problem-solving strategies and manifest brain asymmetry. Cortex, 14, 474-484.

Weener, P., Van Blerkom, S. (1982). Dichhaptic laterality and field dependence. Brain and Cognition, 1, 323-330.

Welch, R.B., Warren, D.H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. Psychological Bulletin, 88, 638-667.

Wiesel, T.N., Hubel, D.H. (1965a). Comparison of the effects of unilateral and bilateral eye closure on cortical unit responses in kittens. Journal of Neurophysiology, 28, 1029-1040.

Wiesel, T.N., Hubel, D.H. (1965b). Extent of recovery from the effects of visual deprivation in kittens. Journal of Neurophysiology, 28, 1060-1072.

Wiesel, T.N., Hubel, D.H. (1974). Ordered arrangement of orientation columns in monkeys lacking visual experience. Journal of Comparative Neurology, 158, 307-318.

Wilson, J.T.L., Scott, J.H. et Power, K.G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. British Journal of Developmental Psychology, 5, 249-255.

Witelson, S.F. (1976). Sexe and the single hemisphere : specialization of the right hemisphere for spatial processing. Science, 193, 425-426.

Witelson, S.F. (1974). Hemispheric specialization for linguistic and non-linguistic tactual perception using a dichotomous stimulation technic. Cortex, 10, 3-17.

Yamamoto, M. (1980). Developmental changes for hemispheric specialization of tactile recognition by normal children. Perceptual and Motor Skills, 91, 325-326.

Yandell, L., Elias, J. (1983). Left hemispheric advantage for a visuospatial-dichhaptic matching task. Cortex, 19, 69-77.

Young, A.W., Ellis, A.W. (1979). Perception of numerical stimuli felt by fingers of the left and right hands. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 31, 1-10.

Zhang, G., Simon, H. (1985). STM capacity for Chinese words and idioms : chunking and acoustical loop hypothesis. Memory and Cognition, 13, 193-201.

Zoccolotti, P., Passafiume, D., Pizzamiglio, L. (1979). Hemispheric superiorities on a unilateral tactile test : relationship to cognitive differences. Perceptual and Motor Skills, 49, 735-747.

