



HAL
open science

Du Calepin visuo-spatial aux traitements visuo-spatiaux de l'information. Résolution de l'épreuve de Corsi par des patients Alzheimer

Chrystelle Beau

► **To cite this version:**

Chrystelle Beau. Du Calepin visuo-spatial aux traitements visuo-spatiaux de l'information. Résolution de l'épreuve de Corsi par des patients Alzheimer. Psychologie. Université de Provence - Aix-Marseille I, 2011. Français. NNT: . tel-00645278

HAL Id: tel-00645278

<https://theses.hal.science/tel-00645278>

Submitted on 27 Nov 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE PROVENCE AIX-MARSEILLE I
U.F.R. de Psychologie
Ecole doctorale 356 : Cognition, Langage, Education

THESE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR D'AIX-MARSEILLE UNIVERSITE
Spécialité: Psychologie Cognitive

Présentée et soutenue publiquement le 9 décembre 2011
par

Chrystelle BEAU

DU CALEPIN VISUO-SPATIAL AUX
TRAITEMENTS VISUO-SPATIAUX DE
L'INFORMATION
Résolution de l'épreuve de Corsi par des patients Alzheimer

Sous la direction de Mireille BASTIEN-TONIAZZO, P.U.

JURY :

Mireille BASTIEN-TONIAZZO, Professeur, Université Aix-Marseille I, directeur
Evelyne CLEMENT, Maître de Conférences Habilité, Université de Rouen, rapporteur
Pierre-Yves GILLES, Professeur, Université Aix-Marseille I, examinateur
Emmanuel SANDER, Professeur, Université Paris 8, rapporteur

Remerciements

Cette thèse est pour moi une histoire, celle de rencontres à différents moments de ma vie et de mon parcours universitaire.

Tout d'abord, je pense que je n'en serais pas là aujourd'hui si je n'avais pas eu la chance d'avoir comme enseignant Jean- François Camus, « Jeff ». Mr Camus a su faire naître en moi la curiosité pour les sciences cognitives, intérêt qui n'a cessé depuis d'être croissant. Mes pensées vont à sa mémoire.

Par la suite, mon parcours m'a permis deux autres rencontres: Mr et Mme BASTIEN. Ces deux professeurs passionnés savent également rendre les étudiants passionnés par le fonctionnement cognitif humain. Je souhaite en premier lieu grandement les remercier pour cela, une des plus grandes richesses que peuvent nous apporter les professeurs est l'envie d'aller plus loin dans la compréhension du monde, des individus et pour ma part dans celle de la cognition humaine.

Je tiens particulièrement à remercier le professeur Mireille Bastien d'avoir accepté de me prendre comme doctorante et cela malgré mon éloignement géographique, sans vous je n'en serais pas là aujourd'hui.

Un grand merci au professeur Claude Bastien pour ses conseils sur l'analyse des protocoles individuels, ils me furent précieux.

Je tiens également à chaleureusement les remercier pour leur écoute, leur disponibilité, leur accueil, leur soutien et pour le fait d'avoir tout simplement cru en moi et à ce travail.

Je remercie Mme Evelyne Clément, Mr Emanuel Sander et Mr Pierre-Yves Gilles pour l'intérêt porté à ce travail en ayant accepté d'être membres du jury.

Cette thèse n'aurait également pas été possible sans la participation des sujets, au delà des recueils de données, chaque expérimentation fut l'occasion de rencontres humaines riches et touchantes.

Merci à ma famille et à mes amis pour leur soutien et leur réconfort dans mes moments de doute, de découragement comme de joie. Je tiens tout particulièrement à remercier :

Dany, ma maman pour ton soutien, tes encouragements et pour avoir toujours été là pour moi à chaque moment de mon existence.

Jean-Philippe, tu es arrivé dans ma vie en plein milieu de ma thèse et tu as dû à de nombreuses reprises composer avec ; ta patience, ta joie de vivre et ton amour m'ont à maintes reprises aidée à avancer.

Mamy, qui ne comprenant pas tout de mon travail me demandait régulièrement si j'avais bien avancé dans mes devoirs et si j'allais avoir de bonnes notes.

Je dédie cette thèse à toi papa, parti trop tôt pour être à mes côtés aujourd'hui. Je sais que tu aurais été fier et heureux pour moi. Souvent tu te demandais si j'irais jusqu'en doctorat et bien même si cela n'a pas toujours été facile j'y suis arrivée.

Une pensée à Alain mon frère, tu nous as également quittés trop tôt pour pouvoir partager ces moments avec moi.

Et à mon pépère.

Résumé

A ce jour, pour rendre compte du traitement de l'information visuo-spatiale, l'hypothèse dominante est celle du calepin visuo-spatial (Baddeley, 1986), qui renvoie aux modèles structuralistes de la mémoire. Cependant ces types de modèles postulant l'existence de plusieurs modules autonomes sont actuellement remis en question et les théories fonctionnelles récentes défendent l'idée d'un système mnésique unique. C'est dans cette perspective que se situe notre recherche qui s'organise autour de trois questions.

La première consiste à définir les différents traitements visuo-spatiaux mis en œuvre lors de la manipulation d'informations visuo-spatiales. La seconde tente d'établir des profils comportementaux des traitements visuo-spatiaux caractéristiques du vieillissement normal et pathologique (Alzheimer). La troisième porte sur l'expression de la flexibilité cognitive chez des sujets âgés lors de la résolution du problème des blocs de Corsi (épreuve visuo-spatiale séquentielle).

Deux expériences ont été réalisées dans lesquelles les participants (personnes âgées souffrant de maladie d'Alzheimer et personnes âgées saines) devaient résoudre la tâche des blocs de Corsi, dans sa version ordre direct (expérience 1) et dans ces versions ordre direct et indirect (expérience 2). Les données ont été exploitées en recourant à une méthodologie d'analyse de protocoles individuels permettant une analyse qualitative à un degré suffisamment fin des réponses des sujets. Dans la première expérience, nous nous sommes intéressée aux différentes erreurs rencontrées lors de la résolution de l'épreuve. Dans la seconde étude, nous avons étendu nos analyses aux traitements visuo-spatiaux inhérents à ces erreurs.

Les résultats obtenus ont permis de définir cinq grands traitements visuo-spatiaux (le traitement vectoriel, vectoriel partiel, identité stricte, approximatif et mixte), de mettre en évidence des profils comportementaux concernant le traitement vectoriel partiel et identité stricte pour les sujets âgés sains lors de la condition indirecte et de montrer l'expression de flexibilité cognitive spontanée chez les sujets Alzheimer et sains lors des traitements visuo-spatiaux séquentiels.

Nos analyses ont ainsi permis de proposer une approche différente du traitement de l'information visuo-spatiale en substituant le concept de traitement visuo-spatial à celui de calepin visuo-spatial ainsi que d'approfondir les connaissances de celui-ci aussi bien dans le vieillissement normal que pathologique (Alzheimer) en analysant les sujets en action.

Title

**FROM VISUO-SPATIAL SKETCHPAD TO
VISUOSPATIAL PROCESSING OF INFORMATION**

**The Corsi block-tapping task solving by patients with Alzheimer's
disease.**

Abstract

Currently, to account visuospatial information processing, the dominant hypothesis is that of the visuospatial sketchpad (Baddeley, 1986), that refers to structural memory models. However, such models postulating the existence of several independent modules are being questioned and recent functional theories defend a single memory system. Our research therefore is organized in this perspective around three questions.

The first one aim to define the different visuospatial processing when visuospatial information is needed. The second one is to attempt to establish behavioral profiles of the visuospatial processing by normal ageing people and pathological one (Alzheimer). The third question is to express the cognitive flexibility of elderly patients when solving the Corsi block-tapping task (sequential visuospatial task).

Two experiments were conducted where participants (seniors affected by Alzheimer's disease 'AD' and a control group of elderly) had to solve the Corsi block-tapping task, in the direct condition (experiment 1) and in the direct and indirect conditions (experiment 2). The data were analyzed using the methodology of individual protocols analysis allowing to obtain qualitative results. In the first experiment, we examined different errors encountered during the resolution of the task. In the second research we extended our analysis to visuospatial processing associated with these errors.

We identified five major visuospatial processing: "the vector processing", "partially vectorial", "strict identity", "approximate identity" and "mixed", to highlight behavioral profiles on the 'partially vectorial' processing and 'strict identity' to the healthy elderly subjects in the indirect condition and show the expression of spontaneous flexibility in AD patients and normal subjects.

Our analysis allowed us to propose a different approach that improve knowledge about both normal and pathological (here Alzheimer's disease) ageing. Analyzing the subjects in action, conducts to speak in terms of visuospatial processing rather than visuospatial sketchpad.

Mots clés

Information visuo-spatiale, mémoire, modèle système unique, cognition incarnée, analyse de protocoles individuels, Blocs de Corsi, résolution de problème, maladie d'Alzheimer, flexibilité cognitive.

Key words

Visuo-spatial information, memory, memory as a single system, embodied cognition, analysis of individual protocols, Corsi block-tapping task, problem solving, Alzheimer's disease, cognitive flexibility.

Adresse du laboratoire

LPL: Laboratoire Parole et Langage
UMR 6057 CNRS Université de Provence
5 avenue Pasteur
BP 80 975
13604 Aix-en-Provence

Table des matières

<i>Partie théorique</i>	21
-------------------------	----

<i>Introduction</i>	21
---------------------	----

CHAPITRE 1. L'approche dominante : les modèles structuraux de la mémoire _____ 27

1.1 Les modèles de mémoire à court terme _____ 27

1.1.1 Le modèle de Waught et Norman (1965)	27
--	----

1.1.2 Le modèle d'Atkinson et Schiffrin (1968)	29
--	----

1.2 La mémoire de travail : le modèle initial de Baddeley (1986) _____ 31

1.2.1 Principes généraux du modèle	31
------------------------------------	----

1.2.2 Les travaux fondateurs de Baddeley et Hitch (1974)	33
--	----

1.3 La mémoire de travail de Baddeley (1986) un modèle à trois composants _____ 35

1.3.1 La boucle phonologique	36
------------------------------	----

1.3.1.1 L'effet de longueur des mots	38
--------------------------------------	----

1.3.1.2 L'effet de similarité phonologique	38
--	----

1.3.1.3 L'effet de suppression articulatoire	39
--	----

1.3.1.4 L'effet d'écoute inattentive	40
--------------------------------------	----

1.3.2 Le calepin visuo-spatial	41
--------------------------------	----

1.3.3 L'administrateur central	41
--------------------------------	----

1.4 La prédominance du lobe frontal _____ 44

1.5 Arguments théoriques en faveur des modèles structuraux _____ 46

1.5.1 Dissociations fonctionnelles	46
------------------------------------	----

1.5.2 Données anatomiques	47
---------------------------	----

1.5.3 Données statistiques	47
----------------------------	----

1.6 Conclusion _____ 48

CHAPITRE 2. Le calepin visuo-spatial dans le modèle de Baddeley _____ 51

2.1 Les travaux princeps de Brook (1967, 1968) _____ 51

2.2 Mise en évidence expérimentale du calepin visuo-spatial _____ 53

2.3 Données neuroanatomiques _____ 55

2.3.1	Cas cliniques _____	56
2.3.2	Apport de la neuroimagerie _____	56
2.4	Propriétés du calepin visuo-spatial _____	58
2.4.1	Architecture fonctionnelle _____	58
2.4.2	Nature des informations _____	60
2.4.3	Capacité du calepin visuo-spatial _____	62
2.4.3.1	Epreuves d'empan visuel _____	63
2.4.3.2	L'épreuve des blocs de Corsi _____	65
2.5	Limites méthodologiques des épreuves testant le calepin visuo-spatial _____	67
2.5.1	La question des tâches interférentes _____	67
2.5.2	La simple dissociation avec la boucle phonologique _____	69
2.6	Arguments en défaveur des modèles structuraux _____	71
2.6.1	Arguments en défaveur du modèle de Baddeley (1986) _____	71
2.6.1.1	Remise en cause des effets psychologiques classiques _____	71
2.6.1.2	Modèles alternatifs de mémoire de travail _____	72
2.6.1.2.1	Le modèle de Logie (1996) _____	72
2.6.1.2.2	Le modèle de Baddeley (2000) _____	74
2.6.1.2.3	Le modèle MNESIS (2003) _____	76
2.6.2	Les limites des modèles structuraux _____	78
2.6.2.1	Les limites conceptuelles _____	78
2.6.2.2	L'approche fonctionnaliste _____	80
2.6.2.2.1	Les travaux de l'école néo-Piagétienne _____	80
2.6.2.2.2	Résolution de problème et flexibilité cognitive _____	82
2.7	Conclusion _____	84
 <i>CHAPITRE 3. Nouvelle approche de la mémoire : les modèles uni-système _____</i>		87
3.1	Les modèles à traces multiples : vue d'ensemble _____	87
3.2	Les conceptions intégratives de la mémoire de travail _____	89
3.2.1	Le modèle de Cowan (1988, 1995, 1999, 2005) _____	89
3.2.2	Le modèle d'Engle et collaborateurs (1992, 1999, 2002) _____	91
3.3	Le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) _____	93
3.3.1	Description du modèle _____	93
3.3.2	Nature des composants _____	95
3.3.3	Émergence et récupération des connaissances _____	97

3.4	Vieillessement cognitif	100
3.4.1	Vieillessement et modèle de Versace et <i>al.</i> (2002)	100
3.4.2	Vieillessement et déficits visuo-spatiaux	101
3.4.2.1	L'approche structuraliste et le calepinvisuo-spatial	101
3.4.2.1.1	Le vieillissement normal	101
3.4.2.1.2	Le vieillissement pathologique	102
3.4.2.2	Approche unitaire et déficits visuo-spatiaux	103
3.5	Traitements visuo-spatiaux et anatomie fonctionnelle	104
3.5.1	Données neurophysiologiques	104
3.5.1.1	La voie ventrale	106
3.5.1.2	La voie dorsale	107
3.5.2	Dysfonctionnement visuo-spatiaux et maladie d'Alzheimer	107
3.5.3	Le rôle de l'hippocampe	109
3.6	Conclusion	112
 <i>Partie expérimentale</i>		 117
 <i>CHAPITRE 4. Expérience 1</i>		 119
4.1	Objectifs et hypothèses	119
4.2	Méthode	120
4.2.1	Participants	120
4.2.2	Bilan psychométrique	120
4.2.3	Matériel	122
4.2.4	Procédure	123
4.3	Analyses qualitatives	124
4.3.1	Modélisation de la résolution des blocs de Corsi	124
4.3.2	Critères d'analyse des erreurs	128
4.4	Attentes générales	129
4.4.1	Prédictions concernant la longueur des séquences reproduites correctement aux blocs de Corsi	129
4.4.2	Prédictions concernant les types d'erreurs	129
4.5	Résultats de l'expérience 1	130
4.5.1	Résultats globaux à la condition directe de l'épreuve des blocs de Corsi	130
4.5.2	Analyses quantitatives sur les différents types d'erreurs	130
4.5.2.1	Erreurs de direction	131

4.5.2.2	Erreurs de localisation	131
4.5.2.3	Erreurs de nombre	131
4.5.2.4	Erreurs d'inversion	131
4.6	Discussion	132
	<i>CHAPITRE 5. Expérience 2</i>	135
5.1	Introduction	135
5.2	Objectifs et hypothèses	135
5.3	Méthode	136
5.3.1	Participants	136
5.3.2	Bilan psychométrique	137
5.3.3	Matériel et procédure	139
5.4	Analyses qualitatives	140
5.4.1	Réussite	140
5.5	Traitements visuo-spatiaux induisant un échec	143
5.5.1	Définition des différents traitements visuo-spatiaux	143
5.5.1.1	Traitement visuo-spatial vectoriel partiel	143
5.5.1.2	Traitement visuo-spatial identité stricte	145
5.5.1.3	Traitement visuo-spatial approximatif	145
5.5.1.4	Le modèle des contraintes de Richard, Poitrenaud et Tijus (1993)	147
5.5.1.5	Traitement mixte	148
5.5.1.6	Traitement aléatoire	149
5.5.1.7	Traitement endroit et traitement lacunaire	150
5.5.2	Schématisations des traitements visuo-spatiaux induisant un échec	150
5.6	Hypothèses opérationnelles	159
5.6.1	Attentes générales pour le groupe Alzheimer et le groupe contrôle	159
5.6.1.1	Prédictions sur la longueur des séquences correctement reproduites à l'épreuve des blocs de Corsi	159
5.6.1.2	Prédictions sur les différents types de traitements visuo-spatiaux	159
5.6.2	Attentes générales au sein du groupe Alzheimer	160
5.6.2.1	Prédictions sur la longueur des séquences correctement reproduites à l'épreuve des blocs de Corsi	160
5.6.2.2	Prédictions sur les types de traitements cognitifs visuo-spatiaux	160
5.7	Résultats	161

5.7.1	Analyses quantitatives de la longueur des séquences correctement reproduites _____	161
5.7.1.1	Condition directe _____	161
5.7.1.1.1	Groupe Alzheimer-groupe contrôle _____	161
5.7.1.1.2	Au sein du groupe Alzheimer _____	162
5.7.1.2	Condition indirecte _____	162
5.7.1.2.1	Groupe Alzheimer-groupe contrôle _____	162
5.7.1.2.2	Au sein du groupe Alzheimer _____	163
5.7.2	Analyses quantitatives des différents types de traitements cognitifs visuo-spatiaux _____	164
5.7.2.1	Traitements visuo-spatiaux vectoriels partiels _____	164
5.7.2.1.1	Analyses intergroupes _____	164
5.7.2.1.2	Analyses intra-groupe Alzheimer _____	165
5.7.2.2	Traitement visuo-spatiaux identité stricte _____	165
5.7.2.2.1	Analyses intergroupes _____	165
5.7.2.2.2	Analyses intra-groupe Alzheimer _____	165
5.7.2.3	Traitements visuo-spatiaux approximatifs _____	165
5.7.2.3.1	Analyses intergroupes _____	165
5.7.2.3.2	Analyses intra-groupe Alzheimer _____	166
5.7.2.4	Traitement visuo-spatiaux mixtes _____	166
5.7.2.5	Traitements visuo-spatiaux aléatoires _____	166
5.7.2.6	Traitements endroit lors des parcours indirects _____	166
5.7.2.6.1	Analyses intergroupes _____	166
5.7.2.6.2	Analyses intra-groupe Alzheimer _____	167
5.7.2.7	Parcours lacunaires pour l'ensemble des traitements visuo-spatiaux _____	167
5.7.2.7.1	Analyses intergroupes _____	167
5.7.2.7.2	Analyses intra-groupe Alzheimer _____	167
5.8	Analyses de l'homogénéité de traitement intra et inter-conditions _____	169
5.9	Discussion _____	171
	<i>Discussion générale</i> _____	<i>177</i>
	<i>Conclusion et perspectives</i> _____	<i>183</i>
	<i>Références bibliographiques</i> _____	<i>195</i>
	<i>Annexes</i> _____	<i>219</i>
	<i>Index des figures et tableaux</i> _____	<i>285</i>

Partie théorique

Introduction

Ce travail de recherche s'appuie sur l'étude et l'analyse des traitements visuo-spatiaux mis en œuvre lors de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi (Corsi, 1972 ; Milner, 1971), tâche communément utilisée comme épreuve de mémoire de travail, chez des sujets âgés sains et atteints de maladie d'Alzheimer. Il défend une conception fonctionnelle et constructiviste (Bastien, 1997 ; Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004 ; Clément, 2009 ; Inhelder & Cellérier, 1992 ; Sander, 2000 ; 2006 ; Sander & Richard, 1997) de la mémoire et des processus cognitifs impliqués lors du traitement de l'information visuo-spatiale et de la résolution de problèmes de cette même nature.

Prétendre à l'existence d'un calepin visuo-spatial, sous-composant d'un modèle structuraliste (modèle de la mémoire de travail de Baddeley, 1986) spécialisé dans le traitement de l'information visuo-spatiale n'est pas compatible avec une conception système unique de la mémoire tel qu'on peut l'envisager dans le courant actuel de la cognition située. Notre thèse se propose de substituer le concept de traitement visuo-spatial à celui de calepin visuo-spatial.

Pour appuyer notre thèse, les expérimentations que nous avons réalisées ont eu pour objectif de définir les différents traitements cognitifs visuo-spatiaux, dégager des profils comportementaux de traitements visuo-spatiaux propres au vieillissement normal et pathologique (maladie d'Alzheimer), de mettre en évidence l'expression de flexibilité cognitive lors de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. Et enfin d'apporter des arguments pour valider une approche unitaire de la mémoire.

Dans les approches théoriques fondamentales en psychologie cognitive comme en pratique clinique, le fonctionnement et l'évaluation de la mémoire de travail sont des

questions incontournables. L'analyse approfondie du concept de mémoire de travail suffit à rendre compte de la place centrale qu'il occupe dans les hypothèses relatives au fonctionnement cognitif humain en raison du nombre élevé d'activités mentales que « cette mémoire » implique. En examinant plus en détail l'un des points de vue sur la mémoire de travail, en particulier celui proposé par Baddeley (1986), force est de constater que les concepts de boucle phonologique et d'administrateur central font l'objet d'avancées théoriques plus marquées que celui de calepin visuo-spatial. Ce déséquilibre théorique s'est notamment traduit par un déséquilibre clinique : la boucle phonologique et l'administrateur central ont fait l'objet d'une diversité d'épreuves qui n'a pas son équivalent pour le calepin visuo-spatial. Une des explications pourrait résider dans le fait que l'hypothèse dominante proposée par Baddeley (1986) au sujet de la structure du calepin visuo-spatial, est celle d'un registre passif de stockage accompagné d'un processus de rafraîchissement actif qui jouerait un rôle d'auto-répétition analogue à celui de la boucle phonologique. Or, bien que cette conception ait été reprise par Logie (1995) qui définit le registre passif sous le terme de « visual cache » et évoque « l'inner scribe » pour définir le mécanisme actif, l'autorépétition visuo-spatiale reste un processus difficile à définir donc à étudier. A ce jour, dans le domaine élargi des sciences cognitives, aucune donnée expérimentale ne permet en effet de décrire correctement une architecture fonctionnelle vraiment réaliste du calepin visuo-spatial. Une des raisons est certainement liée à la limite consistant à le décrire par une analogie stricte avec la boucle phonologique (Baddeley, 1986 ; Logie, 1996 ; Logie & Pearson, 1997). La limite théorique que nous soulignons se traduit en pratique clinique : lorsque les psychologues sont amenés à réaliser des évaluations neuropsychologiques dans le cadre de consultations mémoire, les lacunes théoriques relatives au calepin visuo-spatial posent des difficultés dans l'interprétation des déficits visuo-spatiaux par ailleurs objectivés.

Dans le secteur médical les termes rencontrés dans les comptes-rendus neuropsychologiques sont les suivants : mémoire épisodique verbale, mémoire épisodique visuo-spatiale, mémoire de travail auditivo-verbale, mémoire de travail visuo-spatiale, calepin visuo-spatial. De façon implicite et explicite ces termes renvoient à une certaine conception de la mémoire : les modèles structuraux. Dans l'approche structuraliste, la mémoire est décrite comme composée de plusieurs systèmes indépendants. Pour notre part, nous défendons la conception d'un système unitaire de la mémoire, dont l'idée centrale repose sur l'existence

d'une unique mémoire composée d'une accumulation de traces mnésiques épisodiques, multidimensionnelles et distribuées (Versace, Nevers & Padovan, 2002). Un aspect essentiel des conceptions fonctionnelles de la mémoire est qu'elles ne dissocient plus opérations de traitement et représentations (Rousset & Schreiber 1992).

Dans les modèles unitaires, la mémoire de travail n'est plus considérée comme un système autonome dont le but est de maintenir à court terme de l'information (Eustache, Lechevalier & Viader, 1996). La mémoire de travail est représentée comme la partie activée de LA mémoire via la mise en œuvre de processus attentionnels contrôlés (Cowan, 1988 ; Engle et *al.*, 1992, 1999). La capacité limitée de stockage n'existe pas, puisque la mémoire de travail n'est pas considérée comme une structure spécifique, mais serait liée aux caractéristiques de l'activation qui lui est inhérente. Notre approche de la mémoire de travail et l'évaluation que nous en faisons diffèrent de celles des modèles structuralistes comme celui de Baddeley (1986), pour lesquels il s'agit d'une capacité générale de mémoire de travail, reflétant les capacités d'un individu sans que le contexte et les connaissances antérieures jouent de rôle sur les performances (capacité globale transférable à n'importe quelle autre activité similaire). A la différence, l'approche uni-système attribue un rôle fondamental aux connaissances stockées en mémoire ainsi qu'au contexte. De ce fait, il devient primordial d'analyser le fonctionnement cognitif des sujets en situation.

En nous situant dans l'approche du constructivisme psychologique lors des situations de résolution de problèmes, nous défendons le fait que les sujets sont situés dans leurs connaissances (espace contextuel interne) à partir du contexte externe de la tâche c'est-à-dire, la consigne, le type de matériel ou encore la condition demandée.

Dans cette recherche nous avons eu recours à la méthodologie d'analyse de protocoles individuels (API). Cette méthode d'analyse nous apparaît comme l'une des plus pertinentes pour comprendre les mécanismes cognitifs mis en œuvre par les sujets lors de la résolution de problème. En effet, sur le versant clinique, la majorité des résultats des tests cognitifs se limite à une cotation exact/inexact, ce qui conduit à des interprétations de nature dichotomique (vrai/faux, bon/mauvais, compris/incompris...) pour le moins grossières et in fine peu heuristiques. Le point de vue défendu ici ne considère pas les erreurs comme synonymes d'incohérence mais au contraire, comme pouvant être plus informatives que la réponse exacte (Sander, 2002). Leur analyse peut donc permettre de remonter à la source même des opérations mentales impliquées. Les API reposent sur l'idée que les erreurs sont des traces

observables de processus non observables et qu'elles peuvent servir de données pour comprendre le fonctionnement cognitif humain. L'identification des erreurs permet de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans les réponses fournies. Ceux-ci constituent les paramètres de l'élaboration d'un modèle de simulation. Une utopie serait de prétendre pouvoir simuler l'ensemble des comportements humains mais ce but idéal n'est évidemment jamais atteint (Sander, *ibid.*). L'analyse de protocoles individuels a donc comme objectif de fournir les éléments pour une simulation des comportements. On entend ici par protocole un ensemble de données comportementales recueillies dans des situations où les sujets sont engagés dans une situation cognitive complexe (Richard, 2004 ; Richard & Poitrenaud, 1988 ; Sander, *ibid.*). En ce sens, les analyses de protocoles individuels sont complémentaires des études quantitatives.

Nous avons choisi comme tâche visuo-spatiale, l'épreuve des blocs de Corsi (Corsi, 1972 ; Milner, 1971) pour différentes raisons. Tout d'abord, cette tâche présente des consignes simples et elle ne nécessite pas des sujets une familiarisation parfois difficile à un protocole expérimental lourd et complexe. Nous avons choisi de conserver la version originale développée par Corsi (*ibid.*) et non une version informatisée, car nos sujets sont des personnes âgées (saines ou atteintes de maladie d'Alzheimer) et cette population est souvent peu familiarisée avec les outils informatiques. Par ailleurs, certaines études tendent à montrer que les différences qui existent entre la version classique et les versions informatisées ne semblent pas jouer un rôle dans les résultats (Fischer, 2001 ; Nelson, Dickson & Banos, 2000). Par ailleurs, dans la mesure où cette épreuve est l'une de celles utilisée dans la clinique, elle nous est apparue pertinente pour remettre en question l'approche structuraliste en proposant une analyse différente, basée sur une approche fonctionnelle.

Le chapitre 1 présente les conceptions multi-systèmes de la mémoire qui constituent l'approche dominante en psychologie cognitive. La première partie concerne les modèles de mémoire à court terme (Atkinson & Schiffrin, 1968 ; Waught & Norman, 1965). La seconde partie est centrée sur le modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986) avec le rappel des différents composants : la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central. Dans une troisième partie sont abordés les différents arguments théoriques sur lesquels s'appuient les modèles structuraux.

Le chapitre 2 a pour objet la description détaillée du calepin visuo-spatial tel qu'il est proposé dans le modèle de Baddeley (1986). Après avoir évoqué dans une première partie les travaux de Brooks (1968) et dans une seconde partie les différentes études qui ont voulu mettre en évidence l'existence du calepin visuo-spatial, la troisième partie de ce chapitre aborde les données neuroanatomiques. La quatrième partie est consacrée à l'architecture fonctionnelle, à la nature des informations manipulées et à la capacité du calepin visuo-spatial. Une cinquième partie traite des limites méthodologiques rencontrées dans l'étude du calepin visuo-spatial (Roulin, & Monnier, 1994). Enfin dans une dernière partie sont abordées les limites à propos des modèles structuraux, ainsi que les différents modèles alternatifs de la mémoire de travail qui ont été élaborés pour répondre à ces critiques (Baddeley, 2000 ; Logie, 1996 ; Eustache & Desgranges, 2003).

Le chapitre 3 aborde l'approche uni-système de la mémoire. La première partie présente les conceptions théoriques des modèles à traces multiples (Hintzman, 1984 ; 1986 ; Logan 1988 ; Medin & Schaffer, 1978 ; Nosofsky 1984, 1986, 1998 ; Whittlesea, 1987). La seconde partie décrit les modèles intégratifs de la mémoire de travail (Cantor & Engle, 1993 ; Cowan, 1988, 1995, 1999, 2005 ; Engle, Kane & Tuholski, 1999). La troisième partie de ce chapitre est centrée sur le modèle de Vercace, Nevers et Padovan (2002), la quatrième sur le vieillissement cognitif et les raisons pour lesquelles cette étude porte sur une population âgée (saine et pathologique) et la dernière concerne l'anatomie fonctionnelle des traitements visuo-spatiaux avec notamment la description de la voie ventrale et de la voie dorsale.

Les chapitres 4 et 5 sont dédiés aux expériences réalisées dans cette recherche.

La première étude décrite dans le chapitre 4 s'intéresse à la résolution de la condition directe de l'épreuve des blocs de Corsi chez des patients Alzheimer et des sujets contrôle âgés sains. Les critères de réussite ont été modélisés sur la base d'analyses de protocoles individuels, à partir desquels différents types d'erreurs rencontrés lors de la résolution de cette épreuve ont été identifiés. Cette première étude a cherché à mettre en évidence un éventuel profil comportemental d'erreurs propre aux sujets Alzheimer et aux sujets contrôle.

L'expérience présentée dans le chapitre 5 ne porte plus sur les différents types d'erreurs rencontrés dans la résolution des blocs de Corsi mais sur la nature des traitements visuo-spatiaux mis en œuvre lors de cette épreuve visuo-spatiale séquentielle. Dans cette

étude, les deux conditions des blocs de Corsi, c'est-à-dire, la condition directe et indirecte, ont été analysées. La population de cette étude est toujours constituée de sujets Alzheimer et de sujets contrôle âgés sains. L'objectif de cette expérience est double : d'une part, dégager un profil comportemental de traitements visuo-spatiaux caractéristique d'une population donnée (sujets Alzheimer ou sujets âgés sains) et d'autre part, étudier la flexibilité cognitive lors de la résolution de l'épreuve, dans la lignée des travaux de Clément (2008, 2009). L'auteur interprète la mise en œuvre de traitements cognitifs différents en fonction des propriétés de la situation comme l'expression de flexibilité cognitive.

La description des expériences réalisées se poursuit par une discussion qui se prolonge dans une conclusion générale qui clôt ce manuscrit.

1 CHAPITRE 1. L'approche dominante : les modèles structuraux de la mémoire

C'est avec la volonté d'étudier scientifiquement et de comprendre le comportement humain que naît le cognitivisme. Or, rompant avec le courant behavioriste, les chercheurs s'intéressent ainsi de plus en plus à ce qui se situe entre les stimuli et les réponses c'est-à-dire aux processus sous-jacents aux comportements. Cependant, les avancées technologiques, en particulier celle de la mise au point de l'ordinateur changent les méthodes expérimentales en psychologie. L'introduction de l'ordinateur dans les recherches crée des méthodes d'investigation de plus en plus riches et diversifiées et génère un tournant dans les sciences cognitives dont la perspective théorique se tourne vers le courant du traitement de l'information, traitement expliqué par les modèles computo-symboliques. L'objectif est justement d'identifier ce qui se produit au cours des différentes étapes du traitement de l'information (attention, mémoire, perception...). La psychologie prend un nouvel essor pour tenter de découvrir les processus cognitifs impliqués dans les tâches proposées aux sujets. Les modèles computo-symboliques reposent d'une part sur le caractère symbolique des représentations mentales et d'autre part sur la nature modulaire et séquentielle des traitements.

Une des particularités des systèmes mnésiques dans ces modèles est la succession d'étapes (traitement séquentiel) qui associe à chacune un système mnésique spécifique, comme dans les modèles de Waugh et Norman (1965), d'Atkinson et Schiffrin (1968), et dans les modèles de mémoire à court terme et le modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986) que nous allons décrire dans les parties suivantes.

1.1 Les modèles de mémoire à court terme

1.1.1 Le modèle de Waught et Norman (1965)

Le modèle de Waught et Norman (1965) est inspiré du modèle de Willian James (1890) qui porte sur la distinction entre une mémoire primaire et une mémoire secondaire, reposant sur l'idée d'une dissociation entre les deux. James fonde sa théorie sur une analyse de la notion du temps. Il pense de manière intuitive que le temps présent ne porte ni sur l'instantané

ni sur une durée longue, mais sur une durée qu'il estime à « moins d'une minute ». Avant ou après ce 'segment temporel', les expériences seraient, selon lui, considérées comme des conceptions appartenant au passé ou au futur. La plupart de ces segments temporels correspondent au présent psychologique des sujets et seraient rapidement oubliés. D'autres, en revanche, seraient maintenus plusieurs minutes, plusieurs heures ou encore de manière définitive. Cette théorie suppose qu'il n'existe pas d'états mentaux instantanés et que la conscience d'un état mental est toujours un 'après-conscience'. En effet, un état mental ne prendra de valeur pour un sujet qu'à travers la mémoire que celui-ci en a. La mémoire primaire se définit alors comme celle qui porte sur les contenus qui sont précisément dans le 'présent mental' du sujet. La mémoire secondaire correspond quant à elle, aux contenus qui ont appartenu au présent mental mais qui nécessitent une récupération. Une des hypothèses de James est que pour pouvoir être récupéré, l'état mental doit avoir existé un temps minimum dans le 'présent mental' des sujets. La théorie de James (ibid.) repose essentiellement sur une analyse intuitive mais elle offre une approche intéressante de la notion de mémoire immédiate qui est justement à l'origine de la plupart des modèles sur la mémoire. Ainsi, dans le modèle de Waugh et Norman (1965) (figure 1) chaque stimulus verbal (les auteurs effectuent leurs expériences avec des apprentissages verbaux) entre dans la mémoire primaire mais la capacité de ce registre est limitée. De ce fait, les nouveaux stimuli qui entrent, prennent la place de ceux qui y sont déjà présents. Les items sont donc oubliés si aucune autre activité comme la répétition mentale n'est mise en œuvre par les sujets. En revanche, si un stimulus présenté est répété mentalement, il peut rester en mémoire primaire. De ce fait, il a des chances élevées d'entrer en mémoire secondaire (mémoire permanente). Les auteurs avancent l'hypothèse que la mémoire primaire et la mémoire secondaire ne fonctionnent pas comme deux systèmes totalement indépendants. La probabilité de rappel d'un item est à la fois fonction de sa probabilité de présence en mémoire primaire ainsi que de sa probabilité d'être passé en mémoire secondaire.

Pour Waugh et Norman (ibid.), les deux systèmes de mémoire bien que distincts par leurs caractéristiques présentent une interdépendance dans la probabilité de récupération des informations.

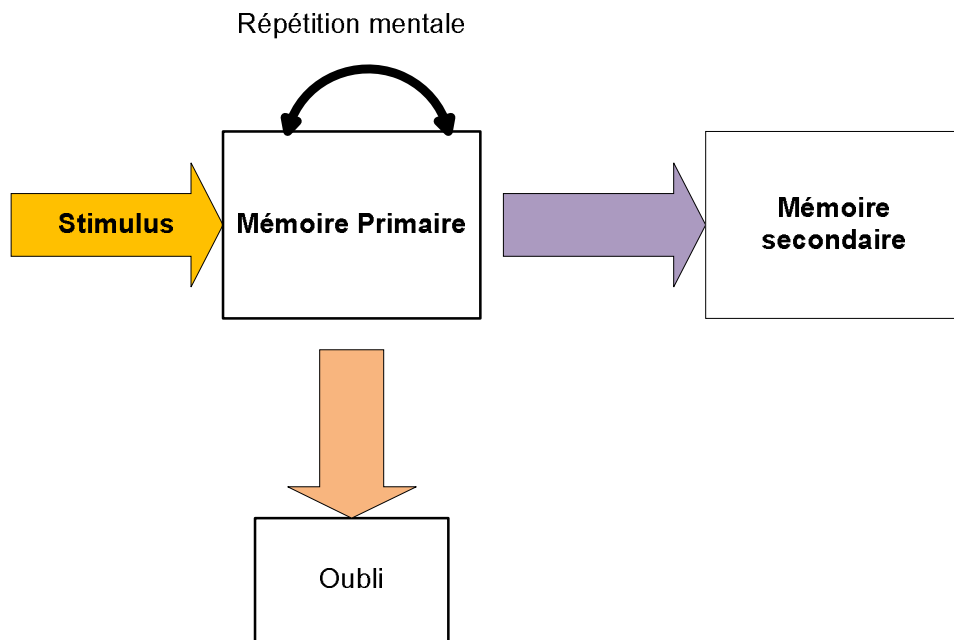


Figure 1. Représentation schématique du modèle de Waugh et Norman (1965).

1.1.2 Le modèle d'Atkinson et Schiffrin (1968)

Parmi les modèles sériels c'est-à-dire dans lesquels l'information entrante est censée transiter d'un registre mnésique à un autre, le modèle d'Atkinson et Schiffrin (1968) est le plus répandu et, de ce fait, un des modèles de mémoire à court terme le plus influent.

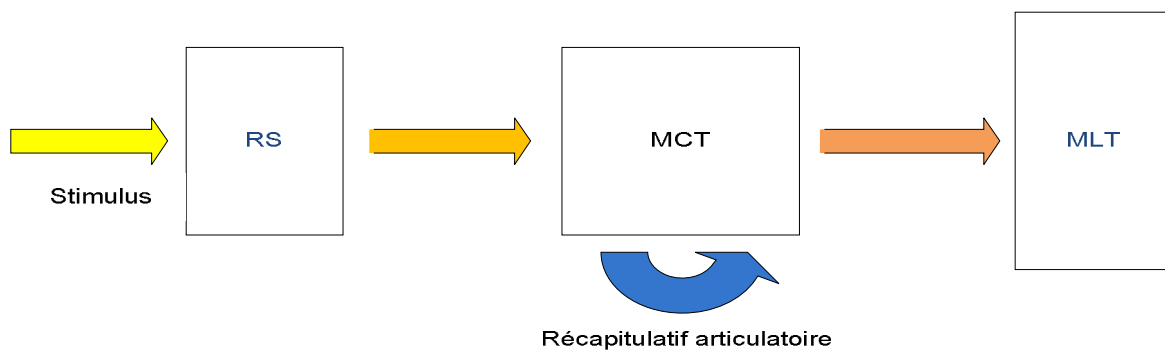


Figure 2. Représentation schématique du modèle d'Atkinson et Schiffrin (1968).

RS : registre sensoriel (visuel, auditif, tactile...). MCT : mémoire à court terme. MLT : mémoire à long terme

Ce modèle comporte trois composants distincts, plus précisément trois types de registres mnésiques : le registre sensoriel, le registre à court terme et le registre à long terme (figure 2). Ces registres constituent l'architecture du modèle et sont considérés comme les aspects structuraux. Sur cette structure se greffent les processus de contrôle qui ont la possibilité d'être modifiés par les sujets. Il s'agit des processus d'encodage, de répétition mentale ou encore de recherche en mémoire.

Le premier registre du système est le magasin sensoriel. L'information y est d'abord traitée en parallèle et enregistrée selon la modalité du stimulus (iconique, échoïque ou tactile). La trace sensorielle décline de manière très rapide (au delà de l'ordre de la milliseconde). Finalement, seule une partie de l'information présente dans le registre sensoriel est sélectionnée pour aboutir dans le magasin à court terme, voie de passage obligée pour atteindre le magasin à long terme. Plus précisément, ce sont les informations sur lesquelles le sujet porte son attention qui sont transférées dans le magasin à court terme. L'information présente dans le registre à court terme n'est pas forcément stockée sous la même dimension sensorielle que celle du registre sensoriel d'entrée. Les auteurs évoquent souvent le magasin à court terme sous le terme « auditory-verbal-linguistic » laissant supposer qu'ils privilégient la modalité auditive dans le stockage des informations à court terme. Au niveau de ce registre, l'information peut faire l'objet d'une récapitulation articulatoire ou encore d'un travail d'élaboration. Ces mécanismes permettent de faire durer le temps de présence des informations et jouent également un rôle dans le transfert des stimuli vers le registre à long terme. Les informations stockées dans le magasin à court terme sont immédiatement et directement disponibles. Le registre à long terme, quant à lui, permet de stocker les informations de manière définitive tout en prenant en compte leurs caractéristiques sémantiques. Leur récupération nécessite l'interaction entre des indices issus de l'environnement du sujet ainsi qu'un plan de récupération en mémoire issu des traitements réalisés lors des différents apprentissages antérieurs. Ce processus complexe permet de stocker un nombre d'informations quasiment illimité (Gaonac'h & Larigauderie, 2000). Ainsi, le registre à long terme a comme propriété d'être un registre structuré dont l'organisation s'élabore à partir des différents apprentissages réalisés par les sujets. Atkinson et Schiffrin (ibid.) invoquent des transferts, c'est-à-dire des passages d'informations du registre à court terme vers le registre à long terme. Ces transferts sont considérés comme une copie des stimuli, les informations ne disparaissant pas pour autant du registre à court terme. Mais il y a

également des transferts dans l'autre sens, du registre à long terme vers celui à court terme qui permettent aux sujets d'utiliser les informations stockées en mémoire à long terme lors de traitements de nouvelles informations dans le registre à court terme.

En dépit de l'intérêt qu'ils ont suscité, les modèles de Waugh et Norman (ibid.) et d'Atkinson et Schiffrin (ibid.) ont été contestés sur plusieurs points, entre autres sur l'idée que la durée de maintien des informations dans le registre à court terme est un facteur déterminant du passage en mémoire à long terme. Mais les critiques les plus importantes proviennent de la neuropsychologie. Plusieurs cas cliniques de patients en particulier ceux de KF et HM (Shallice & Warrington, 1970), remettent en cause les rapports entre le registre à court terme et celui à long terme. En effet, ces modèles ne peuvent expliquer les déficits rencontrés en mémoire à court terme sans altération de la mémoire à long terme et vice versa. Ces limites sont le point de départ des propositions émises par Baddeley et Hitch (1974) concernant une architecture plus complexe et dynamique de la mémoire à court terme, travaux qui ont donné lieu au premier modèle de Baddeley (1986).

1.2 La mémoire de travail : le modèle initial de Baddeley (1986)

1.2.1 Principes généraux du modèle

Comme le soulignent Miyake et Shah (1999) le terme mémoire de travail se trouve utilisé pour la première fois dans des travaux de Miller, Galanter et Primbam (1960) mais ce n'est vraiment qu'avec Baddeley (1986) que cette expression est devenue célèbre et incontournable et que les procédures expérimentales se sont multipliées en sciences cognitives. Baddeley (ibid.) définit la mémoire de travail comme un système de maintien temporaire et de manipulation de l'information, nécessaire pour réaliser des activités cognitives complexes, telles que la compréhension, l'apprentissage ou encore le raisonnement. Le concept de mémoire de travail comprend, outre les fonctions de maintien de l'information, un ensemble de processus cognitifs dont l'objectif est la manipulation des informations pour la réalisation d'un but. La mémoire de travail est mise en œuvre dans une multitude d'activités cognitives, telles que le calcul, la compréhension, la lecture (Gathercole & Baddeley, 1993 ; Seigneuric, 1998) et le raisonnement complexe (Ehrlich, Tardieu & Cavazza, 1993 ; Kyllonen & Stephen, 1990). Dans cette revue de question nous n'aborderons pas toutes les activités cognitives inhérentes à la mémoire de travail humaine, notre thématique de recherche étant le traitement et la résolution de problèmes visuo-spatiaux. En

1999, Baddeley et Logie proposent une autre définition de la mémoire de travail : celle-ci renverrait à un certain nombre de composants fonctionnels de la cognition qui permettraient à l'homme de comprendre et de représenter mentalement son environnement immédiat, de retenir des informations concernant son passé immédiat, d'acquérir de nouvelles connaissances, de résoudre des problèmes, de définir, de formuler ou de réaliser des buts ». En dépit de la différence avec la toute première définition de Baddeley (ibid.), le rôle primordial et essentiel qu'elle joue dans les activités mentales, cognitives humaines est encore souligné.

Le concept de mémoire de travail est fondé sur l'idée d'un mécanisme commun dédié à la fois au stockage et au traitement des informations. Il est important, lorsque l'on aborde ce concept, de tenir compte des limites de la mémoire à court terme qui sont supposées refléter une limitation fondamentale des capacités humaines de traitement de l'information (Miller, 1956). Une question théorique se pose alors : les ressources cognitives utilisées pour mémoriser de manière immédiate et celles qui sont utilisées pour mémoriser lorsque l'on se trouve dans une tâche cognitive plus complexe, sont-elles les mêmes ? En d'autres termes, disposons-nous de ressources indépendantes pour la mémorisation et le traitement des informations ? En évoquant l'existence d'une mémoire de travail, il convient d'aborder les rapports qui existent entre mémoire à court terme et mémoire de travail. Il existe un rapport entre les limites de l'empan mnémonique et les limites de traitement de l'information en « mémoire de travail ». La limitation de la mémoire à court terme et la limitation de la mémoire de travail auraient-elles la même propriété cognitive, c'est-à-dire un 'volume' de processus disponibles pour effectuer à la fois le stockage et le traitement d'informations ? La limitation de la quantité d'information qui peut être manipulée est l'une des caractéristiques fondamentales de la mémoire à court terme. Il est toutefois possible de dépasser cette limitation communément admise de 7 ± 2 éléments, en mettant en œuvre des stratégies de regroupement. On entend par stratégies de regroupement, le fait d'organiser en unité (chunk) plus grande les stimuli à disposition (ex : la série de chiffres 2-5-4-6-7-3 peut se regrouper en deux unités 254/673). Miller (ibid.) conçoit le regroupement comme l'unité de base de la mémoire à court terme. Baddeley (1994) y voit un caractère plus dynamique puisqu'il pense que la notion de regroupement renvoie à la nature active des processus cognitifs mis en œuvre dans la mémoire à court terme.

Avant de décrire le modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986), nous allons aborder les travaux princeps menés par Baddeley et Hitch (1974).

1.2.2 Les travaux fondateurs de Baddeley et Hitch (1974)

Baddeley et Hitch publient en 1974, un texte qui présente une série de résultats issus de différentes expériences. Cet article est considéré comme le texte fondateur du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986).

Une première série d'expériences porte sur des épreuves de raisonnement verbal (vérification de phrases). Les sujets doivent, par exemple, dire si la phrase « B précède A » est vérifiée dans la présentation d'un dessin représentant AB (ou BA). Certaines des phrases sont vraies, les autres fausses. Les phrases diffèrent par leur degré de complexité syntaxique, selon qu'elles sont affirmatives ou négatives et à la voix active ou passive. Simultanément au jugement de ces phrases, les sujets ont une tâche secondaire. Avant chaque phrase ils voient des listes d'items (1, 2 ou 6) qui peuvent être des lettres ou des chiffres. Ils doivent les maintenir en mémoire et les restituer après la tâche de raisonnement verbal. Une 'condition contrôle' est introduite, dans laquelle seule la véracité de la phrase est demandée aux sujets. Les temps de réponse des sujets sont enregistrés. Les résultats montrent que le temps de vérification est le même lorsqu'il n'y a aucun, voire 1 ou 2 items à retenir, alors qu'il y a un ralentissement lorsqu'il y a en 6 à mémoriser. Ces résultats se retrouvent seulement chez les sujets qui ont correctement mémorisé les items. Pour les auteurs, ce ralentissement peut s'interpréter comme un phénomène de compétition entre les processus de maintien des items à mémoriser et ceux qui servent à la prise de décision sur la véracité des phrases.

La deuxième série d'expériences porte sur des tâches de compréhension. Les auteurs demandent aux sujets d'effectuer une épreuve de rappel et une autre de compréhension. Dans ces expériences, Baddeley et Hitch (ibid.) combinent tâche de compréhension d'un texte en modalité orale avec une tâche de rappel d'items (6 chiffres) également présentés oralement. L'ordre de passation des tâches varie. Le groupe expérimental a la configuration suivante : présentation des chiffres et du texte, puis rappel des chiffres suivi du rappel du texte et de la tâche de compréhension. Pour le groupe contrôle, l'ordre est différent : présentation du texte et des chiffres, puis rappel des chiffres suivi du rappel du texte et de la tâche de compréhension. Le groupe expérimental doit donc maintenir les chiffres en mémoire durant la présentation auditive du texte, contrairement au groupe contrôle. Les résultats montrent que le

score de compréhension est meilleur pour le groupe contrôle. Toutefois les résultats qui témoignent d'une incompatibilité entre le stockage et le traitement ne sont obtenus que lorsque les chiffres à retenir sont au nombre de 6. La même expérience réalisée avec 3 chiffres à rappeler ne révèle aucun effet significatif.

Une autre série d'expérience porte sur des tâches de rappel libre. Baddeley et Hitch (ibid.) présentent une liste de 16 mots avec comme consigne, de la mémoriser. Cette liste de mots est combinée à une série de chiffres présentés oralement (0, 3 ou 6). L'ordre de passation est le suivant : chiffres puis présentation des seize mots puis rappel des mots suivi de celui des chiffres. Les analyses réalisées sur le rappel des mots montrent que le nombre de chiffres à mémoriser ne joue pas sur l'effet de récence mais sur tout le reste de la courbe d'apprentissage. Les auteurs concluent que le maintien d'une charge mnésique de 6 items occupe la mémoire à court terme ou mémoire de travail (la distinction est encore floue).

C'est par ces expériences que Baddeley et Hitch (ibid.) ont mis en avant des liens avec ce qui est traditionnellement considéré comme l'empan mnémonique¹ et la résolution de tâche de mémoire à court terme. L'exécution de tâches cognitives est perturbée lorsqu'on ajoute une charge mnésique dépassant un certain seuil, celui de 6 items. Aucun effet ne se produit lorsque la charge est inférieure à 3 items. Ainsi, il n'y aurait compétition entre stockage et traitement que lorsque la charge mnésique se rapprocherait de ce qui est considéré comme la limite de l'empan de mémoire, c'est-à-dire 7 items (Miller, 1956).

Au vu de ces résultats, Baddeley et Hitch (ibid.) admettent l'existence d'un système commun de mémoire de travail, système concernant à la fois le stockage et le traitement des informations. Mais ce système doit être considéré en grande partie sans lien avec l'empan mnésique. Les différentes expériences n'ont pas mis en évidence de compétition entre stockage et traitement. Il faut cependant tenir compte à la fois de l'autonomie de ce système de mémoire de travail par rapport au stockage et de son éventuelle implication dans ce même stockage. Un autre système de mémoire de travail, spécifique au stockage, doit être pris en considération avec d'éventuels échanges entre stockage et traitement. Les auteurs décrivent alors une composante dédiée au stockage qui ne peut opérer aucun traitement et une composante consacrée au traitement avec comme fonction essentielle d'assurer un rôle dans le contrôle du stockage et dans la récupération des informations.

¹ Le terme d'empan de mémoire fut proposé par le psychologue allemand Hermann Ebbinghaus (1850-1909) qui fut le premier à conduire des expériences en laboratoire sur la mémoire. L'empan de mémoire est le nombre d'items maximum dont peut se rappeler le sujet immédiatement après une seule présentation.

Les travaux réalisés par Baddeley et Hitch (ibid.) qui proposent une composante 'passive' et une composante 'active' dans les mécanismes de stockage et de traitement à court terme ont ainsi conduit à proposer le concept de « mémoire de travail » qui a donné lieu au modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1986).

1.3 La mémoire de travail de Baddeley (1986) un modèle à trois composants

Le modèle de Baddeley (1986) s'inscrit dans un cadre modulariste classique et se présente comme un système hiérarchisé en plusieurs sous-systèmes articulés. Chacun des différents composants de l'architecture est donc conçu comme disposant d'une certaine autonomie de fonctionnement. On distingue un système de supervision amodal, l'administrateur central, dont le rôle est de sélectionner, coordonner et contrôler les opérations de traitement des deux systèmes esclaves chargés de stocker temporairement les informations. Ces deux systèmes auxiliaires sont d'une part la boucle phonologique destinée au stockage des informations verbales et d'autre part le calepin visuo-spatial qui assure le stockage des informations visuelles et spatiales (figure 3).

D'un point de vue fonctionnel, la mémoire de travail est perçue comme la structure qui permet aux sujets de représenter mentalement les informations provenant de leur environnement et de les maintenir actives dans l'intention de penser, de raisonner ou encore de poursuivre tout autre but.

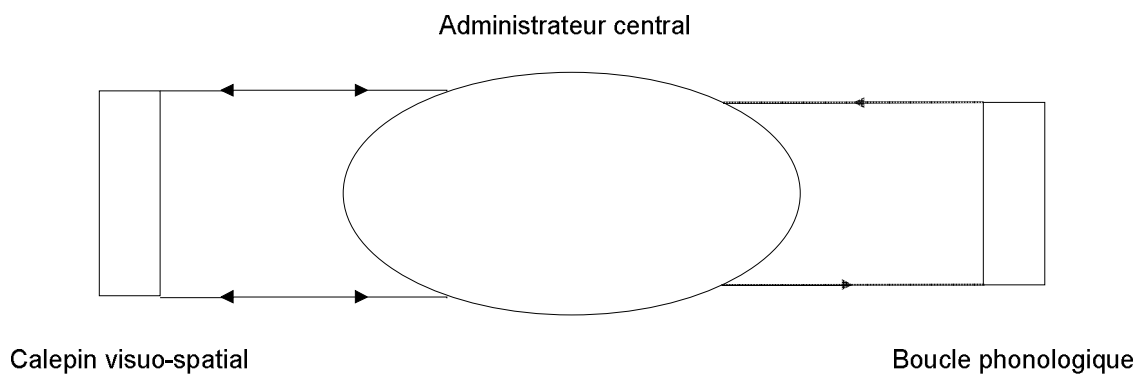


Figure 3. Représentation schématique du modèle de la mémoire de travail, Baddeley (1986).

1.3.1 La boucle phonologique

La boucle phonologique est destinée au stockage temporaire de l'information verbale. Il s'agit du composant qui a fait l'objet des plus nombreuses recherches. Il serait divisé en deux sous-composants principaux, le stock phonologique et le mécanisme de récapitulation articulatoire.

Baddeley (1986) n'est pas le premier à évoquer le mécanisme de 'récapitulation articulatoire'. Brown (1958) et Peterson et Peterson (1959) s'étaient déjà intéressés vers la fin des années 50 aux mécanismes opérant en mémoire en court terme. Au-delà du fait que leur paradigme est couramment repris en psychologie expérimentale, le cadre théorique qu'ils proposent est particulièrement intéressant. Ces auteurs ont voulu montrer que la mémoire à court terme ou 'mémoire immédiate' requiert des mécanismes différents de ceux qui sont impliqués en situation d'apprentissage. Brown (ibid.) avance l'hypothèse que les interférences proactives et rétroactives rencontrées dans l'apprentissage n'apparaissent pas en mémoire à court terme. Le seul mécanisme à jouer un rôle est le déclin spontané de la trace en mémoire. Concernant l'empan mnésique (7 ± 2), Brown (ibid.) essaie de voir pourquoi ce qui 'dépassé' de cet empan est oublié. Il avance l'hypothèse que les traces qui servent de support à la rétention immédiate ont comme particularité d'être sensibles au temps. Si on présente au sujet une séquence longue, alors le déclin temporel des traces en mémoire ne permettra pas le rappel de certains items. Il ne faut pas que la longueur de la séquence à retenir dépasse celle de l'empan mnésique. Pour éviter le déclin rapide des traces, les sujets doivent mettre en œuvre un mécanisme de répétition mentale, qui empêche l'oubli en permettant l'élaboration de nouvelles traces. Si on empêche les sujets de mettre en œuvre une telle activité lors de la phase de présentation et celle de rappel, en induisant une tâche supplémentaire, l'oubli est alors plus rapide que sans tâche concurrente.

Une des expériences de Brown (1958), consiste à demander aux sujets de rappeler des consonnes (une à quatre paires) lues précédemment avec un intervalle de 5 secondes entre la présentation et le rappel. Dans la première condition, l'intervalle est laissé libre et dans la deuxième condition une tâche supplémentaire est introduite : lire 5 paires de chiffres. Les résultats montrent que le rappel dans la première condition est quasiment parfait alors qu'il n'est en moyenne que d'une paire de consonnes dans la deuxième condition. Si la répétition mentale est empêchée, l'oubli est rapide. L'observation de Brown (ibid.) souligne la limitation temporelle des capacités en mémoire à court terme. La métaphore spatiale (mémoire à court

terme décrite comme un réservoir de volume limité) est abandonnée pour un postulat théorique clairement explicite : le déclin spontané des traces. Le mécanisme permettant le maintien des traces est lui aussi explicite dans le fondement théorique de Brown : la répétition mentale.

Les différents travaux réalisés par Brown (ibid.) et Peterson et Peterson (ibid.), ont mis en évidence que lorsqu'on se trouve dans une situation qui ne relève pas de l'apprentissage, les traces présentes en mémoire ont tendance à vite disparaître, si aucune activité mnémorique n'est mise en œuvre pour les maintenir. Ce type de mémorisation a donc des caractéristiques spécifiques. Il porte sur une petite quantité d'informations qui, si elles ne sont pas réactivées par répétition mentale, sont rapidement oubliées.

Baddeley (1986) avance l'hypothèse que le stock phonologique est passif. Il recevrait directement l'information verbale présentée auditivement et une de ses particularités serait le fait que la quantité d'informations s'estompe en quelques secondes (1,5 seconde en moyenne). Le deuxième sous composant, 'la récapitulation articulatoire' serait un sous-composant actif et aurait comme fonction le rafraîchissement des informations permettant leur maintien en mémoire à court terme, ainsi que le transfert de l'information verbale présentée visuellement vers le système de stockage phonologique (figure 4). Plusieurs données empiriques (l'effet de longueur des mots, l'effet de similarité phonologique, l'effet de suppression articulatoire et l'effet d'écoute inattentive) corroborent l'existence de ces sous-systèmes. Elles font l'objet des parties suivantes.

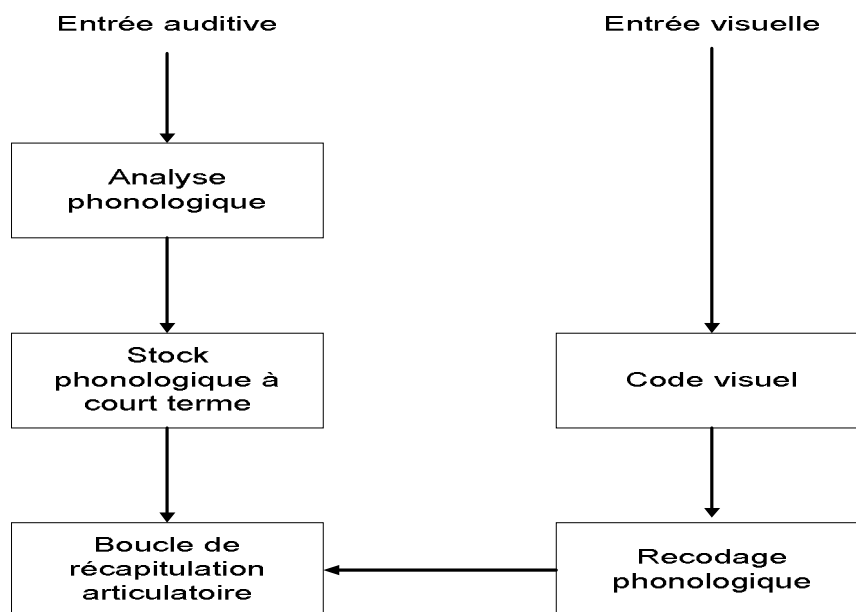


Figure 4. Représentation schématique du modèle de la boucle phonologique (Baddeley, 1986, 1993).

1.3.1.1 L'effet de longueur des mots

Baddeley, Thomson et Buschman (1975) proposent à des sujets des tâches de mémorisation immédiate, qui consistent en un rappel de mots courts (clé, sac, sol) et de mots longs (bibliothèque, tournesol, mécanique). Les résultats obtenus montrent que le rappel des mots courts est meilleur que celui des mots longs. Le maintien en mémoire à court terme impose donc la mise en place d'un processus de rafraîchissement de l'information, nommé 'boucle articulatoire'. Si les traces en mémoire ne sont pas rafraîchies, elles disparaissent en 1,5 seconde en moyenne. Mais cet effet dépend-il du nombre de syllabes présentes dans les mots ou du temps de prononciation des mots ? Plusieurs études montrent des corrélations entre la vitesse d'articulation des mots et la taille de l'empan mnésique : plus la prononciation des mots est rapide, plus l'empan est élevé (Ellis & Hennis, 1980 ; Hulme, Maughan & Brown, 1991). La variable la plus importante serait donc la durée de prononciation des mots.

L'effet de longueur des mots relève du processus de récapitulation articulatoire et s'explique par le fait que les mots longs prennent plus de temps à être récapitulés que les mots courts. La trace des mots précédents s'estompe avant d'être réintroduite dans le stock phonologique via la récapitulation articulatoire.

1.3.1.2 L'effet de similarité phonologique

Conrad (1964) avance l'hypothèse qu'en mémoire à court terme, les différents stimuli présentés aux sujets seraient retenus selon la manière dont ils sont prononcés. Pour tester cette hypothèse il compare les résultats obtenus à deux situations expérimentales différentes. La première consiste à présenter oralement une succession de lettres (1 toutes les 5 secondes). Les sujets doivent transcrire ces lettres au fur et à mesure. Cette tâche est réalisée avec un bruit de fond réglé pour que les sujets commettent environ 50% d'erreurs dans la transcription. Les erreurs commises par les sujets montrent que les groupes de lettres 'B C P T V' et 'F M N R S' provoquent beaucoup plus d'erreurs que des groupes de lettres comme 'A V J Q M'. La seconde situation expérimentale consiste à soumettre les sujets à une série de présentations-rappels de lettres (tirées au hasard dans l'alphabet). Les lettres de chaque série varient et sont présentées visuellement sur un écran (toutes les 0,75 secondes). Les sujets doivent rappeler les lettres aussitôt après la fin de la présentation. Les erreurs des sujets portent sur les mêmes patterns de lettres que lors de la première expérience, c'est-à-dire sur des lettres proches sur le plan phonologique. Pour Conrad (ibid.) les stimuli présentés par écrit

feraient l'objet d'un 'recodage' phonologique. Plus exactement, les sujets transformeraient les lettres perçues en leurs correspondants phonologiques.

Dans une autre expérience Conrad (1967, cité par Goanac'h & Larigauderie, 2000), veut préciser le recodage phonologique. Pour cela il fait varier la durée de l'intervalle de rétention. Les sujets doivent redonner une série de lettres après un intervalle de 2,4 ou 7,2 secondes. Les résultats montrent que les rappels sont meilleurs avec l'intervalle de 2,4 secondes, mais Conrad (ibid.) observe également que la nature des erreurs est différente. Après l'intervalle de rétention de 2,4 secondes, ce sont essentiellement des erreurs de confusion de lettres similaires sur le plan phonologique, alors que la nature des erreurs après l'intervalle de 7,2 secondes, semble aléatoire. Conrad (ibid.) avance l'hypothèse que la mémoire à court terme utilise un codage phonologique pour la mémorisation des informations même si celles-ci sont présentées par écrit.

Plusieurs études menées par Baddeley (1966a, 1966b) ont également mis en évidence, lors de tâche de rétention d'informations à court terme, des interférences entre différentes listes à retenir lorsque celles-ci présentent des similarités phonologiques.

L'effet de similarité phonologique se traduit par le fait que le rappel de mots ou de lettres qui se ressemblent au plan phonologique est moins bon que le rappel de mots ou de lettres qui diffèrent phonologiquement et ceci aussi bien en modalité verbale que visuelle (Baddeley, Lewis & Vallar, 1984). Des segments linguistiques phonologiquement proches comme 'B D P T' sont plus difficiles à mémoriser que des segments linguistiques dissimilaires phonologiquement comme 'D F V X'.

1.3.1.3 L'effet de suppression articulatoire

La suppression articulatoire est la technique expérimentale la plus utilisée pour tester l'hypothèse de l'existence de la « boucle articulatoire ». Elle consiste à introduire une tâche supplémentaire essentiellement de type répétition à haute voix d'un même son ou syllabe. Comme le son à répéter est identique (ex : bla, bla, bla), aucune mémorisation n'est nécessaire mais la répétition mentale du matériel à mémoriser est gênée.

Baddeley et al. (1984) proposent d'étudier l'effet de suppression articulatoire dans une étude où deux conditions sont introduites. La première consiste en une présentation orale des items et la seconde condition en une présentation écrite. Les listes de mots à retenir présentent également deux caractéristiques. La première fait varier le facteur similarité phonologique et

la seconde contrôle l'effet de longueur des mots. Les résultats montrent qu'en modalité orale, l'effet de similarité phonologique apparaît alors qu'aucun effet n'est observé pour la longueur des mots. En modalité visuelle (présentation écrite), aucun effet (similarité et longueur des mots) n'apparaît. Les auteurs avancent l'hypothèse que la suppression articulaire peut gêner la répétition mentale des informations présentées en modalité orale mais également le recodage de stimuli présentés visuellement vers leur code phonologiques respectifs. La suppression articulaire occupe la place du processus de récapitulation articulaire, empêchant la répétition des stimuli et donc le rafraîchissement des traces dans le stock phonologique et expliquant la disparition de l'effet de longueur. La suppression de l'effet de similitude phonologique (en présentation visuelle) serait liée au fait que le mécanisme de récapitulation est indispensable pour introduire le matériel verbal présenté visuellement dans le stock phonologique.

1.3.1.4 L'effet d'écoute inattentive

Salamé et Baddeley (1989) ont mis en évidence une dissociation lors d'un paradigme de 'paroles à négliger'. Les sujets sont soumis à une épreuve de rappel immédiat après une présentation visuelle de mots. Un matériel supplémentaire (mots énoncés à voix haute) est ajouté simultanément et il est demandé aux sujets de ne pas le prendre en considération. Les auteurs font varier le degré de similarité phonologique et la longueur des mots constituant la parole à négliger. Les résultats obtenus montrent un effet significatif du facteur similarité phonologique, mais aucun effet significatif du facteur longueur des mots. Le matériel non pertinent entre automatiquement dans le stock phonologique. L'amplitude de l'effet de similarité est d'autant plus importante que la similarité phonologique entre les distracteurs et les items à rappeler est proche.

Ces résultats corroborent l'idée que le code phonologique et la boucle articulaire sont deux composants distincts. Une présentation orale de stimuli induit un accès au code phonologique même si le sujet a pour consigne de ne pas prêter attention à ce matériel. Il s'agirait d'un accès automatique. Ce même matériel n'induirait par contre aucune mise en œuvre de la boucle articulaire, qui nécessite un contrôle de la part des sujets.

Ces données empiriques soutiennent la distinction entre un stock phonologique 'passif' et un processus de récapitulation articulaire 'actif'.

Le point suivant aborde un autre sous-composant du modèle de mémoire de Baddeley (1986), le calepin visuo-spatial.

1.3.2 Le calepin visuo-spatial

Le calepin visuo-spatial est la deuxième composante du modèle de Baddeley. Il est décrit comme le composant qui stocke l'information visuelle et spatiale mais également l'information verbale sous la forme d'images visuelles (Gathercole & Baddeley, 1993 ; Logie, 1995). Ce système est également connu sous le nom de bloc-notes visuo-spatial et intervient dans des tâches d'imagerie mentale, de rotation mentale, de localisation et de mémorisation d'objets non verbalisables.

Cette sous-composante ne sera pas davantage présentée ici, car les informations visuo-spatiales font l'objet d'un prochain chapitre entier (chapitre 2). Nous allons nous centrer sur le troisième sous-composant : l'administrateur central.

1.3.3 L'administrateur central

Baddeley (1986) introduit l'administrateur central comme assurant les processus de contrôle en mémoire et le présente comme un système disposant de capacité et de ressources limitées. Il émet l'idée que l'administrateur central serait responsable de la sélection et de l'exécution des traitements. Il serait un élément clé dans le fonctionnement de la mémoire de travail, en gérant principalement le contrôle de l'attention. Il est conçu comme un système attentionnel qui permet de coordonner des opérations des sous-systèmes spécialisés et de procéder à la sélection stratégique des actions les plus efficaces.

Pour comprendre le fonctionnement de l'administrateur central, Baddeley s'appuie sur le modèle de contrôle attentionnel de Norman et Shallice (1980) (figure 5). Le modèle de Norman et Shallice (ibid.) également appelé modèle du contrôle attentionnel prétend que la plupart des actions que nous réalisons sont initiées par des schémas d'actions (internes) ou des indices environnementaux. Il arrive parfois que les actions nécessitent une intervention attentionnelle. C'est effectivement le cas lorsque des indices 'contradictaires' activent plusieurs schèmes d'action qui entrent alors en concurrence, par exemple dans le cas d'actions nouvelles qui nécessitent que le plan d'action soit modifié. Pour les auteurs, de tels cas nécessitent l'élaboration de solutions nouvelles qui se doivent de réunir les données propres à la situation, mais également un recours aux informations stockées en mémoire à long terme. A

ce niveau de traitement interviendrait le système de supervision attentionnel (SAS). Pour Baddeley, l'administrateur central aurait des fonctions analogues à celles du SAS.

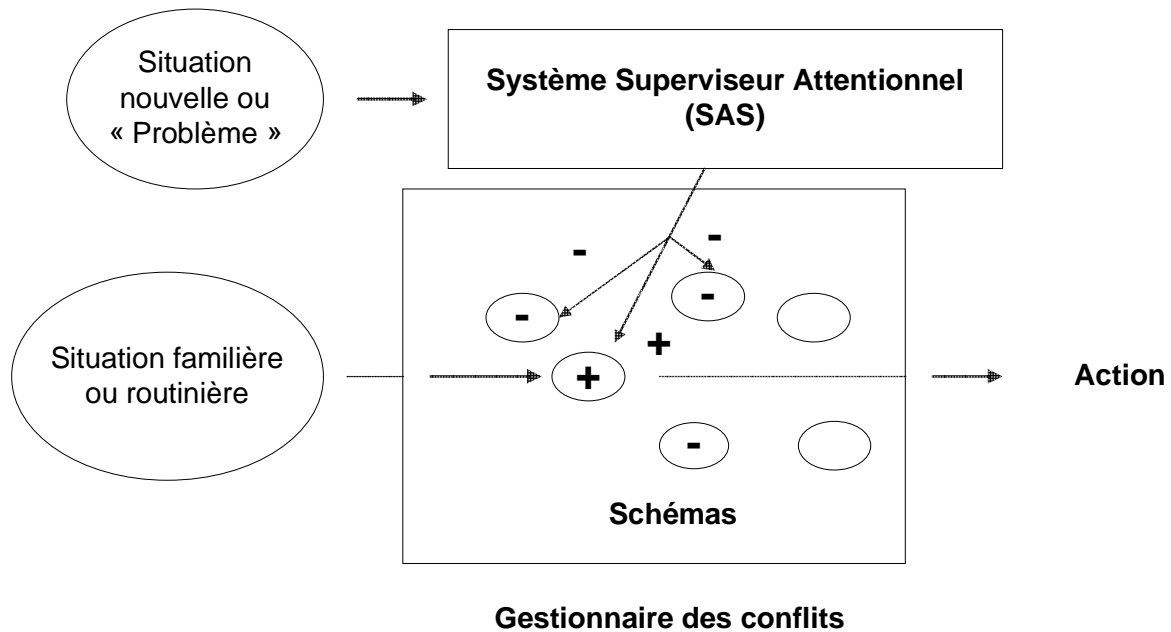


Figure 5 : représentation schématique du modèle de Norman et Shallice (1980).

En 1996, Baddeley propose une fragmentation des fonctions de l'administrateur central et distingue quatre grandes capacités : la coordination de doubles tâches, la réalisation de deux activités mentales simultanées, les opérations d'attention sélective et l'activation d'informations en mémoire à long terme.

La structure de l'administrateur central soulève une interrogation : en effet l'administrateur central est-il un système unitaire à plusieurs fonctions ou est-il constitué de processus de contrôle indépendants ?

Baddeley (ibid.) s'appuie sur des données issues de la neuropsychologie comme celles obtenus par Lehto (1996) pour dire qu'il existerait différents sous composants. Lehto (ibid.) essaie de voir si les tests des fonctions dites « exécutives » sont indépendants ou non des capacités de la mémoire de travail. Il utilise alors une large batterie d'épreuves (tests simples et d'autres plus complexes) censée mesurer la mémoire de travail (tâche d'empan simple de chiffres, de mots, de lecture, tâche d'empan de chiffres à rebours, WCST, tour de Hanoï...). Les résultats obtenus mettent en évidence des corrélations entre les épreuves d'empans complexes. Ces résultats vont dans le sens d'un administrateur central conçu comme un ensemble de fonctions de contrôle (ou exécutives) fonctionnant indépendamment. D'autres

recherches vont dans ce sens. Par exemple, Miyake, Friedman, Emerson, Witski et Howerter (2000) ont mis en évidence trois fonctions exécutives relativement distinctes : l'inhibition, la mise à jour et le « shifting attentionnel »² en montrant, après analyse, des corrélations élevées entre les épreuves mesurant ces trois fonctions considérées comme 'exécutives'. Mais l'analyse de ces auteurs montre également des corrélations, certes faibles, mais toutefois présentes entre des épreuves testant ces trois fonctions exécutives. Ils interprètent ces résultats comme révélant l'existence d'une ressource commune à tous les composants de l'administrateur central mais cette ressource commune demeure floue.

Une étude de Friedman et Miyake (2004) évoque un fractionnement au sein même d'un sous composant. Les auteurs rapportent que la fonction exécutive 'inhibition' peut elle-même être fragmentée en différents processus potentiellement autonomes : l'inhibition de résistance à l'interférence proactive, l'inhibition des réponses dominantes et l'inhibition des distracteurs lors d'une tâche en cours.

—————→ **Synthèse**

Inspiré par les travaux menés avec Hitch (1974) en 1986, Baddeley propose un modèle de mémoire de travail formé de plusieurs composants articulés entre eux, l'administrateur central, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. L'administrateur central est chargé de coordonner, de sélectionner et de contrôler les opérations de traitements des informations provenant des systèmes esclaves, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. La boucle phonologique est la composante responsable du maintien temporaire des informations verbales et le calepin visuo-spatial des informations visuelles et spatiales de l'environnement. Il s'agit d'un modèle hautement heuristique qui a servi de référence théorique pour de nombreuses recherches empiriques sur le fonctionnement cognitif. Le point suivant est consacré au réseau cérébral dévolu à la mémoire de travail. Ce réseau cérébral inclut des régions corticales rétro-rolandiques, des régions frontales ainsi que des structures sous-corticales. Bien que le réseau soit vaste, la région frontale et plus particulièrement dorsolatérale du cortex préfrontal semble jouer un rôle primordial dans la mémoire de travail, comme nous allons le détailler dans la partie suivante.

² shifting attentionnel : déplacement attentionnel

1.4 La prédominance du lobe frontal

Les lobes frontaux peuvent être divisés en trois zones anatomo-fonctionnelles distinctes (Eustache & Faure, 1996) : l'aire motrice primaire (circonvolution frontale ascendante) qui est impliquée dans la commande de la motricité élémentaire de l'hémicorps controlatéral, l'aire pré-motrice impliquée dans l'organisation et le contrôle des mouvements fins et séquentiels et le cortex préfrontal (partie la plus antérieure) qui va gouverner les aspects les plus élaborés du comportement (cette zone ne possède pas de connexions avec les voies sensorielles ou motrices mais avec les structures corticales et sous-corticales).

Le cortex préfrontal peut être fragmenté en trois régions, le cortex préfrontal dorsolatéral, le cortex préfrontal médian et le cortex préfrontal orbito-frontal (figure 6). Le cortex préfrontal reçoit une information extrêmement intégrée en provenance de toutes les aires sensorielles (Kolb & Wishaw, 2008) (annexe 1).

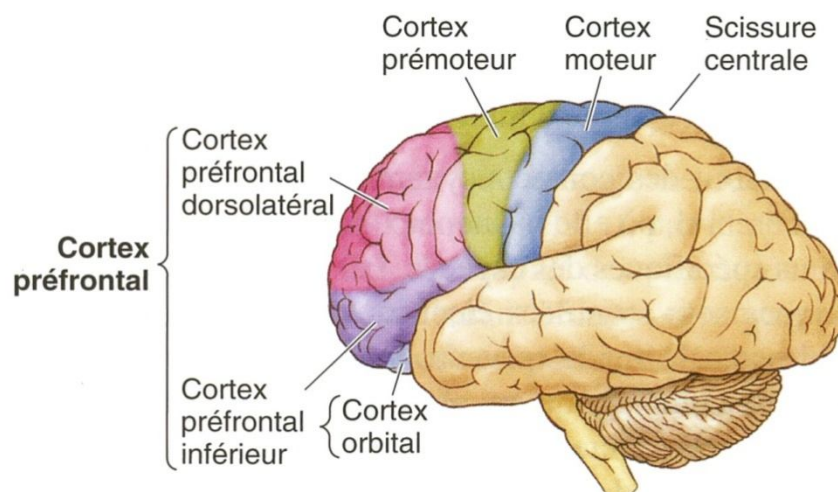


Figure 6 : vue latérale des principales subdivisions du lobe frontal (extrait de Neurosciences, Purves et al., 2005).

Le réseau cérébral impliqué lors de tâches testant la mémoire de travail implique les régions corticales rétro-rolandiques, les régions frontales et les structures sous corticales, mais c'est la région préfrontale dorsolatérale qui joue un rôle essentiel pour entre autres, les aspects exécutifs de la mémoire de travail.

Les premières recherches portaient sur l'animal. Par exemple, Miller, Li et Desimone (1991), dans une de leurs expériences menée chez le singe, ont montré que le cortex préfrontal dorsolatéral joue un rôle important dans l'élaboration d'une action à venir, en préparant une action adaptative à la tâche en cours.

Ces données neuro-fonctionnelles se retrouvent dans des travaux réalisés chez l'homme. Le cortex préfrontal dorsolatéral est activé de façon significative lorsque l'information nécessite de préparer une action, alors que l'activation est quasi inexistante lorsque l'information en cours ne demande qu'un traitement de maintien en mémoire à court terme (Volle, Pochon, Lhéricy, Pillon & Levy, 2005).

Le cortex préfrontal serait donc impliqué dans la manipulation et la préparation des comportements élaborés (gestion exécutive). Fuster (1989) met en avant un lien entre des déficits en mémoire de travail et une détérioration des circuits préfrontaux dorsolatéraux.

Plusieurs études ont mis en évidence l'implication du lobe frontal dans la mémoire de travail en testant des patients atteints de lésions frontales dans des épreuves de mémoire de travail (Andrés, Van Der Linden, Collette & Le Gall, 1999 ; Baddeley, Della Sala, Papagno & Spinnler, 1997 ; Benton, 1968; Milner 1964 ; Spatt & Goldenberg, 1993). La contribution du cortex préfrontal dans la mémoire de travail a également été mise en avant grâce aux techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle. D'Esposito et *al.* (1995) testent la capacité de coordination simultanée de deux tâches (une épreuve de jugement sémantique et une épreuve de rotation spatiale) en utilisant la RMN³. Les auteurs montrent que lorsque les sujets réalisent simultanément les deux tâches, il y a une activation cérébrale au niveau du cortex préfrontal dorsolatéral bilatéral (Aires 9 et 46 de Brodmann) (annexes 2b et 2d).

L'implication du CPFDL dans le réseau neuronal de la mémoire de travail ne fait plus l'objet de discussion. En revanche, son organisation anatomo-fonctionnelle n'est pas encore déterminée. Certains auteurs proposent que le CPFDL soit subdivisé en différents modules anatomiques de mémoire de travail qui diffèrent entre eux selon la nature sensorielle de l'information à traiter (Goldman-Rakic, 1987 ; Levy & Goldman-Rakic, 1999, 2000). Pour ces auteurs, en fonction de la nature des stimuli perçus, différents modules de traitement s'activeraient au sein du cortex pré-frontal. Au contraire, certains auteurs (Miller, 1999 ; Rainer, Asaad, Miller, 1998) suggèrent que le CPFDL ne serait pas divisé en plusieurs sous régions qui effectueraient un traitement distinct lors de tâches de mémoire de travail. Ces auteurs pensent que la gestion des ressources mentales nécessite l'intégration d'informations multisensorielles. Petrides, Alivisatos, Evans et Myer (1993), Petrides (1995, 2005), Owen, Millau, Laird et Bullmore (2005) se penchent également sur l'organisation du CPFDL. Pour

³ RMN f : résonance magnétique fonctionnelle

eux, le CPFDL serait organisé en deux régions, une inférieure et une supérieure, régions qui effectueraient des traitements différents, relatifs à la nature des opérations à réaliser. La région inférieure serait dédiée au maintien des informations en mémoire de travail et la région supérieure serait impliquée dans la manipulation et la gestion séquentielle des informations maintenues en mémoire de travail.

Des études réalisées chez le singe (Friedman & Goldman-Rakic, 1994, cités par Schacter, 1999) ont montré que l'activation de certains neurones du lobe frontal impliqués dans la mémoire de travail est régulée par un récepteur à la dopamine et que la diminution des capacités en mémoire de travail chez les singes âgés serait liée à la diminution, avec l'âge, de ces récepteurs dopaminergiques.

Des études portant sur des sujets humains âgés ont montré une diminution des récepteurs à la dopamine dans le lobe frontal pouvant expliquer la baisse des performances en mémoire de travail avec l'avancée en âge (De Keyser, Ebinger, & Vauquelin, 1990, cités par Schacter & Desgranges, *ibid.*).

1.5 Arguments théoriques en faveur des modèles structuraux

Les descriptions de la mémoire en tant que systèmes multiples sont largement dominantes dans les approches actuelles en psychologie cognitive. Mais quels sont les critères qui permettent de prétendre à l'existence de systèmes indépendants ? Sur quels arguments théoriques reposent-elles ?

Dans la littérature trois critères sont communément évoqués, les dissociations fonctionnelles, les données anatomiques et les données statistiques. Nous allons décrire brièvement ces critères considérés comme les plus distinctifs.

1.5.1 Dissociations fonctionnelles

Un des premiers arguments est sans doute la mise en évidence des dissociations fonctionnelles. Le principe consiste à mettre en place expérimentalement une variable et à comparer les effets de celle-ci lors de deux tâches différentes censées mettre en évidence deux systèmes cognitifs distincts. Ce qui intéresse les chercheurs est de voir s'il apparaît un effet significatif de la variable sur les deux tâches ou seulement sur une. Une dissociation fonctionnelle se traduit par l'effet significatif d'une variable sur une tâche et non sur l'autre.

Ce critère est essentiel pour postuler le caractère multi-systèmes de la mémoire. Si une variable produit un effet significatif lors d'une tâche et non lors de l'autre alors que les tâches sont censées correspondre à des systèmes mnésiques distincts, l'hypothèse de l'existence de systèmes mnésiques indépendants devient alors pertinente. Il s'agit d'un des critères les plus importants pour appuyer la position théorique d'une mémoire composée de multiples registres indépendants (Nyberg & Tulving, 1996). Jacoby et Dallas (1981) montrent que les tests de mémoire explicite sont sensibles aux variations perceptives des stimuli lors de la phase d'encodage et non les tests de mémoire implicite. Tulving (1983) considère de telles observations comme un argument en faveur d'un système de mémoire épisodique et sémantique distinct et selon la typologie de Squire (1992) entre une mémoire déclarative et une mémoire procédurale.

1.5.2 Données anatomiques

Un second argument repose sur l'hypothèse que les différents systèmes de mémoire sont dépendants de régions neuro-anatomiques différentes. Ces données sont anciennes. Dès 1966, Milner met en évidence une altération du système épisodique lors de lésions du lobe temporal. Plus récemment, Moscovitch et Mélo (1997) ont également montré, en plus des lésions temporales, des lésions au niveau du gyrus cingulaire et de certaines zones préfrontales dans les déficits du système épisodique. Les nombreuses dissociations observées chez des patients cérébrolésés furent des arguments majeurs pour les chercheurs en psychologie cognitive. Actuellement, les apports de la neuro-imagerie avec, entre autres l'IRMf⁴ ou encore la tomographie par émission de positons (TEP), contribuent à la mise en évidence de réseaux neuronaux impliqués dans un système mnésique (épisodique, sémantique...). Ces données sont interprétées en termes de spécificité neuronale, propre à un système de mémoire.

1.5.3 Données statistiques

Un autre argument central repose sur les analogies statistiques, plus précisément sur l'indépendance statistique, également connue sous le terme d'indépendance stochastique.

L'indépendance statistique consiste à démontrer statistiquement qu'il n'y a aucune corrélation entre les résultats obtenus à l'aide d'un matériel expérimental similaire sur deux

⁴ IRM f : imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

tâches censées tester deux systèmes mnésiques distincts. Si les analyses statistiques mettent en évidence des performances non corrélées dans deux tâches distinctes pour un même item, cela permet de conclure qu'il s'agit bien de deux systèmes mnésiques différents.

D'un point de vue méthodologique, la procédure expérimentale la plus utilisée comprend une phase d'étude précédant deux phases de tests. Lors de la phase d'étude le sujet se familiarise avec le matériel et lors des deux phases de tests il est testé sur ce même matériel, mais le type de tâche diffère (chaque tâche est censée tester un système mnésique différent). Plusieurs études dont celle de Tulving, Schacter et Stark (1982) ont mis en évidence des indépendances stochastiques, contribuant ainsi aux arguments théoriques en faveur des modèles structuraux de la mémoire.

1.6 Conclusion

La mémoire de travail proposée par Baddeley (1986) présente un cadre théorique qui a permis la mise en évidence de nombreux résultats empiriques sur la mémorisation et la manipulation d'informations à court terme. Ce modèle représente encore aujourd'hui une des propositions théoriques les plus influentes pour rendre compte des processus de maintien à court terme de l'information. Ce modèle a connu des implications importantes en sciences cognitives essentiellement dans les années 90, sur la compréhension du langage (Daneman & Carpenter, 1980 ; Daneman & Green, 1986 ; Carpenter, Miyake & Just, 1994 ; Mac Donald & Gusella, 1996, pour ne citer que quelques exemples).

Baddeley (1986) décrit la mémoire de travail par un modèle constitué de plusieurs composants indépendants, la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central. La majorité des travaux porte sur la boucle phonologique et l'administrateur central. Le calepin visuo-spatial fait l'objet de beaucoup moins d'études et les mécanismes inhérents aux traitements visuo-spatiaux sont encore l'objet de controverses. Nous aborderons ce point dans le chapitre suivant.

La mémoire de travail de Baddeley (ibid.) s'inscrit dans les modèles computationnels de la mémoire, il s'agit d'un modèle heuristique qui fait aujourd'hui encore l'objet d'un grand intérêt dans les recherches en sciences cognitives. Les travaux de Baddeley (ibid.) ont également introduit le concept de « ressources cognitives » concept central en cognition. Les différentes recherches neuroanatomiques qui se sont intéressées à la mémoire

de travail ont mis en évidence l'implication du cortex préfrontal et plus particulièrement de la partie dorso-latérale.

Afin de résumer le modèle de la mémoire de travail de Baddeley (ibid.) avec les différents sous-composants, les localisations neuroanatomiques et les différentes épreuves permettant de les tester, un tableau récapitulatif clôt ce chapitre.

Tableau n°1 : tableau récapitulatif du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986)

Sous-composant du modèle	Effets mis en évidence pour validation	Fonction/rôle	Structures cérébrales	Evaluation
Boucle phonologique	<ul style="list-style-type: none"> - Effet de longueur - Effet de similarité phonologique - Effet de suppression articulaire - Effet du discours non écouté 	Responsable du maintien temporaire des informations verbalisables	Régions temporales gauches. Aire de Broca, gyrus supra-marginal du lobe pariétal inférieur gauche et cortex pré-moteur	Empan de mots, de non-mots Empan de chiffres Evaluation de la vitesse d'articulation des chiffres
Calepin visuo-spatial	Cf. chapitre 2	Responsable du maintien temporaire des propriétés visuelles et spatiales	Cortex pariétal postérieur Voie du « quoi » et voie du « ou » (cf. chapitre 3)	Tâche d'imagerie mentale, de localisation mentale et de localisation (cf chapitre 2)
Administrateur central	<p>Paradigme de double tâche : a permis de mettre en évidence des ressources attentionnelles limitées</p> <p>Miyake et <i>al.</i>, 2000 : diversité des fonctions exécutives</p>	<p>Composante attentionnelle du modèle, a un rôle dans la sélection, la planification, et la coordination. Assure le contrôle des processus lors du stockage et du traitement à court terme.</p> <p>Mise à jour Flexibilité Inhibition</p>	Cortex frontal dorso-latéral+ structures spécifiques en fonction de la tâche demandée	<p>Epreuve de double tâche : empan chiffre+ poursuite de cible/épreuve de barrage...</p> <p><i>Mise à jour</i> : tâche de mise à jour de consonne <i>Flexibilité</i> : TMT... <i>Inhibition</i> : Stroop</p>

2 CHAPITRE 2. Le calepin visuo-spatial dans le modèle de Baddeley

La majorité des études portant sur la mémoire de travail, a essentiellement utilisé du matériel auditif. Il existe cependant une hypothèse portant sur des modalités spécifiques de mémorisation d'informations qui ne peuvent bénéficier d'un codage verbal. Une des caractéristiques majeures de ces représentations est qu'elles ne peuvent être catégorisées sur des bases phonologiques ou sémantiques. Dans ce chapitre nous allons évoquer les premiers travaux qui ont utilisé du matériel non verbalisable, puis nous aborderons la nature et les fonctions du calepin visuo-spatial tel qu'il est décrit dans le modèle initial de Baddeley (1986).

2.1 Les travaux princeps de Brook (1967, 1968)

Une des expériences princeps qui a utilisé du matériel visuo-spatial, fut réalisée par Brooks (1967). Cette expérience très largement citée dans la littérature est également connue sous le terme des 'matrices de Brooks'. Les matrices de Brooks sont une épreuve qui consiste à opposer des représentations verbales et d'autres imagées. Dans la condition imagée, les sujets doivent visualiser une matrice 4X4 dont l'une des cases se trouve être le point de départ, puis les phrases présentées vont indiquer un chemin spatial spécifique de type « dans la case de départ mettre un 1 », « dans la case suivante, vers la droite mettre un 2 ». Dans cette condition les sujets peuvent visualiser mentalement le chemin décrit et s'en aider pour le rappel. Dans la condition verbale, les phrases que les sujets doivent mémoriser sont rendues incohérentes pour éviter qu'ils aient recours à un cheminement mental pour la mémorisation, « dans la case de départ mettre un 1 », « dans la case suivante vers la vite, mettre un 2 » et on incite les sujets à auto-répéter verbalement les phrases. Pour chacune des deux conditions, les phrases sont présentées soit en modalité visuelle, soit en modalité auditive. Les résultats

montrent qu'en condition imagée, le taux de rappel des sujets est moins élevé lors d'une présentation visuelle, alors qu'il n'y a aucun effet significatif en condition verbale. La présentation auditive fait chuter les performances des sujets dans la condition verbale, et n'a aucun effet sur le taux de rappel dans la condition imagée.

Dans une autre expérience utilisant le 'paradigme de Brooks' (1968), les sujets sont soumis à une épreuve spatiale et à une épreuve verbale. La première épreuve nécessite un recours verbal et consiste à présenter une phrase de type « un oiseau dans la main, n'est pas dans le buisson » en modalité verbale. Les sujets doivent mémoriser cette phrase afin de réaliser une tâche : émettre une série de 'oui' ou de 'non', 'oui' si le mot qu'ils sont en train de lire est un nom et 'non' si le mot appartient à une autre catégorie grammaticale. Dans une condition, les sujets énoncent leur réponse à voix haute et dans une autre condition, ils pointent du doigt les 'oui' et les 'non' qui sont inscrits sur une feuille (annexe 3). La seconde expérience nécessite un recours à un code imagé et consiste à présenter une figure constituée d'une lettre majuscule et d'une étoile située à un des coins de cette majuscule (annexe 4). Les sujets doivent mémoriser cette figure afin de pouvoir effectuer la tâche suivante : en partant de l'étoile émettre 'oui' ou 'non' pour chaque angle de la figure. Oui s'il s'agit d'un des quatre coins extrêmes de la figure (pour l'exemple donné annexe 4 les réponses attendues sont oui-oui-oui-non-non-non-non-non-oui). Comme pour la condition verbale, les réponses données par les sujets se font soit de manière orale, soit par pointage. Les résultats mettent en évidence des performances moins bonnes lorsque les réponses sont motrices (pointage des 'oui' et des 'non' sur une feuille) à l'épreuve incitant un recours à un code imagé (épreuve spatiale). Les résultats sont inversés en condition verbale : les performances sont moins élevées lorsque les réponses sont données oralement. Brooks suppose qu'il y aurait conflit entre le stockage en mémoire de la figure et les processus visuo-spatiaux liés au pointage des réponses. Il est alors possible de conclure que ce qui est mémorisé par les sujets pour réaliser la tâche en condition imagée correspond à des représentations mentales fondées sur un code spécifique. Ce codage spécifique peut être caractérisé de visuo-spatial.

Bien que les épreuves proposées par Brooks ne soient pas des épreuves typiques de mémoire de travail, elles sont reprises par Baddeley dans les premières séries d'expériences qu'il a menées pour mettre en évidence le calepin visuo-spatial. Baddeley, Grant, Wight et Thomson (1975) ajoutent aux matrices de Brooks (1967) une tâche interférente de type spatial. Il s'agit d'une tâche de poursuite qui consiste à maintenir un stylet en contact avec un

spot lumineux qui se déplace de façon circulaire. Associée aux matrices de Brooks, cette tâche de poursuite spatiale fait chuter le taux de rappel lors de la condition imagée, mais n'a aucun effet sur le taux de rappel lors de la condition verbale. Une tâche interférente de poursuite spatiale n'a donc pas le même effet selon la nature du matériel de la tâche principale, verbale ou visuo-spatiale. Le but des paradigmes de double tâche est de déterminer la nature des processus cognitifs impliqués dans une activité mentale. On part du principe que si deux tâches peuvent être réalisées de manière simultanée sans conséquence négative pour l'une comme pour l'autre, c'est qu'elles mettent en œuvre des processus cognitifs différents. Au contraire, si la situation de double tâche conduit pour une des tâches ou pour les deux, à des performances inférieures à celles obtenues lorsque la tâche est réalisée seule, on peut supposer que ces tâches impliquent des processus cognitifs identiques.

Les expériences de Brooks (1967, 1968) présentent cependant des limites. L'information à mémoriser en condition imagée est en réalité de nature verbale ; les sujets opèrent une transformation de l'information verbale en une information de nature visuo-spatiale, mais les réponses demandées demeurent verbales. Les expériences réalisées par Brooks ont toutefois permis de mettre en évidence une double dissociation de l'effet de tâches interférentes, selon la nature du matériel utilisé.

2.2 Mise en évidence expérimentale du calepin visuo-spatial

Dans les années 80, plusieurs expériences sont réalisées dont l'objectif est la mise en évidence empirique du calepin visuo-spatial. Nous allons décrire quelques unes de ces études parmi les plus célèbres.

Baddeley et Lieberman (1980) réalisent une série d'expériences et étudient les effets d'une tâche de poursuite (pursuit rotor) sur une tâche de mémorisation de couples chiffre-mot. Dans une première expérience les auteurs demandent à des étudiants lors de la présentation des mots, soit d'auto-répéter mentalement les couples, soit d'utiliser une technique mnémonique imagée : les pegwords⁵ (Paivio, 1971). Dans une seconde expérience, la technique des pegwords est remplacée par une condition mnémonique imagée reposant sur des lieux. Les sujets doivent rattacher chaque mot dans l'ordre à un endroit particulier de leur

⁵ pegwords : technique mnémonique qui consiste à remplacer le chiffre présenté par un objet.

campus (promenade apprise au préalable). Dans une dernière expérience les auteurs introduisent une condition mnémonique basée sur l'initiale des mots à mémoriser. Les résultats des deux premières expériences montrent que la tâche de poursuite entraîne une chute des performances lorsque la mémorisation repose sur la technique mnémonique imagée, mais aucun effet n'est observé en condition d'autorépétition. De plus les auteurs observent que les performances sont plus perturbées lorsque la technique imagée est basée sur les lieux. Les résultats de la dernière expérience montrent que la tâche de poursuite induit une perturbation de même ampleur aussi bien dans la condition d'autorépétition mentale qu'en condition mnémonique « initiale des mots ». Baddeley et Liberman (ibid.) concluent donc que l'effet de la tâche de poursuite se limite aux conditions dans lesquelles la technique mnémonique demandée aux sujets est sous forme imagée (pegwords et lieux).

Farmer, Berman et Fletcher (1986) font passer à des sujets deux épreuves, une verbale et une spatiale. La tâche verbale de raisonnement, inspirée de celle de Baddeley et Hitch (1974) consiste à présenter aux sujets une proposition qui décrit la position relative de A par rapport à B, suivie de la présentation du couple « AB » ou « BA ». Il est demandé aux sujets de dire s'il y a adéquation entre le couple proposé et la description du positionnement préalablement donnée des lettres A et B. Le degré de difficulté varie selon la forme grammaticale de la proposition verbale (forme affirmative et forme négative). Dans la tâche de raisonnement spatial, un mannequin est représenté graphiquement avec dans une main un cercle et dans l'autre main un carré. Au préalable l'une des deux figures (cercle ou carré) est désignée comme étant la cible. La tâche consiste à presser le bouton qui correspond à la main du mannequin où se situe la cible. La difficulté dépend de l'orientation du mannequin dans l'espace. Dans une première expérience une tâche interférente verbale de type suppression articulatoire (prononcer 1, 2, 3, 4 le plus rapidement sans erreur) est introduite pendant la présentation du matériel et la production des réponses. Les résultats montrent que la suppression articulatoire perturbe les réponses (augmentation du temps de réponse et du taux d'erreurs) des sujets dans la tâche de raisonnement verbal et plus particulièrement pour les items ayant le degré de difficulté le plus élevé. En revanche aucun effet n'est observé sur la performance des sujets à l'épreuve spatiale. Dans une deuxième expérience, la tâche interférente introduite est de nature spatiale ; il s'agit d'un « tapping » séquentiel (tâche qui consiste à pointer quatre plaquettes avec un stylet). Les résultats mettent en évidence une

augmentation du temps de réponse dans les tâches de raisonnement spatial pour les items jugés les plus difficiles ; aucun autre effet n'est observé.

Logie (1986) soumet des sujets à une tâche de mémorisation de couples chiffre-mot, premièrement en condition d'autorépétition subvocale, puis en condition imagée avec la technique des pegwords. Un premier groupe de sujets a une présentation visuelle des couples chiffre-mot et lors de la présentation et du rappel, une tâche interférente auditive (écoute de noms d'animaux ou d'objets) est introduite. Un deuxième groupe reçoit une présentation auditive du matériel à mémoriser et la tâche interférente est, cette fois-ci, de nature visuelle (dessins d'objets et d'animaux). Les résultats observés par Logie (ibid.) montrent que le taux de rappel chute en condition d'autorépétition par rapport au taux de rappel en condition imagée, lors de la présentation visuelle et de la tâche interférente auditive. Les résultats s'inversent en présentation auditive. Avec une tâche interférente visuelle, le taux de rappel est plus bas dans la condition imagée que dans la condition d'autorépétition subvocale. L'observation d'effets différentiels selon la nature des épreuves proposées va dans le sens de l'hypothèse d'une dissociation entre la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial comme le prétend Baddeley (ibid.).

Des études citées précédemment il est intéressant de remarquer l'hétérogénéité des tâches proposées pour tester le calepin visuo-spatial. Les tâches interférentes proposées sont également d'une grande diversité et font recours aussi bien à une activité motrice (tâche de poursuite) qu'à une activité visuelle (tâche de discrimination, d'appariement ou encore de raisonnement).

On constate qu'il est difficile d'opérationnaliser le concept de calepin visuo-spatial. Une des raisons principales repose sur la définition même du calepin visuo-spatial qui est avant tout décrit en opposition à la boucle phonologique (Monnier & Roulin, 1994).

2.3 Données neuroanatomiques

Dans cette partie, nous nous intéressons à quelques études neuroanatomiques parmi les plus connues qui ont voulu mettre en évidence l'indépendance du calepin visuo-spatial.

2.3.1 Cas cliniques

Dans l'objectif d'accréditer l'idée d'un calepin visuo-spatial distinct de la boucle phonologique plusieurs travaux issus d'observations cliniques se sont appuyés sur les données neuroanatomiques.

De Renzi et Nichelli (1975) mettent en avant que la diminution des empan verbaux serait associée à des lésions de l'hémisphère gauche, et qu'une diminution des empan visuo-spatiaux correspondrait à des lésions postérieures localisées soit dans l'hémisphère droit, soit dans l'hémisphère gauche.

Vallar et Baddeley (1984) évoquent le cas de la patiente 'PV' qui souffre d'une lésion cérébrale de l'hémisphère gauche. Les auteurs décrivent, chez cette patiente, des déficits lors d'épreuves qui nécessitent l'implication de la boucle phonologique mais aucun déficit lors de tâches qui manipulent des informations visuo-spatiales.

Un autre cas clinique décrit par Hanley, Young et Pearson (1991) montre des résultats inverses. La patiente ELD fut victime d'un anévrisme de l'hémisphère droit. Les résultats obtenus par ELD lors de tests « neuropsychologiques » montrent des performances satisfaisantes à des épreuves de mémorisation à court terme de matériel verbalisable alors que celles aux épreuves visuo-spatiales sont beaucoup plus faibles (blocs de Corsi, matrice de Brooks, mémorisation mnémotechnique imagée). Hanley et *al.* (ibid.) interprètent ces résultats comme relevant bien d'une dissociation entre la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial.

Quoique non exhaustifs, ces arguments neuropsychologiques indirects illustrent les deux cas les plus fréquemment évoqués lorsque l'indépendance de la boucle phonologique et du calepin visuo-spatial veut être mise en évidence. Les progrès technologiques de ces deux dernières décennies permettent maintenant de rechercher directement les substrats neuroanatomiques supposés intervenir lors de tâches de mémoire de travail visuo-spatiale.

2.3.2 Apport de la neuroimagerie

Dans une étude utilisant la technique TEP⁶, Jonides et *al.* (1993) essaient d'identifier chez dix-huit sujets sains, les aires cérébrales impliquées dans des épreuves censées mettre en œuvre le calepin visuo-spatial. Les résultats montrent une activation du cortex préfrontal

⁶ TEP : tomographie par émission de positons

latéral, pariétal postérieur, occipital et prémoteur mais uniquement pour l'hémisphère droit. Pour Jonides et *al.* (ibid.) l'activation du cortex préfrontal serait liée au fait que la tâche demandée aux sujets nécessite le maintien d'une image mentale pendant un délai de trois secondes. Le cortex préfrontal semble donc impliqué dans les épreuves de mémoire de travail visuo-spatiale.

Dans une autre étude, Petrides, Alivisatos, Evans et Meyer (1993) observent une augmentation bilatérale significative du débit sanguin dans le cortex préfrontal dorsolatéral (CPFDL) moyen en mémoire de travail visuo-spatiale. D'autres recherches montrent non seulement l'activation du CPFDL mais également l'activation du cortex pariétal postérieur (Mc Carthy et *al.*, 1994 ; Salmon et *al.*, 1996 ; Schmidt et *al.*, 2003 ; Smith, Jonides & Koppe, 1996). Levy et Vollé (2007) ont mis en avant la prédominance du cortex pariétal droit et plus précisément des cortex pariétaux droits inférieur et supérieur pour des tâches de mémoire de travail visuo-spatiale.

Owen, Evans et Petrides (1996) proposent un modèle de traitement de mémoire de travail visuo-spatiale à deux étapes au sein du lobe frontal latéral. Ils ont testé soixante sujets sains dans cinq épreuves informatisées de mémoire spatiale (trois épreuves de localisation spatiale, une épreuve d'empan visuo-spatial et une épreuve de mémoire spatiale). Ils ont observé un chargement significatif du débit sanguin dans le cortex frontal ventrolatéral (aire 47 de Brodmann) (annexe 2e) lors de tâches qui nécessitent l'organisation et l'exécution de séquences ou de mouvements spatiaux. Lorsque les épreuves nécessitent un contrôle actif et la manipulation d'information visuo-spatiale en mémoire de travail, une activation significative apparaît de surcroît dans le cortex frontal dorsolatéral (Aires 46 et 9 de Brodmann) (annexes 2d et 2b). D'esposito et *al.* (1998) expriment la division du cortex préfrontal en termes de type de traitement exécuté sur les informations maintenues en mémoire de travail, avec un système de traitement dorsal et un système de traitement ventral en mémoire de travail visuo-spatiale (Owen et *al.*, ibid.) plus convainquant que l'organisation proposée en fonction du type d'informations.

2.4 Propriétés du calepin visuo-spatial

2.4.1 Architecture fonctionnelle

Concernant l'architecture fonctionnelle du calepin visuo-spatial, Baddeley (1986) avance l'hypothèse qu'il serait constitué d'un registre de stockage passif de l'information provenant de l'environnement ou de la mémoire à long terme et d'un processus de rafraîchissement actif.

Plusieurs recherches vont tester l'hypothèse proposée par Baddeley (ibid.).

Logie (1986) fait passer à des sujets une tâche de mémorisation de couples chiffre-lettre. Il introduit deux conditions expérimentales : une condition verbale (autorépétition des paires) et une condition imagée (technique mnémonique des pegwords). La tâche interférente consiste à regarder passivement des matrices 3X3 composées de cases noires et blanches. Cette tâche interférente visuelle intervient lors de la phase de présentation du matériel à mémoriser jusqu'au rappel de celui-ci. La tâche interférente visuelle produit un effet délétère significatif sur le taux de rappel seulement lors de la condition imagée. Logie (ibid.) conclut que le matériel visuel bénéficie d'un accès direct au registre passif de stockage du calepin visuo-spatial.

Frick et De Rose (1986) montrent un effet de la présentation d'un suffixe visuel, lorsqu'ils ajoutent un « 0 » à la fin d'une série de chiffres à mémoriser, présentés en condition visuelle. Lorsque la consigne est de ne pas tenir compte du « 0 » les performances des sujets baissent de un item par rapport à la condition sans « 0 ». Les auteurs concluent que les sujets sont incapables d'exercer un contrôle sur les stimuli présentés visuellement. D'après l'hypothèse de Baddeley le suffixe « 0 » a bénéficié d'un accès direct au registre passif de stockage du calepin visuo-spatial.

Dans un autre article, Logie (1995) décrit le calepin visuo-spatial comme la composante responsable du maintien temporaire des propriétés visuo-spatiales de l'environnement et établit une dissociation analogue à celle faite par Baddeley (1986) entre un registre de stockage passif et un mécanisme de rafraîchissement actif. Pour Logie (ibid.), l'architecture fonctionnelle du calepin visuo-spatial est analogue à celle de la boucle phonologique et composée du « visual cache » système dédié à la rétention de patterns visuels et de l'« inner scribe » système dédié à la rétention de séquences de mouvement. Logie décrit le « visual cache » comme un système passif impliqué dans le rappel des informations non

verbalisables et l'« inner scribe » comme un système actif impliqué préférentiellement dans le rappel d'informations de nature spatiale (figure 7).

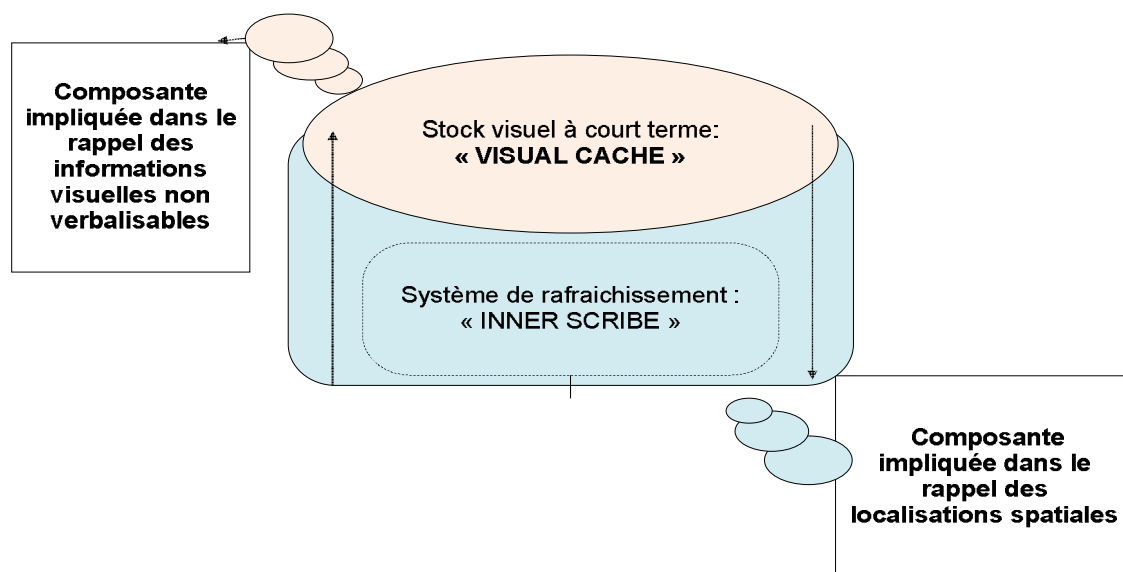


Figure 7 : représentation schématique du calepin visuo-spatial de Logie (1995).

Dans la littérature, Toms, Morris et Foley (1994, cités par Gaonac'h & Larigauderie, 2000) proposent une autre hypothèse en faveur de l'existence d'un registre passif de stockage des codes visuels. Cette hypothèse décrit le stockage des informations visuo-spatiales comme passif et, contrairement au fonctionnement de la boucle articulatoire, ces informations seraient rafraîchies par l'administrateur central. Le calepin aurait donc une autonomie différente de celle de la boucle articulatoire.

Frick (1988) propose une autre hypothèse. Ce ne serait qu'au moment de la récupération que les stimuli seraient catégorisés comme des lettres, des chiffres ou comme formant un mot. Les informations maintenues dans le calepin visuo-spatial ne subiraient aucune catégorisation en fonction de leurs traits constitutifs. Frick (ibid.) est, à ce jour le seul auteur à proposer une telle hypothèse qui ne prétend à aucun traitement cognitif élaboré lors des processus d'encodage et de stockage des informations visuo-spatiales. En effet, l'hypothèse dominante dans la littérature reste le registre passif de stockage visuel du calepin et le mécanisme de rafraîchissement actif (Logie, 1995 ; Logie & Pearson, 1997)

Si, pour la boucle articulatoire le mécanisme de rafraîchissement opérant se trouve être l'autorépétition subvocale, quel est celui du calepin visuo-spatial ?

Baddeley (1986) évoque le mouvement des yeux dans le rafraîchissement visuel de l'information. Smyth, Pearson et Pendleton (1988) montrent que des mouvements volontaires de la main ou du bras auraient un effet néfaste sur la mémorisation d'informations visuo-spatiales. Pour expliquer ce phénomène, Smyth et Scholey (1992) avancent l'hypothèse que le temps de mouvements inter-cibles (c'est-à-dire le déplacement d'une cible à une autre) pourrait entretenir un lien avec les performances aux tâches d'empan visuo-spatiaux, par analogie avec la boucle phonologique où la vitesse d'autorépétition entretient un lien avec l'empan verbal. Selon Smyth et Scholey (ibid.), à l'épreuve des blocs de Corsi (Corsi, 1972 ; Milner, 1971), la fréquence de pointage des blocs pourrait avoir un effet sur les performances, avec des performances plus perturbées lors de pointage rapides. Or, les résultats qu'ils obtiennent ne sont pas congruents avec cette hypothèse. D'autres études évoquent les activités de recherche visuelle (Oh & Kim, 2004 ; Woodman & Luck, 2004) ou la réalisation de mouvements corporels (Logie & Marchetti, 1991 ; Quinn, 1994) comme mécanismes de rafraîchissement au sein du calepin visuo-spatial. Plus récemment, Awh et Jonides (2001) évoquent un lien entre les mécanismes d'attention spatiale et le fonctionnement de ce qui est appelé mémoire de travail visuo-spatiale en suggérant que le mécanisme de « shifting » de l'attention spatiale perturberait la manipulation d'informations visuo-spatiales. Encore plus récemment, Pearson et Sahraie (2003) ainsi que Lawrence, Myerson et Abrans (2004) ont voulu reprendre l'hypothèse de l'implication des mouvements oculaires proposée par Baddeley en 1986. Selon ces auteurs, lors d'épreuves de mémorisation à court terme visuo-spatiale une tâche interférente de type mouvements oculaires entraîne une chute des performances plus importante qu'avec une tâche interférente d'attention spatiale. Les mouvements oculaires auraient donc un rôle déterminant dans le rafraîchissement actif en mémoire de travail visuo-spatiale.

Ces différentes recherches montrent la difficulté à définir la nature du processus de rafraîchissement opérant dans le calepin visuo-spatial. Il convient aussi de s'intéresser à la nature même des informations traitées au sein du calepin visuo-spatial.

2.4.2 Nature des informations

Baddeley et Liberman (1980) se sont intéressés à cette question. Dans une série de deux expériences ils essaient de tester la nature (visuelle ou spatiale) du codage impliqué dans du

matériel non verbalisable. Dans une première expérience ils reprennent l'épreuve des matrices de Brooks (1967) et introduisent une tâche interférente qui ne bénéficie d'aucune entrée visuelle : une épreuve de poursuite sonore, les yeux bandés. Dans une deuxième expérience, les auteurs reprennent l'épreuve des matrices de Brooks mais ils changent la tâche interférente spatiale pour une tâche interférente visuelle de jugement de luminosité (tâche pour laquelle la composante spatiale est minimale). Les résultats montrent que la tâche de jugement de luminosité n'a aucun effet sur le taux de rappel des sujets en condition imagée (matériel spatial) alors que la tâche de poursuite sonore fait chuter le taux de rappel des sujets. Les auteurs concluent à un codage spatial au sein du calepin visuo-spatial.

En 1992, Baddeley abandonne cette hypothèse et évoque une dissociation au sein du registre visuo-spatial. Selon lui, il semblerait que le calepin visuo-spatial ne soit pas plus spatial que visuel mais constitué de deux sous registres distincts, une composante visuelle et une composante spatiale.

Hecker et Mapperson (1997) veulent tester cette nouvelle hypothèse relative à une dissociation des composantes visuelles et spatiales au sein du registre visuo-spatial. Ils utilisent le principe du paradigme de double tâche. Les sujets sont placés devant un écran d'ordinateur et doivent réaliser deux sortes d'épreuves, une tâche de localisation et une tâche d'identification de couleur (pour les deux conditions les stimuli sont présentés dans une matrice 3X3 entourée d'une ligne grise). Les conditions interférentes consistent en un clignotement de couleur de tout l'écran en dehors de la matrice cible pour la première condition et d'un clignotement blanc pour la seconde condition. Le changement de couleur est connu pour stimuler la voie parvocellulaire impliquée dans la reconnaissance d'objets et les changements de luminosité sont connus pour stimuler la voie magnocellulaire, principalement impliquée dans les mouvements et les informations spatiales. Les résultats montrent que la tâche spatiale (condition localisation) est fortement affectée par les changements de luminosité et très peu par les changements de couleurs, alors que l'inverse s'observe pour la tâche visuelle (condition identification). Chaque type de tâche interférente affecte donc sélectivement soit la tâche visuelle soit la tâche spatiale. Pour Hecker et Mapperson (ibid.) les résultats de cette étude sont en faveur d'une double dissociation des composantes visuelles et spatiales (Baddeley, 1992 ; Logie, 1995 ; Logie & Pearson, 1997). Cette dissociation en une composante visuelle et une composante spatiale au sein du calepin visuo-spatial se retrouve dans d'autres études (Baeyens & Bruyer, 1999 ; Smith et *al.*, 1995). Logie et Marchetti (1991)

montrent que les performances des sujets à une tâche de mémoire de travail visuelle diminuent si on administre en même temps une tâche interférente visuelle mais aucun effet n'est observé pour une tâche interférente spatiale. Le profil inverse s'observe pour une tâche de mémoire de travail spatiale. Il existe donc des arguments empiriques en faveur de deux composantes distinctes, une visuelle et une spatiale au sein du calepin visuo-spatial.

Ces arguments sont essentiellement mis en évidence avec des doubles tâches lors d'épreuves de mémoire visuelle et de mémoire spatiale. D'autres arguments en dehors des doubles dissociations sont toutefois proposés : l'existence de système de stockage et de récupération distincts pour l'information visuelle et spatiale (Repovs & Baddeley, 2006). Pickering, Gathercole, Hall et Lloyd (2001) évoquent l'hypothèse alternative d'une dissociation entre des composants visuo-spatiaux statiques et des composants visuo-spatiaux dynamiques. A l'appui de cette dissociation, les cas relatés dans le champ de la neuropsychologie renvoient à des patients qui ont des déficits uniquement dans un des deux composants du registre visuo-spatial (Della Sala, Gray, Baddeley, Allamano & Wilson, 1999).

Il faut toutefois souligner que les études qui utilisent le paradigme de double tâche ont recours à différentes épreuves et différents stimuli pour tester les composantes visuelles et spatiales. Il n'est pas certain que ces épreuves soient identiques relativement à leur niveau de difficulté ou de complexité. Il s'agit d'un point important à prendre en compte pour que les effets d'interférences puissent être comparables.

2.4.3 Capacité du calepin visuo-spatial

Dans la littérature on trouve peu d'études qui se sont intéressées à la capacité du calepin visuo-spatial. Pourtant il s'agit d'un aspect essentiel pour comprendre et expérimenter le calepin visuo-spatial.

L'hypothèse dominante communément admise concernant le calepin visuo-spatial, reste celle d'une capacité très limitée. Il se dégage deux sortes d'approches : une première visant à estimer la capacité en termes de nombre d'items mémorisés et une deuxième qui aborde la capacité non plus de manière quantitative mais en termes de complexité des items. Définir la capacité du calepin visuo-spatial demeure difficile, puisque ce point ne fait l'objet d'aucun consensus dans la littérature. Tout dépend de la méthodologie utilisée qui s'appuie sur une présentation soit séquentielle, soit simultanée des items à mémoriser. La nature du matériel utilisé est également un aspect important à prendre en compte que l'on soit dans une approche

quantitative ou plus qualitative. Lorsque la capacité est estimée en termes de nombre d'items mémorisés (par analogie avec la boucle phonologique), le matériel bénéficie d'une présentation séquentielle. Lorsque la capacité est abordée en tenant compte de la complexité des items, c'est-à-dire le nombre d'unités ou de traits constitutifs pouvant être dégagés du stimulus, la présentation du matériel est simultanée. Dans une étude, Frick (1985) émet l'hypothèse qu'une présentation simultanée (capacité en termes de complexité des items) semble être la plus adaptée à l'étude du calepin visuo-spatial.

Dans les évaluations neuropsychologiques, deux grands types d'épreuves sont utilisées. Le premier type donne lieu à la qualification d'un empan visuo-spatial car les sujets doivent mémoriser des localisations dans l'espace. Le deuxième type donne lieu à celle d'un empan visuel car dans ce genre d'épreuve les sujets doivent mémoriser des configurations ou des patterns, le plus souvent sur des matrices.

2.4.3.1 Epreuves d'empan visuel

Dans ce paragraphe nous allons présenter des épreuves d'empan visuel qui ont fait l'objet de travaux expérimentaux.

La première est l'épreuve des « patterns » (Wilson, Scott & Power, 1987). Dans cette tâche de mémorisation visuelle les sujets voient une grille de 'n' cases à l'intérieur de laquelle la moitié des cases est noircie. Après un délai de rétention de 2 secondes les sujets revoient la grille mais une des cases noires est devenue blanche. Ils doivent pointer cette case devenue blanche. Le degré de difficulté est croissant et l'empan correspond au nombre maximum de cases initialement noircies pour lesquelles les sujets pointent correctement la case manquante. L'empan moyen correspond au niveau 14, c'est-à-dire lorsqu'il y a quatorze cases noircies. (figure 8).

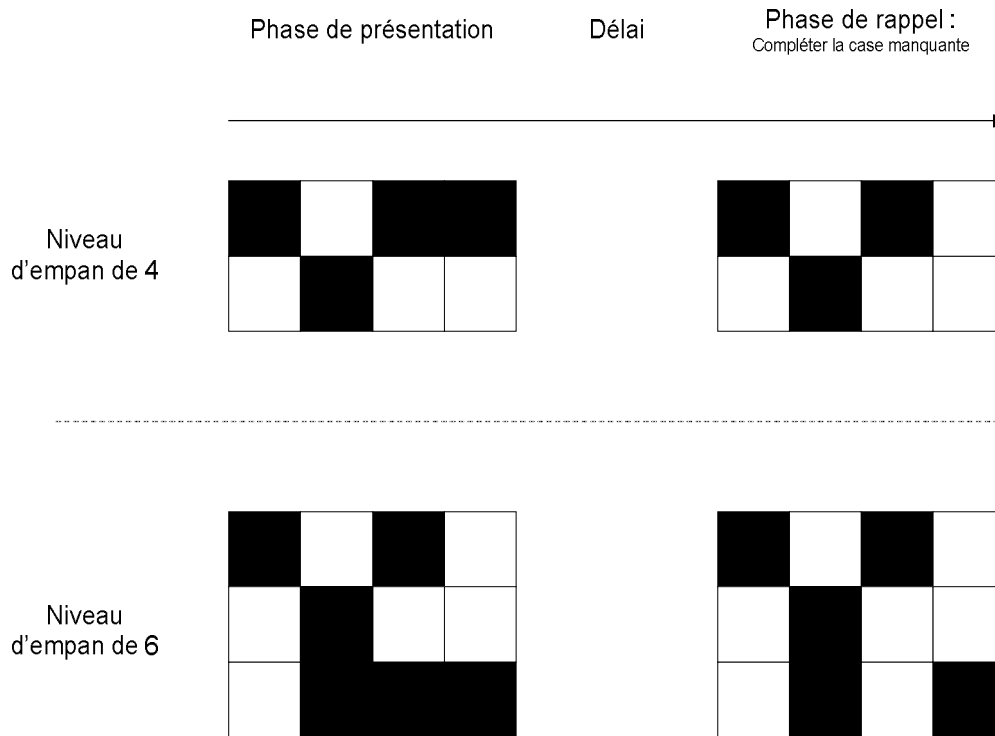


Figure 8 : exemples du test de complétion de patterns visuel (Wilson, Scott & Power, 1987).

Une autre épreuve est celle du *Visual Pattern Test* (Della Sala, Gray, Baddeley & Wilson, 1997) (figure 9). Dans cette épreuve les sujets doivent, après la présentation d'une matrice pendant 3 secondes, reproduire la même matrice en noircissant les cases d'une matrice vierge. Dans cette épreuve l'empan moyen est de 9,08.

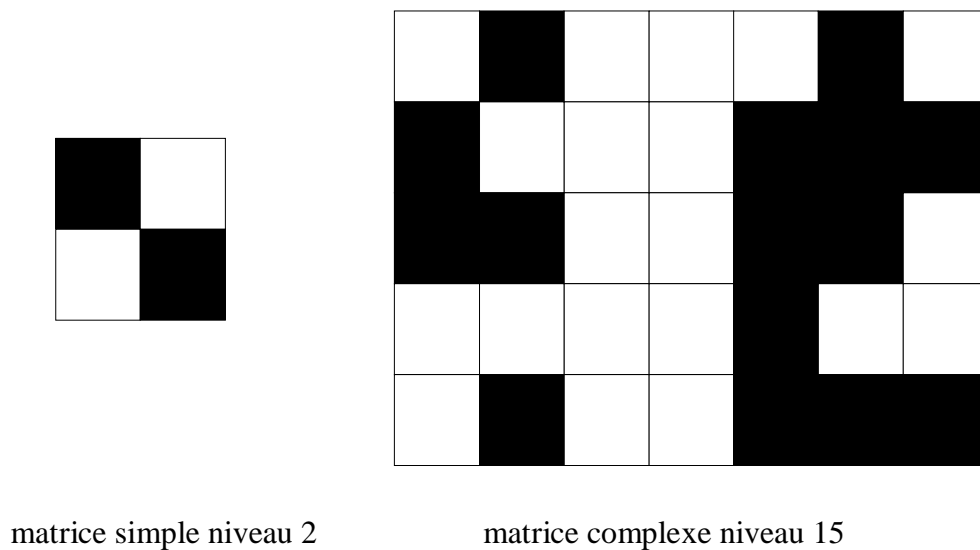
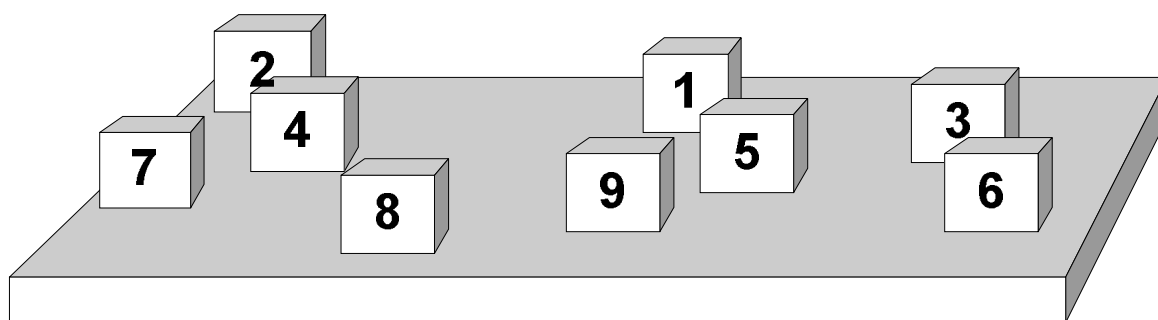


Figure 9 : exemples de matrices utilisées dans le 'Visual Patterns Test' (Della Sala et al., 1997).

Avec l'essor des technologies nouvelles, des épreuves informatisées ont également vu le jour, comme le '*Visual Patterns Test*' (Della Sala et al., 1999) ou encore le '*Direction Span Test*' (Lecerf & Roulin, 2001). L'avantage des versions informatisées est que les réponses fournies sont directement enregistrées et il est beaucoup plus facile d'analyser les temps de réponse.

2.4.3.2 L'épreuve des blocs de Corsi

L'épreuve dite des blocs de Corsi fut développée par Corsi (1972) mais décrite pour la première fois par Milner en 1971. Il s'agit d'une planche (23×28 cm) sur laquelle 9 cubes (3×3×3 cm) sont disposés aléatoirement (Milner, 1971) (figure 10).



Face expérimentateur

Figure 10 : illustration de l'épreuve originale des blocs de Corsi (Corsi, 1972 ; Milner, 1971).

L'épreuve des blocs de Corsi consiste à mémoriser un matériel de nature visuo-spatiale sous forme de séquences de pointage de blocs. L'examineur est assis face au participant, les faces numérotées tournées vers lui. Il pointe au rythme d'un bloc par seconde des séquences visuo-spatiales allant de 2 à 9 blocs (Corsi, 1972 ; Milner, 1971). Lorsque l'expérimentateur a fini de pointer les cubes, les sujets doivent immédiatement reproduire les séquences visuo-spatiales soit dans le même ordre (parcours visuo-spatiaux directs) soit dans l'ordre inverse (parcours indirects). Il s'agit d'une épreuve non verbale séquentielle spécifiquement utilisée dans la mesure de la mémoire spatiale (Jones, Farrand, Stuart & Morris, 1995). Cette tâche fut développée comme épreuve analogue non verbale au paradigme de Hebb⁷ (1961) afin de tester l'apprentissage de patients épileptiques ayant subi une excision

⁷ Paradigme de Hebb : également appelé paradigme de réapparition de 'digit', il s'agit d'une présentation de séquences de chiffres au rythme de 1 toutes les secondes dont la particularité est que plusieurs séquences sont répétées sans que les sujets soient mis au courant.

du lobe temporal (Corsi, 1972 ; Milner, 1971). Depuis, l'épreuve des blocs de Corsi est largement répandue dans les évaluations neuropsychologiques (Kaplan, Fein, Morris & Delis, 1991) et est probablement la tâche non verbale la plus utilisée dans les recherches en neuropsychologie (Busch, Farrell, Lisdahl-Medina & Krikorian, 2005). Les épreuves des blocs de Corsi ou des dérivés se retrouvent dans différentes batteries psychométriques telles que la batterie d'efficiences mnésiques (BEM-144, Signoret, 1991), l'échelle clinique de Mémoire de Wechsler forme révisée (Wechsler, 1991), la MEM-III (Wechsler, 1997) ou encore l'échelle d'intelligence de Wechsler (WAIS-R, Wechsler, 1981).

Dans une étude minutieuse, Berch, Krikorian et Huha (1998) ont passé en revue 38 études ayant utilisé l'épreuve des blocs de Corsi entre 1974 et 1996. Les auteurs montrent que cinquante pour cent de ces études ont utilisé des blocs noirs sur une planche noire en respectant les dimensions originales de Corsi (1972) ; pour les autres études les couleurs varient. Toutes les études utilisent neuf blocs comme dans la version originale. Incontestablement la plus grande variation entre les études concerne la dimension des blocs ainsi que leur disposition sur la planche (annexe 5). L'analyse de ces trente huit études montre également des différences dans l'administration de l'épreuve : certains expérimentateurs utilisent leur index, dans le pointage des blocs, d'autre un stylet ; par ailleurs, la fréquence de pointage diffère en variant de une à trois secondes entre chaque bloc. Concernant le nombre d'essais par niveau de difficulté les auteurs trouvent aussi des différences : si la majorité des études administrent 2 essais, certaines en administrent un voire trois ou cinq. Quant aux séquences visuo-spatiales utilisées, toutes les études n'utilisent pas les mêmes. Il existe plusieurs séquences comme celles développées par Wechsler (1981, 1991) ou encore par Smirni, Villardita et Zappala (1983). Le critère d'arrêt largement dominant est après deux échecs consécutifs à un même niveau (Bech et *al.*, *ibid.*). A travers cette méta-analyse, Berch et *al.* (*ibid.*) montrent l'hétérogénéité méthodologique de l'épreuve développée par Corsi aussi bien dans les caractéristiques de présentation que dans les conditions d'administration ou encore dans les systèmes de cotation.

Comme le soulignent Kessels, Zandvoort, Postma, Kappelle et Haan (2000) l'épreuve des blocs de Corsi manque d'une standardisation dans l'administration et dans la cotation. La WAIS-R et la MEM-III utilisent même une version dérivée avec 10 blocs. Il existe également des versions informatisées des blocs de Corsi (Jones, Farrand, Stuart & Morris, 1995 ; Morris et *al.*, 1988 ; Smyth & Scholey, 1994). Cette hétérogénéité pose question : en effet les

résultats obtenus d'une version à une autre sont-ils comparables ? Fisher (2001) et Nelson, Dickson et Banos (2000) prétendent que les différences entre la version classique et les versions informatisées n'influent pas sur les résultats.

L'empan visuo-spatial des sujets correspond, indépendamment de la diversité des procédures, au niveau le plus élevé réalisé sans erreur. En général, l'empan maximal mesuré avec cette épreuve est considéré comme reflétant la capacité du calepin visuo-spatial du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986, 2000) (Smyth & Scholey, *ibid.* ; Vandierenendonck, Kemps, Fastame & Szmalec, 2004).

Notons que bien que l'épreuve des blocs de Corsi ne nécessite pas un recours à un mode verbal, Orsini et *al.* (1986, cités par Lezark, Howieson & Loring, 2004) mettent en avant un effet du niveau d'éducation sur les performances. Toutefois cette épreuve reste une épreuve qui demeure simple d'administration (Busch et *al.*, 2005).

Les études qui ont voulu mettre en évidence le calepin visuo-spatial ou qui prétendent le tester ont fait l'objet de plusieurs controverses qui sont abordées dans le point suivant.

2.5 Limites méthodologiques des épreuves testant le calepin visuo-spatial

2.5.1 La question des tâches interférentes

L'ensemble des études qui s'intéressent à la mise en évidence du calepin visuo-spatial utilisent la même méthodologie expérimentale qui repose sur le paradigme des tâches interférentes. Lorsque l'on examine la nature des tâches interférentes utilisées, on constate que celles-ci sont très diverses. Il peut s'agir de tâches de poursuite, qui sont les plus fréquemment utilisées (Baddeley & Lieberman, 1980), de tâches de tapping séquentiel (Farmer, Berman & Fletcher, 1986), de tâches de visualisation de patterns, de dessins d'objets ou d'animaux (Logie, 1986) ou encore de mouvements posturaux (Smyth et *al.*, 1988). Des tâches interférentes de nature différente semblent donc mobiliser des processus de traitement identiques à ceux utilisés par le calepin visuo-spatial pour le codage ou le maintien d'informations visuo-spatiales. Comme le soulignent Monnier et Roulin (1994), le fait de multiplier la variété des tâches interférentes entraîne un manque de cohérence dans les résultats d'une étude à une autre.

Il est également important de souligner que le degré de difficulté des tâches proposées aux sujets n'est pas sans conséquences. Lors d'épreuves complexes, les sujets ne font pas que

maintenir les informations visuo-spatiales. Ils doivent s'engager dans la transformation du matériel et préparer la réponse à fournir et ces coûts supplémentaires sont à prendre en compte. Ils pourraient expliquer certains résultats observés qui ne feraient pas forcément intervenir des processus communs entre la tâche principale et la tâche secondaire (Monnier & Roulin, *ibid.*).

Un autre aspect à aborder est le moment où les tâches interférentes interviennent lors de l'expérimentation. Dans la grande majorité des études, la tâche interférente intervient durant la présentation du matériel à mémoriser et se prolonge pendant la phase de maintien. Certaines recherches prolongent la tâche secondaire pendant la phase de rappel (Baddeley & Lieberman, 1980 ; Logie, 1986). Morris (1987) réalise une étude intéressante dans laquelle il fait varier le moment où la tâche interférente est introduite. La tâche principale consiste à rappeler la localisation de cinq cercles présentés séquentiellement à l'intérieur d'un carré blanc. Les sujets effectuent le rappel sur une feuille de papier sur laquelle le carré blanc est déjà dessiné. Trois types de tâches interférentes sont introduits par Morris : (1) une tâche appelée la « Moar box » : vingt cinq boutons sont disposés en cinq rangées sur un socle de bois, les sujets devant toucher chacun des boutons sans les regarder, dans un ordre indiqué ; (2) une tâche verbale de comptage et (3) une tâche visuelle qui consiste à suivre une sinusoïde sur un écran. Le seul résultat significatif obtenu est lorsque la tâche interférente proposée est de nature spatiale (Moar box) et lorsqu'elle intervient durant la présentation du matériel à mémoriser. Aucun effet significatif n'est observé lorsque la tâche interférente spatiale est présentée durant l'intervalle de rétention. Morris observe seulement un nombre d'erreurs relativement élevé par rapport aux autres conditions (tâche interférente verbale, visuelle et absence de tâche interférente). Morris (*ibid.*) interprète ces résultats par le fait que la tâche interférente spatiale fait intervenir l'administrateur central (ressources générales) et comme il intervient également lors de la phase d'encodage, une interférence se produit à ce moment du traitement. Le maintien d'informations spatiales ne nécessite pas un recours à l'administrateur central ; de ce fait, aucun effet d'interférence n'est observé. Morris (*ibid.*) est un des rares chercheurs à avoir mis au point une telle procédure expérimentale.

—————→ **Synthèse**

D'un point de vue théorique il semble préférable d'introduire la tâche interférente durant l'intervalle de rétention puisque c'est à cette étape du traitement que les activités cognitives sont dévolues au maintien des informations visuo-spatiales (Monnier & Roulin, *ibid.*). Introduire la tâche interférente dès la présentation du matériel à mémoriser rendrait incertain l'encodage des informations, la tâche secondaire demandée pouvant perturber celui-ci. Et lorsque la tâche interférente est maintenue lors de la phase de rappel, elle peut perturber les processus de récupération des informations spatiales (Monnier & Roulin, *ibid.*).

2.5.2 La simple dissociation avec la boucle phonologique

Les différentes recherches mentionnées précédemment, mettent en évidence une simple dissociation entre le calepin visuo-spatial et la boucle phonologique. Or, si l'on se réfère à l'architecture tripartite du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986) cette simple dissociation paraît insuffisante. Il faut mettre en place une procédure expérimentale de double dissociation qui rendrait compte de cette architecture tripartite, en mettant en évidence la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central. Phillips et Christie (1977) sont en désaccord avec la théorie d'une mémoire à court terme visuo-spatiale fonctionnant de manière autonome. Ils demandent à des sujets de mémoriser, dans une matrice 4X4, une série de patterns présentés séquentiellement. Lors de l'intervalle de rétention, deux sortes de tâches interférentes sont proposées : soit une épreuve de calcul mental, soit une épreuve de lecture de chiffres. Les résultats montrent que la tâche de calcul mental annule l'effet de récence et cela que les chiffres bénéficient d'une présentation visuelle ou orale, alors que la tâche de lecture n'a aucun effet. Les auteurs interprètent les résultats de la manière suivante : si la tâche interférente de calcul mental (qui n'est pas une tâche visuelle) perturbe l'effet de récence en mémoire à court terme visuelle, alors les processus de maintien actif (en mémoire à court terme visuelle) font appel à des ressources générales et non spécifiques au matériel visuel. Phillips et Christies (*ibid.*) concluent que dissocier mémoire à court terme visuelle et administrateur central n'est pas opportun. Cette étude est toutefois discutable sur plusieurs points. Tout d'abord les auteurs évoquent la mémoire visuelle de manière réductrice en réduisant ses manifestations à l'effet de récence. D'autre part les sujets sont soumis à un mode de présentation séquentielle qui rend le matériel difficile à mémoriser.

Or d'après Fayol (1990), le calcul mental impliquerait la mise en œuvre de processus visuo-spatiaux, ce qui pourrait expliquer les résultats obtenus par Phillips et Christies (ibid.). Logie, Zucco et Baddeley (1990) testent la question du calcul mental sur un matériel verbal en mémorisation à court terme de séries de lettres. Ils observent que la tâche interférente de calcul mental provoque une chute de l'empan de lettres. Ces résultats contredisent les arguments avancés par Phillips et Christies (ibid.). Il s'avère plus judicieux d'évoquer le calcul mental en termes de coût cognitif lorsque celui-ci est introduit expérimentalement comme tâche interférente. Baddeley lui-même, dans son modèle de mémoire de travail (1986), évoque un recours à l'administrateur central lorsque le sous-système esclave n'est plus capable d'assumer le maintien de l'information en raison du coût cognitif élevé que celle-ci requiert.

Si l'on désire mettre en évidence une architecture tripartite de la mémoire de travail, il est nécessaire d'observer une triple interaction. Loisy et Roulin (1992) essaient de proposer une expérience qui mettrait en avant cette triple interaction. Ils présentent séquentiellement à des sujets une série de mots, chacun de ces mots étant localisé au hasard dans l'une des cases d'une matrice 9X9. Après une phase de rétention de cinq secondes, les sujets peuvent être soumis à trois sortes de tâches. Ils doivent soit rappeler les mots (rappel verbal sous la dépendance de la boucle phonologique), soit rappeler l'emplacement des mots par pointage (rappel sous la dépendance du calepin visuo-spatial) soit les deux (mots + emplacements) nécessitant de coordonner deux informations de format différent relevant de l'administrateur central. Lors de l'intervalle de rétention les sujets sont soit libres, soit soumis à une tâche interférente. La tâche interférente peut être une tâche d'équilibration posturale, une tâche de suppression articulatoire, une tâche visuelle ou une tâche spatiale. Les résultats montrent une double dissociation expérimentale. Le rappel des mots est davantage perturbé par la tâche interférente de suppression articulatoire et le rappel des emplacements par la tâche interférente spatiale ainsi que par celle d'équilibration posturale. Si la nature des tâches interférentes (visuelle et spatiale) rend compte du pattern des résultats concernant le rappel des mots et des emplacements, alors la chute des performances est fonction du coût de la tâche interférente dans le cas où un rappel double est demandé. Pour les auteurs, les résultats ne sont pas contradictoires avec l'hypothèse proposée par Baddeley (ibid.) de trois groupes de tâches et donc compatibles avec l'architecture tripartite de la mémoire de travail. Mais comme

le soulignent Monnier et Roulin (ibid.) trop peu d'études utilisent une telle méthodologie expérimentale.

2.6 Arguments en défaveur des modèles structuraux

2.6.1 Arguments en défaveur du modèle de Baddeley (1986)

Depuis les années 90, les différents effets psychologiques classiques évoqués précédemment, de longueur des mots, de suppression articulatoire, de similitude phonologique et d'écoute inattentive sont remis en question.

2.6.1.1 Remise en cause des effets psychologiques classiques

Logie, Della Sala, Laiacona, Chalmers et Wynn (1996) ont montré chez une cohorte de 251 sujets sains effectuant une épreuve d'empan de mots (bénéficiant d'entrée auditive et visuelle), que les effets de longueur et de similitude phonologique n'apparaissent pas systématiquement chez 45% des sujets pour au moins un des effets. Van der Linden (1998) émet l'hypothèse que la récapitulation articulatoire serait optionnelle et de ce fait, utilisée ou non par les sujets.

Certains effets psychologiques classiques seraient donc soumis à une variabilité interindividuelle dont le modèle de Baddeley (1986) ne peut rendre compte. Depuis quelques années, l'intérêt pour l'étude de la variabilité interindividuelle et intra-individuelle ne cesse de s'amplifier en psychologie du développement et en psychologie cognitive (Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004 ; Morse, 1993 ; Nesselroade, 2001 ; Rabbit, Osman, Moore & Stollery, 2001).

L'effet de longueur des mots est contesté par plusieurs études, comme celle de Cowan et *al.* (1992). Ces auteurs proposent une épreuve de rappel sériel dont le matériel est constitué de mots courts et de mots longs. Deux conditions sont introduites : soit la liste est composée de mots courts puis suivie de mots longs, soit l'inverse. Les résultats mettent en évidence un effet de longueur des mots mais uniquement lorsque la liste de mots est constituée de mots longs pour la première moitié, et de mots courts pour la seconde moitié. De tels résultats ne trouvent pas d'explication dans le modèle de Baddeley (1986) puisqu'il avance l'idée que la longueur des mots affecte toujours le rappel sériel.

En contradiction avec les prédictions de Baddeley (ibid.), Saito (1997) met en évidence un effet de similitude phonologique en condition de suppression articuloire lors d'une présentation visuelle de matériel verbal. Cependant, cet effet dépend de la tâche interférente proposée aux sujets. L'effet de similitude phonologique se rencontre lorsque la tâche interférente consiste à prononcer le son « a » de façon continue (suppression articuloire continue). En revanche, il disparaît avec une tâche de suppression articuloire intermittente (son-« a »-pause-son-« a »). Saito (ibid.) interprète ces résultats par le fait que dans la tâche de suppression articuloire intermittente le poids de la planification des plans moteurs serait plus élevé ce qui interférerait avec le fonctionnement de la récapitulation articuloire. A l'inverse, lors de la tâche interférente de suppression articuloire continue, la planification des plans moteurs ne doit se faire qu'une seule fois. De ce fait, en condition de suppression articuloire intermittente, le mécanisme de récapitulation articuloire qui doit utiliser des plans moteurs dans le but de rafraîchir les traces au sein du stock phonologique serait gêné par la mise en œuvre des planifications motrices répétitives.

LeCompte et Shaibe (1997) et Neath (1999, 2000), Surprenant, Neath & LeCompte (1999) montrent qu'en condition de discours entendu non écouté, l'effet de similitude phonologique disparaît lorsque les items à rappeler bénéficient d'une présentation visuelle mais il est présent lors d'une présentation auditive. Là encore, ces résultats vont dans le sens contraire aux prédictions du modèle de Baddeley (1986).

Afin de répondre aux critiques du modèle initial de Baddeley (ibid.) différents modèles de mémoire de travail ont vu le jour. Le paragraphe suivant aborde trois de ces modèles alternatifs de mémoire de travail.

2.6.1.2 Modèles alternatifs de mémoire de travail

2.6.1.2.1 Le modèle de Logie (1996)

Logie (1996) propose un modèle de mémoire de travail inspiré du modèle de Baddeley (1986) mais introduisant plusieurs différences. Ce modèle considère la mémoire de travail avec tous ses composants initiaux (administrateur central, boucle phonologique et calepin visuo-spatial) comme un espace de travail au sein du système cognitif et non comme une voie d'entrée, comme cela est stipulé dans le modèle de Baddeley (ibid.). Ce modèle met en relation la mémoire de travail avec l'ensemble de la sphère cognitive. Il permet de rendre

compte des relations qui peuvent exister entre la mémoire de travail et la mémoire à long terme phonologique et sémantique (figure 11). L'information entre dans le système perceptif (de manière visuelle ou auditive) puis en relation avec les représentations stockées en mémoire à long terme. Les connaissances activées en mémoire à long terme se trouvent alors disponibles en mémoire de travail et sont activées le temps nécessaire au traitement de la tâche en cours. Logie (ibid.) interprète les effets de répétition subvocale, d'écoute inattentive et de similitude phonologique de la même façon que Baddeley (ibid.).

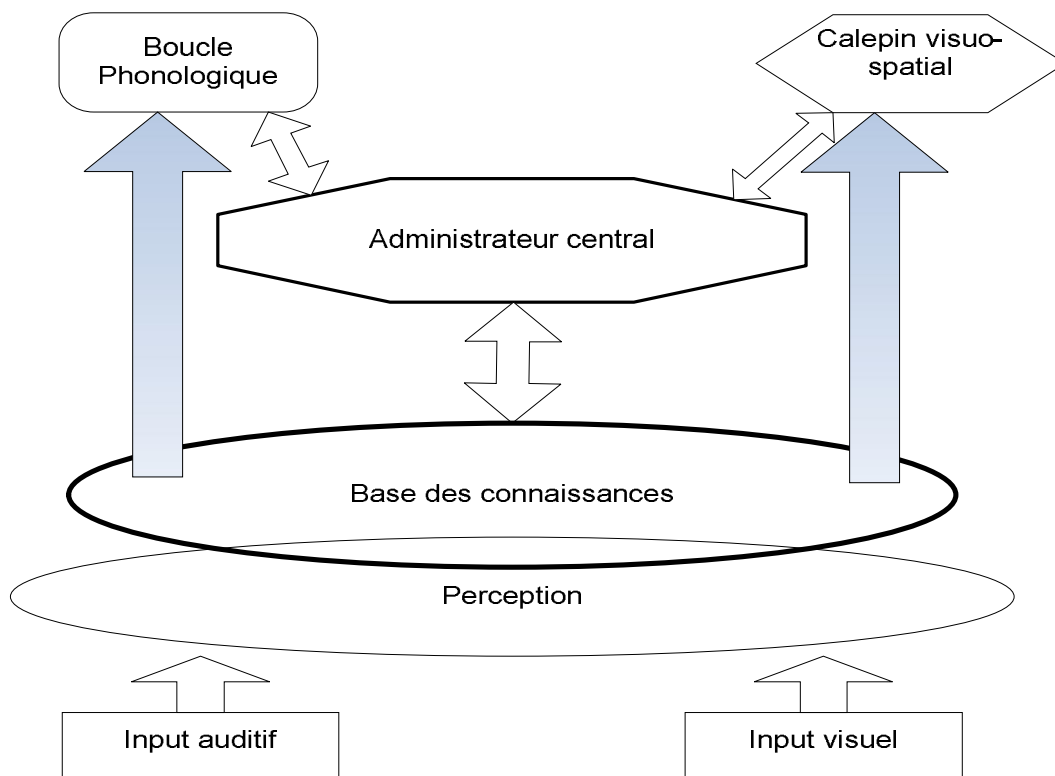


Figure 11. Représentation schématique du modèle de mémoire de travail de Logie (1996).

Seul l'effet de suppression articulatoire est expliqué différemment. Pour Logie (ibid.) répéter un mot de manière constante va permettre à celui-ci d'être actif dans la base des connaissances et même plus actif que le mot cible. En admettant l'hypothèse que seul un mot peut entrer dans le stock phonologique et l'hypothèse que seul le mot le plus activé peut entrer dans le stock phonologique, on explique alors le fait que le mot cible ne peut pas y entrer. De ce fait, l'effet de similitude phonologique disparaît lors d'une présentation visuelle d'un matériel verbal.

Le modèle de Logie (ibid.) permet d'expliquer les influences des représentations phonologiques, sémantiques et épisodiques stockées en mémoire à long terme sur les traces en mémoire à court terme, mais les mécanismes impliqués ne sont pas expliqués ce qui constitue une limite importante de ce modèle.

2.6.1.2.2 Le modèle de Baddeley (2000)

Deux critiques principales poussent Baddeley (2000) à proposer une nouvelle version de son modèle de mémoire de travail.

Premièrement, au sein de la boucle phonologique, le stockage des informations se fait sur un code uniquement verbal, mais plusieurs recherches comme celles de Hulme, Roodenrys, Brown et Mercer (1995) soulignent l'importance de variables telles que la fréquence du mot dans la langue, la facilité à imaginer les mots ou encore la proximité sémantique. De surcroît, le modèle initial de Baddeley (1986) ne permet pas de rendre compte des interactions entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme.

Deuxièmement, l'indépendance des systèmes esclaves (la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial), a été remise en question. Certains arguments suggèrent que la rétention de stimuli verbaux à court terme induit également des codages visuo-spatiaux, comme le montre l'étude de Chincotta, Underwood, Abd Ghani, Papadopoulou et Wresinksi (1999). En présentation écrite, lors d'épreuves d'empan de chiffres ou de mots, la disposition spatiale des items jouerait un rôle. Là encore, le modèle tripartite de Baddeley (1986) ne peut pas rendre compte de ces résultats, car il ne prétend à aucun espace dans lequel les informations provenant des deux systèmes esclaves puissent se mettre en relation.

Pour les différentes raisons évoquées ci-dessus, Baddeley (2000) reprend son modèle initial en lui ajoutant une composante: le buffer épisodique (figure 12). Le buffer épisodique peut être considéré comme une émanation du centre exécutif. Il est doté de toutes les propriétés nécessaires pour répondre aux différentes limites rencontrées avec le modèle initial. Le buffer épisodique est décrit comme un système de maintien temporaire et de capacité limitée qui permet l'intégration d'informations de différentes modalités (verbale, visuelle et spatiale) provenant des systèmes esclaves. Il est considéré comme épisodique dans la mesure où sa fonction est d'intégrer des informations émanant de la mémoire à long terme.

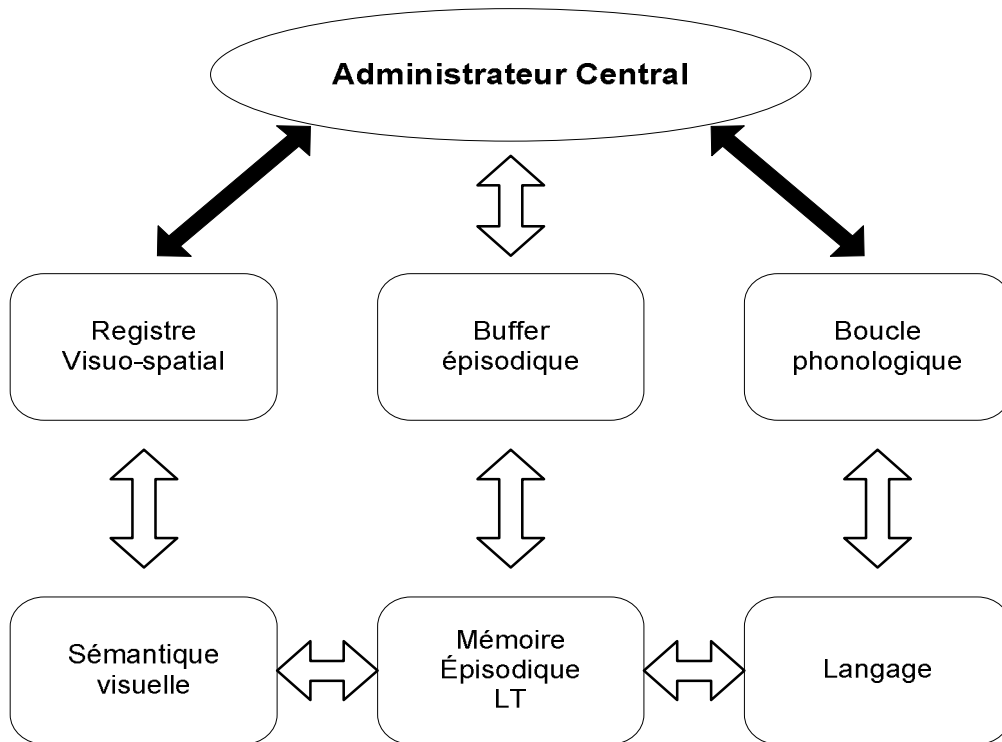


Figure 12 : représentation schématique de la mémoire de travail de Baddeley (2000) (Seron, 2007).

L'ajout du buffer épisodique permet de répondre à certaines limites rencontrées avec le modèle de départ de Baddeley et Hitch (1974). Il apparaît comme un espace de stockage temporaire supplémentaire. Lorsque la boucle phonologique dans le cas de suppression articulaire n'est plus opérationnelle, le buffer épisodique peut remplir la fonction de stockage temporaire. Cette nouvelle composante peut également rendre compte des interactions avec la mémoire à long terme, expliquant les données qui montrent que la taille des empan de phrases est supérieure à celle de mots isolés. D'après Baddeley (2000), le buffer épisodique permet les interactions avec la mémoire à long terme et de ce fait des regroupements en unités plus larges qu'un simple mot isolé, en faisant référence aux connaissances sémantiques et syntaxiques présentes en mémoire à long terme. Les résultats qui mettent en évidence chez des enfants la présence de récapitulation alors que les stratégies de récapitulation sub-vocale de la boucle phonologique ne sont pas encore développées (Gathercole & Hitch, 1993), trouvent explication avec le buffer épisodique. Baddeley (2000) émet l'hypothèse de l'existence d'un mécanisme de récapitulation général mis en place par le buffer épisodique et cela à travers un processus de déplacement des processus attentionnels sur les informations présentées lors de la tâche à exécuter.

Le modèle initial de la mémoire de travail proposé par Baddeley (1986) a évolué, mais ce niveau intermédiaire entre la mémoire à long terme et la mémoire à court terme que représente le buffer épisodique, n'a à ce jour pas rencontré beaucoup d'intérêt dans les recherches actuelles en psychologie cognitive.

Pour chaque composant du modèle de mémoire de travail de Baddeley (ibid.) il existe des tâches spécifiques qui permettent de les tester. L'ajout du buffer épisodique pose une question : existe-t-il des épreuves spécifiques à l'évaluation du buffer épisodique ? Comme le soulignent Collette, Poncet et Majerus (2003), il n'existe aucune approche expérimentale standardisée pour l'évaluation de cette composante. On pourrait proposer des tâches d'empans doubles, par exemple rappeler à la fois un mot et sa localisation mais ce genre d'épreuve existe déjà dans les travaux visant à valider la plausibilité de l'administrateur central.

A ce jour cette composante hypothétique que constitue le buffer épisodique n'a pas fait l'objet d'investigation suffisamment poussée pour que son existence ait pu être validée (Burglen, 2005).

2.6.1.2.3 Le modèle MNESIS (2003)

Le modèle MNESIS (Memory Neostructural Inter-Systemic Model) élaboré par Eustache et Desgranges (2003), est une proposition de synthèse des orientations théoriques multi-systèmes les plus pertinentes sur la mémoire (figure 13). Ce modèle intègre les éléments les plus pertinents et les plus robustes des conceptions multi-systèmes tout en spécifiant les relations entre les systèmes. Ce modèle comprend les systèmes de mémoires perceptives ainsi que le système de mémoire sémantique et épisodique et respecte l'organisation proposée par Tulving (2001). Les termes de mémoires perceptives sont préférés à ceux de SRP qui recouvrent uniquement d'après Schacter (1994), des expressions non conscientes de la mémoire. Le concept de mémoires perceptives est donc plus large que celui de SRP, puisqu'il inclut à la fois des opérations conscientes et inconscientes.

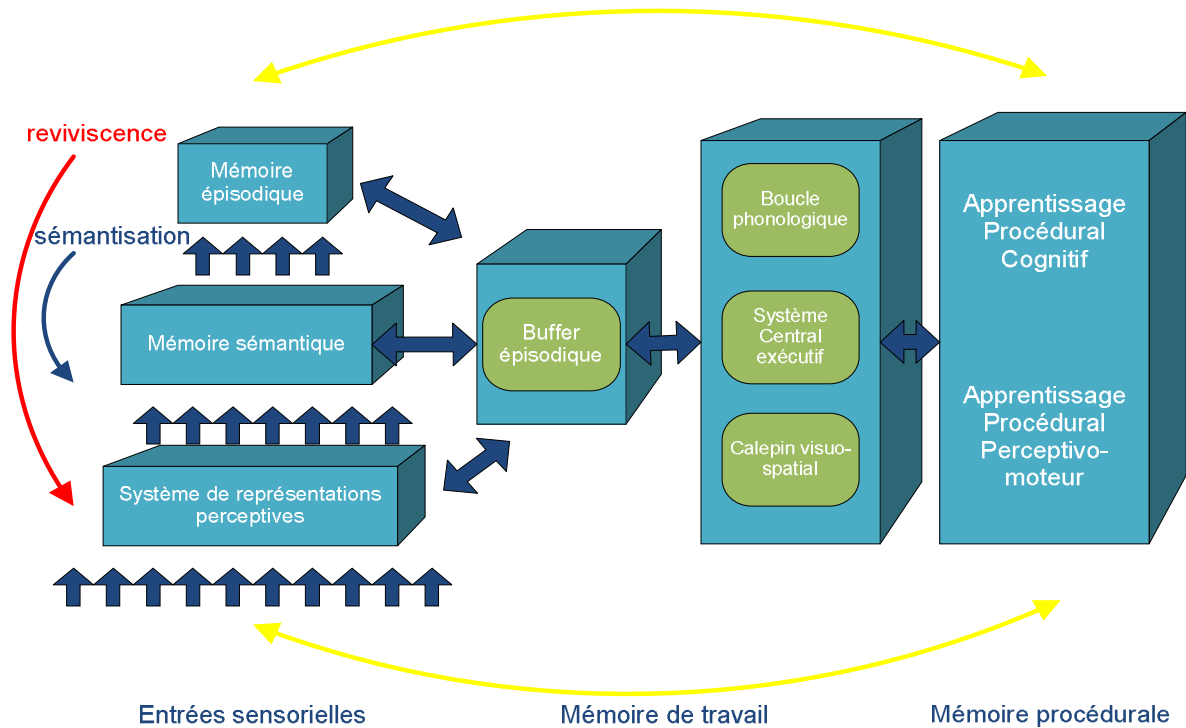


Figure 13. MNESIS (modèle Neo-structural Inter-Systémique) Eustache et Desgranges (2003).

Des rétroactions interviennent au sein de ces trois systèmes mnésiques. L'une, de la mémoire épisodique à la mémoire sémantique désigne le processus de sémantisation des souvenirs (Cermak, 1984). Une seconde qui va de la mémoire épisodique aux mémoires perceptives, témoigne des phénomènes de reviviscence (conscients et inconscients). Ces rétroactions mettent en avant le caractère dynamique et reconstructif de la mémoire.

On retrouve dans ce modèle, la notion de mémoire de travail avec le buffer épisodique introduit par Baddeley (2000) ; elle occupe une position centrale dans le dispositif d'ensemble en plaçant la mémoire au centre du psychisme et des processus conscients. Le dernier système est la mémoire procédurale avec une hiérarchie allant du support d'habiletés motrices et perceptivo-motrices à celui des habiletés perceptivo-cognitives. Des liens directs sont précisés entre les mémoires procédurales perceptivo-motrices et les systèmes de représentations perceptives et entre les systèmes de mémoire épisodiques et sémantiques et la mémoire procédurale cognitive.

MNESIS comprend cinq systèmes de mémoire dérivés du modèle SPI de Tulving (1995). Il conserve l'organisation originale des trois systèmes de représentation à long terme mais y ajoute des rétroactions pour rendre compte du caractère dynamique de la mémoire. Il

faut toutefois souligner le peu d'indications données par les auteurs dans l'implication des émotions.

2.6.2 Les limites des modèles structuraux

Les modèles computo-symboliques ont permis des avancées considérables dans l'approche du fonctionnement cognitif, mais sont de plus en plus remis en cause. Ce point passe succinctement en revue les principales critiques émises à l'encontre des modèles structuralistes.

2.6.2.1 Les limites conceptuelles

Une des premières limites provient de l'architecture même de ces modèles. La conception selon laquelle les modules ou systèmes mnésiques sont indépendants et interviennent de manière séquentielle, est de plus en plus remise en cause. De plus en plus d'études évoquent un fonctionnement parallèle et simultané (Cantor & Engle, 1993), notamment à partir des recherches concernant les relations entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. En effet, d'un point de vue anatomique, le fonctionnement cérébral apparaît davantage en adéquation avec l'idée d'une action simultanée et distribuée de plusieurs aires cérébrales interconnectées (fonctionnement en réseau) plutôt qu'à celle d'un mode d'action séquentiel.

La place accordée à la mémoire à long terme constitue également une limite. Pour les modèles computo-symboliques, les expériences passées interviennent uniquement lors des étapes tardives du traitement cognitif. Le but de l'approche computo-symbolique est avant tout de dégager des invariants du fonctionnement cognitif, indépendamment de toute expérience propre et spécifique des sujets. Le fait de vouloir dégager des invariants du comportement humain peut-être vu comme une limite si l'on désire étudier les différences inter et intra-individuelles. La diversité du fonctionnement cognitif est en effet essentielle lorsque l'on s'intéresse à l'adaptabilité de l'être humain à son milieu, notamment lors de situations nouvelles.

Une autre limite concerne la tendance des conceptions multi-systèmes de la mémoire à décrire des systèmes mnésiques en nombre important, ce qui tend à multiplier les modules et les organisations. Notons que les différentes organisations proposées sont nombreuses : les

réseaux associatifs hiérarchisés, non hiérarchisés, les réseaux propositionnels, les systèmes parallèles ou encore les systèmes emboîtés.

Un autre problème soulevé par les modèles multi-systèmes concerne la mémoire à long terme et plus spécifiquement les relations qui existent entre les connaissances spécifiques (de type souvenir) propres aux expériences des individus et les connaissances catégorielles. Les connaissances catégorielles sont-elles construites à partir des connaissances spécifiques ou l'inverse ? Les modèles structuraux postulent, de par leur architecture, un mécanisme d'abstraction au moment du changement de système. Comment ce mécanisme se traduit-il ? Dans son modèle, Tulving (1995) ne décrit pas une transformation de connaissances épisodiques en connaissances sémantiques mais il évoque l'extraction de la signification d'expérience donnée qui va permettre la conservation d'un souvenir en mémoire épisodique et les connaissances épisodiques et sémantiques sont supposées être stockées en parallèle lors d'un épisode de traitement. Mais l'architecture de son modèle ne permet pas de rendre compte de traitements parallèles. Force est de constater qu'à ce jour aucune réponse satisfaisante n'est fournie par les modèles computo-symboliques pour expliquer les mécanismes d'abstraction.

Dans l'approche computo-symbolique, la nature des connaissances en mémoire à long terme pose aussi question. Comment les multiples modalités des connaissances sensorielles, lexicales, motrices ou encore émotionnelles sont-elles intégrées en mémoire à long terme ? Lorsque nous vivons un événement, nous conservons les différentes propriétés sensorielles de celui-ci et pas seulement les significations qui en sont extraites. Les modèles multi-systèmes ne peuvent rendre compte de l'intégration des propriétés multiples en des connaissances unifiées.

Enfin, l'argument des dissociations fonctionnelles pour défendre l'idée que la mémoire est composée de plusieurs systèmes indépendants est remis en cause. Des dissociations fonctionnelles ont été rapportées lors de tâches supposées mettre en œuvre le même système mnésique. Tiberghien et Lecocq (1983) ont observé des dissociations entre des épreuves de rappel et de reconnaissance qui sont censées se rapporter au même système de mémoire, en l'occurrence le système épisodique. Les défenseurs des modèles multi-systèmes expliquent ces observations par le fait que des tâches censées être identiques impliquent cependant des traitements spécifiques, d'où l'observation de certaines dissociations fonctionnelles. Un autre argument avancé pour justifier des dissociations fonctionnelles au sein d'un même système mnésique réside dans la nature et la complexité même des tâches. Les tâches peuvent avoir

des degrés de complexité différents. Si une tâche s'avère simple par rapport à une autre plus complexe, il peut s'observer un effet plafond sur la tâche simple masquant l'effet de la variable manipulée. Les résultats observés mettent alors en évidence un effet significatif seulement avec la tâche complexe. Roediger, Weldon et Challis (1989) pensent qu'il faudrait introduire au moins quatre mesures dans le plan expérimental lorsque le postulat initial est l'existence de deux systèmes mnésiques différents. Les dissociations fonctionnelles sont un argument important mais non suffisant pour justifier les théories structuralistes de la mémoire.

Les données statistiques sont également soumises à critiques. Tout d'abord d'un point de vue méthodologique pur, les sujets devraient être testés deux fois pour chaque tâche, de manière à contrebalancer l'ordre de passation et éviter toute influence de la première épreuve sur la seconde. Plusieurs études ont trouvé une indépendance statistique entre deux tâches impliquant le même système mnésique (Witherspoon & Mccovitch, 1989).

Les modèles structuraux renvoient à une certaine conception sur la façon dont les connaissances s'élaborent et sont structurées dans le système cognitif ; ils sont incompatibles avec les nouvelles propositions issues de l'approche fonctionnaliste des connaissances (cognition située, psychologie du développement, résolution de problème). C'est cette approche, défendue dans notre propre travail, que nous allons présenter dans la partie suivante.

2.6.2.2 L'approche fonctionnaliste

2.6.2.2.1 Les travaux de l'école néo-Piagétienne

Le constructivisme psychologique peut être considéré comme une révolution théorique du « constructivisme épistémologique » de Piaget. Comme le soulignent Bastien et Bastien-Toniazzo (2004), la théorie de Piaget peut-être considérée comme une théorie des connaissances générales (au sens de connaissances de l'humanité) alors que l'approche néo-piagétienne (Inhelder & Cellier, 1992) poursuit une toute autre ambition. En effet, le constructivisme psychologique a pour but l'élaboration d'une «Théorie des connaissances individuelles », donc une théorie psychologique (Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004, p.78). Le cadre théorique d'Inhelder et Cellier (ibid.) intègre une partie des fondements de l'approche Piagétienne classique à une approche fonctionnaliste. « Le sujet épistémique apparaît surtout comme le sujet d'une connaissance normative. Son étude relève d'une psychologie qui se met en quelque sorte au service des normes et utilise à cette fin des modèles choisis de la pensée

scientifiques. (...). Par contraste le sujet psychologique individuel est étudié par un observateur qui s'attache à décider la dynamique des conduites du sujet, leurs buts, le choix des moyens et les contrôles, les heuristiques propres au sujet et pouvant aboutir à un même résultat par des chemins différents.» (Inhelder & De Caprona, 1992, p.21). Le constructivisme psychologique s'est particulièrement intéressé aux processus mis en œuvre lors de la résolution de problèmes ; il s'agit clairement « d'étudier les processus fonctionnels quand le sujet applique ses connaissances à des contextes particuliers » (Inhelder & De Caprona, 1992, p.19).

Le contexte externe ou situationnel (Le Ny, 1989) a un rôle central dans le constructivisme psychologique car « les effets de celui-ci influent sur l'interprétation même de la situation, interprétation qui devient en fait subordonnée à l'état des connaissances du sujet. On a fait ainsi un premier pas vers le concept de contexte interne » (Bastien, 1997, p.25). C'est le contexte externe « qui détermine à quelles conditions cette connaissance est disponible, les liens qu'elle entretient avec d'autres connaissances et les limites dans lesquelles elle est valide » (Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004, p.75). En accord avec les propositions de Versace, Nevers et Padovan (2002), le contexte joue un rôle essentiel dans cette approche fonctionnelle de l'organisation des connaissances (Versace et *al.*, *ibid.*) et c'est également le contexte externe qui situe le sujet dans un espace interne (cognition située).

Une des idées centrales de la cognition située est que les individus ne se contentent pas seulement d'appliquer des plans préexistants, ils construisent des plans en cours d'action. La théorie de la cognition située prétend que chaque pensée ou action est adaptée à son environnement (Clancey, 1997). Le contexte interne est considéré comme un état du système cognitif à un moment donné et plus précisément, comme la partie des connaissances en mémoire activée à partir du contexte situationnel créé par la situation-problème, laquelle détermine les procédures que les individus mettent en œuvre pour la résoudre.

Comme le soulignent Bastien (1997) et Bastien et Bastien-Toniazzo (2004), deux types de connaissances peuvent être considérés : les connaissances générales et les connaissances individuelles. Les connaissances individuelles sont organisées de manière fonctionnelle, c'est-à-dire en fonction des buts qu'elles permettent d'atteindre. L'unité de connaissance est le schème d'action dont l'ensemble est organisé en réseau fonctionnel autrement dit les schèmes d'actions sont reliés entre eux en fonction de critères fonctionnels des connaissances. Ces schèmes d'action s'organisent donc en mémoire par des liens fonctionnels et cela en fonction

des types de tâches qu'ils peuvent résoudre. « On voit ici toute l'importance de la notion de contexte interne (...). La fonction essentielle du contexte est en effet de situer le système cognitif dans l'espace des schèmes » (Bastien, 1997, p.43). La conséquence du fait que nous soyons systématiquement localisés quelque part dans le réseau de schèmes, est que nous n'avons accès qu'à une infime partie de nos connaissances (Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004). La centration exprime le fait que seul le sous-ensemble de schèmes disponibles au même moment peut être contrôlé afin résoudre la situation problème. La résolution d'un problème « consiste à suivre un cheminement qui, de centrations en centrations, nous amène au but » (Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004, p.88).

L'approche constructiviste psychologique de la résolution de problème diffère donc de l'approche classique. Pour l'approche classique, la résolution de problème est décrite comme un apprentissage procédural consistant à automatiser des procédures. Au contraire pour l'approche constructiviste psychologique, la résolution de problème est envisagée comme l'élaboration de la représentation adéquate de la situation-problème qui permet la construction des procédures nécessaires à la découverte de la solution. Dans cette approche on s'intéresse à la manière dont les individus comprennent la situation en fonction du contexte situationnel du problème, des connaissances en mémoire et des expériences passées. La découverte de la solution est décrite comme une activité cognitive guidée par l'interprétation et le codage des différentes propriétés de la situation (Clément, 2008 ; Richard, 1999, 2004 ; Richard & Poitrenaud, 1988).

Dans cette thèse nous abordons la résolution du problème des blocs de Corsi dans la perspective théorique du constructivisme psychologique.

2.6.2.2.2 Résolution de problème et flexibilité cognitive

Ce travail défend également l'hypothèse soutenue par Clément (2008, 2009) selon laquelle l'étude de la résolution de problème offre un cadre privilégié de l'expression de la flexibilité mentale. La flexibilité cognitive est définie comme un changement de point de vue sur les stimuli de l'environnement entraînant une reformulation du but de la situation-problème (Clément, 2009). Comme le souligne Richard (1999), ce changement permet une modification de la représentation de la situation problème qui induit un changement de but. « La flexibilité est envisagée comme étant dépendante des processus attentionnels et peut relever de deux formes d'orientation de l'attention, endogène et exogène (Camus, 1996). Par

ailleurs, si l'on veut identifier différents niveaux de flexibilité et décrire la nature des changements qui s'opèrent, il est nécessaire de mener l'analyse de l'activité de l'individu en termes de processus impliqués dans la résolution du problème » (Clément, 2009, p.131). La conception défendue par Clément (ibid.) permet de rendre compte des comportements dits de « rigidité » dans l'approche Gestaltiste ainsi que d'intégrer les travaux menés en neuropsychologie sur la flexibilité cognitive dans un cadre théorique unifié. Pour les Gestaltistes les phénomènes de fixation (antagonistes de la flexibilité) sont la conséquence de trois causes, la mécanisation de la pensée résultant de la résolution antérieure de problèmes, la difficulté à déstructurer perceptivement la bonne forme de l'environnement et la difficulté à concevoir l'utilisation d'un objet dans une utilisation non consensuelle. Clément (ibid.) souligne qu'il est possible de réinterpréter la découverte de solution (phénomène lié à l'insight selon les Gestaltistes) comme la mise en œuvre de flexibilité mentale correspondant à un changement de procédure et de représentation du problème. Concernant l'approche de la flexibilité mentale en neuropsychologie, l'auteur propose une réinterprétation de la nature de celle-ci et défend l'idée que ces deux aspects correspondent aux deux types de flexibilité cognitive (réactive et spontanée) décrites par Eslinger et Grattan (1993). Ces auteurs ne définissent plus la flexibilité cognitive comme un processus unitaire, ils distinguent la flexibilité réactive et la flexibilité spontanée. La flexibilité réactive se rencontre lorsque les contraintes de la tâche en cours nécessitent un changement dans la réponse à fournir ; elle serait notamment rencontrée lors de l'épreuve du Wisconsin Card Sorting Test (Nelson, 1976). La flexibilité spontanée s'exprime lorsque les sujets montrent des réponses diverses alors que l'environnement ne contraint pas aux changements. Au niveau neuroanatomique, les régions préfrontales, pariétales et sous-corticales seraient impliquées dans la flexibilité réactive et la flexibilité spontanée impliquerait le gyrus frontal inférieur et le noyau thalamique dorso-médian gauche (Collette, 2004).

En situation de résolution de problème la flexibilité cognitive est essentiellement étudiée lors des situations d'impasses qui sont des moments critiques lors de la résolution de problème au cours desquels les individus ne progressent plus vers la solution. Dans ces situations d'impasse, il est possible de mettre en lumière les changements de la représentation du problème cible puisque celle actuelle ne permet aucune solution (Richard, 2004). Ce moment est caractérisé par des retours en arrière dans l'espace recherche et dans certains cas par l'abandon de contraintes inhérentes à la tâche (Richard, Poitrenaud & Tijus, 1993). Lors

d'une 'situation-problème' il se dégage deux aspects de ce qui est décrit comme l'activité de résolution de problème : l'identification des contraintes situationnelles et le choix de la stratégie la plus efficace dans le contexte donné. La flexibilité spontanée se manifeste par un changement non contraint par le contexte externe, pour une stratégie considérée comme plus optimale à la résolution du problème (Clément, *ibid.*). Le choix de la stratégie optimale correspond à la stratégie la plus rapide, la plus simple à mettre en œuvre ou encore à la moins coûteuse sur le plan cognitif.

2.7 Conclusion

Depuis la proposition du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986) le concept de calepin visuo-spatial ne bénéficie pas des mêmes avancées théoriques que l'autre système esclave, la boucle phonologique. Encore à ce jour, il n'existe aucun consensus en sciences cognitives concernant les traitements visuo-spatiaux et cela est en grande partie dû aux difficultés rencontrées pour mettre en place des dispositifs expérimentaux qui ne font recours à aucune verbalisation.

Bien que Baddeley (*ibid.*) donne une définition relativement précise du calepin visuo-spatial en définissant celui-ci comme un sous-composant de la mémoire de travail dévolu au maintien temporaire d'informations visuelles et spatiales ainsi qu'à la génération et à la manipulation d'images mentales, le fonctionnement de cette composante reste imprécis. Logie (1995) propose toutefois une composante visuelle « visual cache » et une composante spatiale « inner scribe » au sein du calepin visuo-spatial. Le 'visual cache' serait responsable du stockage passif de l'information visuelle (forme, couleur...) ainsi que des localisations spatiales statiques. A l'inverse, 'l'inner scribe' serait un système actif permettant la répétition mentale nécessaire au rafraîchissement des traces de la composante visuelle et il serait également dévolu au maintien des représentations séquentielles et dynamiques. Ce fractionnement en une composante visuelle et spatiale a fait l'objet de nombreuses études (Baddeley & Lieberman, 1980 ; Logie & Marchetti, 1991 ; Logie et Pearson, 1997 ; Quinn & Mac Connel, 1996) et demeure à ce jour l'hypothèse dominante dans la littérature. La composante visuelle est testée avec des épreuves nécessitant des traitements simultanés (Della Sala *et al.*, 1997 ; Lecerf & Roulin, 2001 ; Wilson *et al.*, 1987) et la composante spatiale avec des épreuves nécessitant des traitements séquentiels (Corsi, 1972 ; Milner, 1971). Plusieurs

critiques sont cependant émises concernant les aspects théoriques et méthodologiques des études qui ont voulu mettre en évidence le calepin visuo-spatial. Une des principales est que le calepin visuo-spatial est avant tout étudié en analogie avec la boucle phonologique (Monnier & Roulin, 1994).

Les critiques ne concernent pas seulement le calepin visuo-spatial ; c'est tout le modèle initial de Baddeley (1986) qui se voit remis en cause. En effet, l'architecture initiale proposée par Baddeley (ibid.) ne permet pas de rendre compte de certaines données comme l'empan de mots supérieur à l'empan de non-mots (Hulme, Maughan & Brown, 1991) ou encore un empan meilleur pour des mots de haute fréquence ou appartenant à la même catégorie sémantique (Bourassa & Besner, 1994 ; Poirier & Saint-Aubin, 1995). Les effets de la mémoire à long terme sur des tâches d'empan en mémoire de travail conduisent Baddeley (2000) à proposer l'ajout post-hoc du buffer épisodique. Le buffer épisodique est décrit comme un système de stockage temporaire d'informations multimodales. Il est considéré comme épisodique car il stockerait des épisodes dans lesquels l'information serait intégrée dans l'espace et le temps. Il constitue selon Baddeley (2000) une interface entre les systèmes esclaves (boucle phonologique et calepin visuo-spatial) et la mémoire à long terme. Toutefois, l'ajout du buffer a davantage contribué à affaiblir qu'à renforcer la pertinence du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986).

Les critiques émises dans la littérature ne se limitent pas au modèle de la mémoire de travail, c'est l'ensemble des modèles structuraux de la mémoire qui est remis en cause. Les critiques concernent l'architecture de la mémoire proposée c'est-à-dire, une mémoire constituée de systèmes mnésiques indépendants qui induisent un traitement séquentiel de l'information. La place accordée aux expériences passées fait également débat. En effet, pour les modèles computo-symboliques elles interviendraient seulement dans les dernières étapes du traitement cognitif. Ou encore, l'incompatibilité avec l'approche fonctionnaliste des connaissances.

Ces différentes critiques sont émises par les tenants d'une conception uni-système de la mémoire. Le chapitre suivant est consacré à cette nouvelle approche.

3 CHAPITRE 3. Nouvelle approche de la mémoire : les modèles uni-système

Jusqu'à présent nous avons évoqué les modèles qui, s'inscrivant dans la perspective du traitement de l'information, sont regroupés et qualifiés d'approches structurales de la mémoire. Ce chapitre aborde une approche de la mémoire humaine radicalement différente : le courant fonctionnaliste communément évoqué sous le terme de cognition située et distribuée. Les modèles fonctionnels développés depuis la fin des années 1970, s'intéressent aux mécanismes et non aux structures mnésiques. Les recherches portent sur les processus mis en œuvre lors des traitements mnésiques plutôt que sur les systèmes de mémoire. Le chapitre présent développe la conception système unique de la mémoire, conception défendue dans cette thèse.

3.1 Les modèles à traces multiples : vue d'ensemble

A l'inverse des modèles multi-systèmes, cette nouvelle approche du fonctionnement cognitif conçoit la mémoire comme un système unitaire. La mémoire y est décrite comme un système épisodique c'est-à-dire qui garde la trace des 'épisodes' vécus par l'individu. Un épisode est défini par l'ensemble des stimulations vécues par le sujet dans son interaction avec l'environnement. Les interactions peuvent être multidimensionnelles. Dans ces modèles, la mémoire à court terme et la mémoire à long terme ne sont plus considérées comme des systèmes indépendants, mais comme faisant partie d'un même système mnésique unique et les traitements cognitifs y sont décrits comme simultanés et parallèles et non plus séquentiels. Dans le modèle système unique, la mémoire est considérée comme un système dans lequel il n'existerait qu'un seul type de stockage caractérisé par l'enregistrement de stimulations primaires se produisant lors de chaque épisode d'apprentissage (Rousset, 2000). Ce point va passer succinctement en revue les différents formats sous lesquels les connaissances en

mémoire sont décrites dans les modèles multi-systèmes et dans les modèles uni-système. En effet, on ne peut évoquer la question de l'architecture de la mémoire, principal débat actuel entre les conceptions unitaires et multi-systèmes de la mémoire, sans aborder les formats sous lesquels les connaissances y sont décrites et conservées

Pour les modèles computo-symboliques les connaissances sont décrites comme abstraites c'est-à-dire qu'il s'agit de connaissances générales, non contextualisées. Les connaissances peuvent être représentés en réseaux sémantiques (Collins & Quillian, 1969 ; Collins & Loftus, 1975), en réseaux propositionnels (Anderson, 1983), sous forme de prototypes (Rosh, 1973, 1978) ou en une combinaison de dimensions (Smith, Shoben & Ribs, 1974).

Les modèles épisodiques offrent un changement concernant le contenu de la mémoire. Les connaissances y sont décrites comme contextualisées et spécifiques. Pour Medin et Scheffer (1978) les informations en mémoire sont des exemplaires. Pour Nosofsky (1984, 1986, 1998) les connaissances sont également représentées sous forme d'exemplaires mais l'auteur introduit la notion de fréquence : plus un exemplaire se rencontre fréquemment, plus il apparaît représentatif de la catégorie. D'autres modèles épisodiques représentent les connaissances en mémoire sous forme de traces multiples. La particularité des traces par rapport aux exemplaires est que des traces correspondant à une même information peuvent être stockées plusieurs fois en mémoire. Parmi les plus connus de ces modèles, on trouve, le modèle de Hintzman MINERVA 2 (1984, 1986), le modèle de Whittlesea (1987) et le modèle de Logan (1988). La caractéristique commune de ces modèles épisodiques est que les formats mnésiques sont représentés sous forme de traces 'épisodiques', 'multidimensionnelles' et sont conservées de manière 'séparée'.

Toutefois un aspect qui peut poser problème aux modèles épisodiques concerne la question de l'architecture en mémoire. En effet, les modèles épisodiques évoqués précédemment ne sont pas des modèles qui proposent une architecture cérébrale et/ou biologique de la mémoire. Seul Whittlesea (1989) propose une architecture connexionniste. Les modèles connexionnistes remplacent en général la métaphore informatique de l'architecture de la mémoire (comme celle des modèles épisodiques) par une métaphore neuronale. C'est pourquoi nous avons choisi de décrire de façon plus détaillée le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) lui-même inspiré des travaux de Cowan (1988) et d'Engle et *al.* (1992, 1999). Ce modèle s'inscrit dans une approche architecturale de la mémoire en

accord avec les propriétés des modèles à traces multiples et dans la lignée des modélisations connexionnistes et distribuées du fonctionnement cognitif.

3.2 Les conceptions intégratives de la mémoire de travail

Dans les conceptions système unique, la mémoire sensorielle et la mémoire à court terme sont considérées comme une partie activée de la mémoire à un moment donné. La définition et le rôle des systèmes mnésiques sont différents de ceux des modèles structuralistes mais l'existence d'un fonctionnement cognitif spécifique à court terme n'est pas remise en question. Les modèles système unique s'accordent à dire qu'il peut y avoir une activation à court terme qui n'entraîne pas forcément une modification à long terme. La modification à long terme nécessite des mécanismes spécifiques, car, comme le décrit Laroche (2001), la consolidation à long terme induit une synthèse protéique qui ne se retrouve pas dans une tâche de traitement à court terme. Il existe des mécanismes biologiques distincts.

Quant à la mémoire de travail, elle est également considérée comme une activation d'une partie de la mémoire générale lors d'un épisode de traitement mais la notion d'attention devient centrale. En effet, ce qui caractérise la mémoire de travail est un système gestionnaire des ressources cognitives qui entretient des liens étroits avec les notions d'attention et de conscience. Il existe plusieurs modèles intégratifs qui considèrent les traitements de la mémoire de travail non distincts de la mémoire à long terme (Anderson, 1983, 1993 ; Cantor & Engle, 1993 ; Cowan, 1988 ; Engle et *al.*, 1992, 1999). Les deux modèles qui semblent se distinguer dans cette conception sont celui de Cowan (*ibid.*) et celui d'Engle et *al.* (*ibid.*).

3.2.1 Le modèle de Cowan (1988, 1995, 1999, 2005)

Le modèle de Cowan (1988) est un modèle de la mémoire de travail (traitement de l'information à court terme) mais également un modèle de l'attention dont la particularité est de décrire une mémoire à court terme et une mémoire à long terme qui n'apparaissent plus indépendantes et autonomes (figure 14). Ce modèle se situe dans une vision unitaire de la mémoire de travail.

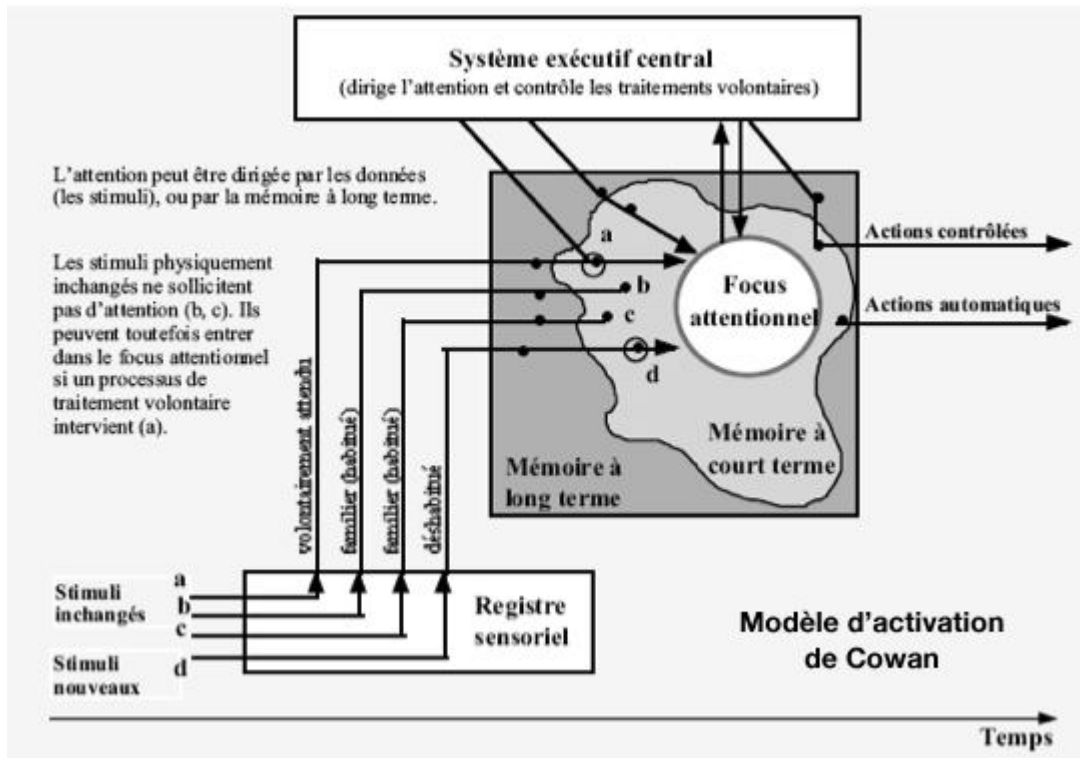


Figure 14. Représentation schématique du modèle de Cowan (1988).

Selon Cowan (1988, 1995, 1999, 2005) la mémoire de travail ne représente que la partie activée de la mémoire à long terme activée à partir du registre sensoriel, lui même activé par les stimuli de l'environnement. Le registre sensoriel est considéré comme indépendant de la mémoire à long terme mais tient un rôle important car très rapidement (de l'ordre de quelques millisecondes), les informations provenant de l'environnement activent la partie des connaissances en mémoire à long terme qui constitue la mémoire à court terme. La notion de transfert d'un système mnésique à un autre des modèles structuraux est remplacée par celle d'un changement d'état des connaissances présentes en mémoire à long terme. Il s'agit donc d'une définition fonctionnelle de la mémoire de travail. Cette notion d'état de mémoire deviendra centrale dans les modèles épisodiques à traces multiples. Dans le modèle de Cowan (ibid.) la mémoire de travail est constituée de l'ensemble des informations qui sont accessibles permettant leur utilisation pour la tâche en cours. Une autre caractéristique concerne le focus attentionnel qui correspond à une sous-partie de la mémoire à court terme. Le focus attentionnel sélectionne les informations de manière automatique ou volontaire. Cowan s'inspire des conceptions de Posner et Snyder (1975) qui décrivent deux types d'activation en mémoire : une activation volontaire et une activation automatique. L'idée que les traitements automatiques ne soient pas de même nature que les traitements contrôlés se

retrouve dans le modèle épisodique de Logan (1988). Pour lui un traitement automatique implique soit une activation élémentaire de dimensions isolées soit une réactivation en parallèle de plusieurs dimensions. L'automatisation est vue comme un renforcement progressif d'associations entre différents composants et ces renforcements créent des unités mnésiques élaborées qui sont réactivables en l'état. Les traitements automatisés sont différents des traitements contrôlés qui nécessitent la construction de nouveaux schèmes d'action (Barsalou, 1999). Le focus attentionnel serait responsable de la capacité limitée en mémoire de travail (Cowan, 2008). Il faut souligner que dans ce modèle le central exécutif est défini non pas comme une structure spécifique mais comme une somme de processus mentaux.

3.2.2 Le modèle d'Engle et collaborateurs (1992, 1999, 2002)

Le modèle proposé par Engle et *al.* (1992, 1999, 2002) et Cantor et Engle (1993) est un modèle de capacité générale de mémoire de travail, proposé dans le but de rendre compte des différences individuelles en mémoire de travail. La mémoire de travail est conçue comme une capacité unique mise en œuvre à chaque traitement temporaire de l'information et cela pour une grande variété de tâches cognitives. Le modèle d'Engle, Kane et Tuholski (1999) (figure 15) propose une définition différente de celle de Cowan (1988, 2005) qui repose sur les mécanismes mis en œuvre dans la mémoire de travail. Comme pour les autres modèles d'activation, la mémoire de travail correspond à une partie activée de la mémoire à long terme et est composée de traces mnésiques stockées en mémoire à long terme qui sont activées au-delà d'un certain seuil d'activation. L'activation est décrite comme une ressource limitée se partageant automatiquement entre les concepts activés. Dans ce modèle, l'activation n'est pas conçue en termes de tout ou rien. Engle et *al.* (*ibid.*) décrit un niveau d'activation propre à chaque concept, qui est caractérisé par un seuil (le niveau critique). Les concepts ont donc des niveaux d'activation qui leurs sont propres. La capacité de la mémoire de travail se définit exclusivement en référence à la capacité de contrôler l'attention et de faire face à des situations distractives et interférentes. En ce sens, les processus attentionnels contrôlés tels qu'ils sont décrits dans ce modèle sont comparables au SAS de Norman et Shallice (1980). Dans le modèle d'Engle et *al.* (*ibid.*) les traitements sont considérés comme relevant de la mémoire de travail seulement s'ils nécessitent un contrôle attentionnel et comme les contrôles attentionnels sont limités, la mémoire de travail a en conséquence une capacité limitée. Ce

modèle ne pose pas de limitation en terme de stockage, ni de spécificité lors des étapes de codage des informations en fonction de leur modalité.

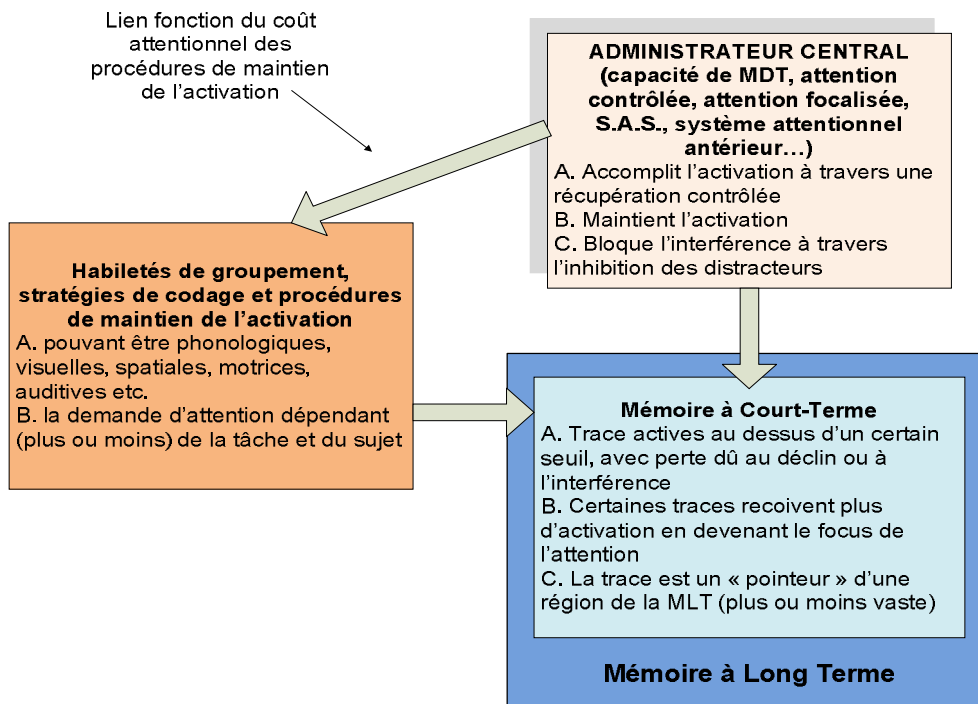


Figure 15: représentation schématique du modèle d'Engle, Kane et Tuholski (1999).

→ **Synthèse**

Les modèles d'activation décrits ci-avant défendent une conception radicalement différente de celle de Baddeley (1986, 2000). Au lieu d'être considérée comme une entité à part dans le système cognitif général, la mémoire de travail est décrite comme une zone activée de la mémoire à long terme. Dans ces modèles, la capacité limitée de stockage n'existe pas puisque la mémoire de travail n'est pas une structure spécifique ; en revanche la capacité de traitement limitée serait liée aux caractéristiques de l'activation inhérente à la mémoire à long terme. Il existerait donc une capacité unique générale de traitement. La mémoire de travail est considérée comme une portion d'unités activées en mémoire à long terme et non comme un registre mnésique à part entière.

Les modèles de Cowan (ibid.) et d'Engle et *al.* (ibid.) ont inspiré le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) abordé dans le paragraphe suivant.

3.3 Le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002)

Cette approche nouvelle de la mémoire dérivée des modèles à traces multiples, mais aussi en accord avec une approche connexionniste et distribuée du fonctionnement cognitif, attribue un rôle central aux mécanismes mnésiques. Pour Versace, Nevers et Padovan (2002), ces mécanismes sont principalement l'activation et l'intégration. Cette modélisation de la mémoire qui se démarque des perspectives traditionnelles décrit les connaissances comme des états de mémoire. Ces états de mémoire n'ont pas de véritable existence en mémoire à proprement parler il s'agit en réalité de propriétés émergentes du système neuronal qui n'existent 'que dans le cadre des interactions entre le sujet et son environnement'. Les connaissances et les transformations de ces connaissances correspondent à des états particuliers d'un système mnésique unique, le cerveau comprenant de multiples composants interconnectés dans une architecture spécifique.

3.3.1 Description du modèle

Versace, Nevers et Padovan (2002) ont voulu proposer un modèle de mémoire ou plutôt une architecture de la mémoire, non pas comme 'quelque chose' de défini mais plutôt comme une direction à prendre à l'heure actuelle, lorsque l'on désire étudier la mémoire. Ils proposent une liste des contraintes architecturales à respecter pour qu'un modèle de mémoire puisse apparaître pertinent. Pour Versace et *al.* (ibid.), il faut que l'architecture de la mémoire soit capable de conserver et de récupérer des traces spécifiques, de rendre compte du caractère multidimensionnel des connaissances, mais aussi de la diversité ou de la variabilité des connaissances, ainsi que des mécanismes rattachés aux systèmes de mémoire sensorielle, à court terme et à long terme et pour finir, avoir une plausibilité biologique. Les auteurs ne prétendent pas au caractère exhaustif de cette liste, mais essaient plutôt de définir des caractéristiques qui leur semblent essentielles et principales. Afin de répondre à ces caractéristiques, Versace et *al.* (2002) proposent une architecture de la mémoire épisodique, multidimensionnelle et distribuée (figure 16). Leur cadre théorique se présente comme un système mnésique unique : une mémoire unique constituée de composants interconnectés. Les traces mnésiques stockées ne sont pas considérées comme localisées et indépendantes les unes des autres mais comme distribuées sur un ensemble de composants, que les auteurs nomment

‘modules’. Chaque module (il ne s’agit pas de modules dans le sens Fodorien⁸, mais de modules représentationnels) code de manière distribuée les différentes caractéristiques et dimensions élémentaires des expériences associées aux traces. Dans ce système, les dimensions sont majoritairement motrices, sensorielles et émotionnelles. Les différents traits codés dépendent de nos expériences passées. Une trace peut être constituée à partir d’une seule dimension mais en général, l’intégration de plusieurs dimensions est nécessaire pour constituer des traces unifiées. Les traces des expériences relèvent d’une synchronisation d’activations au sein des modules ; elles ne sont pas un copier-coller d’une expérience mais sont plutôt vues comme une schématisation ou une abstraction de l’expérience. Elles sont le reflet des états du système nerveux engendrés par les situations auxquelles les sujets sont confrontés.

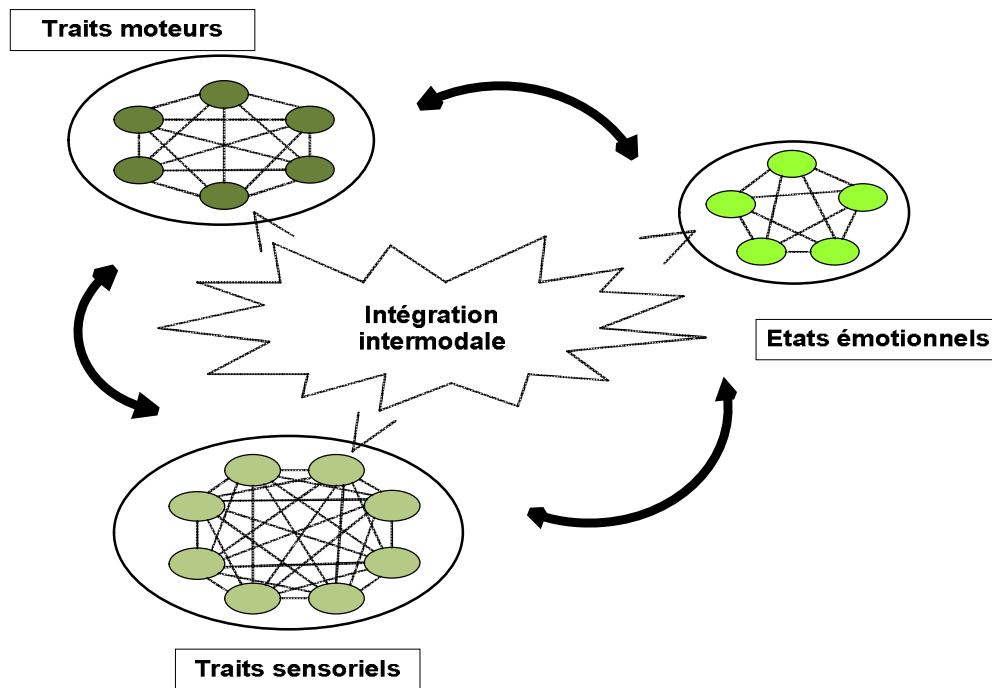


Figure 16. Ebauche architecturale d’un modèle de mémoire épisodique, multidimensionnelle et distribuée Versace et al. (2002).

L’architecture de ce modèle respecte les propriétés du système physique dans lequel il est implémenté, c’est-à-dire le cerveau et dont une de ses spécificités est la plasticité

⁸ Selon Fodor, les systèmes périphériques sont spécialisés dans un domaine particulier, la position fodorienne consiste à limiter l’impénétrabilité cognitive des modules au seul traitement des stimuli.

neuronale. Autrement dit, les propriétés des réseaux se modifient par l'expérience. Comme le soulignent les auteurs, la plasticité neuronale est une propriété de l'ensemble du cerveau. Il est alors difficile de différencier des zones corticales spécifiques à la mémoire, d'autres zones non mnésiques responsables de traitements de la motricité ou de traitements sensoriels par exemple. Une autre spécificité neuronale est la connectivité. En d'autres termes, les neurones sont reliés entre eux aussi bien sur des distances courtes que sur des distances longues. Ces connexions permettent une transmission rapide et quasi-simultanée des signaux dans différentes zones du cerveau. Un point important à souligner est que cette connectivité est partielle (connexions plus importantes au sein d'un ensemble localisé de neurones), ce qui permet un codage plus diversifié et adapté qu'un système complètement connecté.

Pour Versace et *al.* (ibid.), une telle architecture de la mémoire permet au système cognitif d'être associé à une grande diversité de représentations chacune étant symbolisée par un état spécifique de population de neurones et résulte de l'activité de plusieurs milliers de neurones.

L'architecture du modèle proposé par Versace et *al.* (2002) permet la description de connaissances multidimensionnelles, du fait du codage et des traitements réalisés par des groupes de neurones.

3.3.2 Nature des composants

La nature des connaissances dans le modèle de Versace et *al.* (2002) diffère de celle des modèles computo-symboliques de la mémoire. En effet, contrairement à ce qui est avancé dans les modèles structuraux, les connaissances ne sont pas considérées comme amodales. L'idée de représentations amodales a fait l'objet de critiques dans la littérature, notamment concernant le mécanisme de transduction et de son inverse qui n'a jamais été décrit de manière verbale ni formalisé. D'un point de vue neuronal, aucun argument solide ne témoigne de l'existence de ces mécanismes (Barsalou, 1999). Versace et *al.* (ibid.) pensent que les connaissances sont essentiellement d'origine sensori-motrices, c'est à dire de représentations qui seraient des enregistrements des patrons d'activation des systèmes neuronaux associés à des expériences sensori-motrices. Cette conception est défendue par plusieurs auteurs (Barsalou, *ibid.* ; Bastien, 1997 ; Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004 ; Clement, 2009 ; Glenberg, 1997 ; Inhelder & Cellerier, 1992). Les connaissances sont également décrites comme situationnelles car elles reflètent des situations passées et présentes qui conditionnent

le contenu des traces activées (Versace et *al.*, *ibid.*). Si l'on part de l'idée que les représentations sont fortement rattachées aux expériences, elles doivent alors également garder, en plus des propriétés des objets, des propriétés situationnelles (dans lesquelles, les objets sont rencontrés). Dans la littérature, cette hypothèse est défendue par Yeh et Barsalou (2001). Ces derniers défendent l'idée que les informations situationnelles seraient stockées avec les concepts et s'activeraient mutuellement. Les informations concernant la situation interviendraient lorsque la familiarité du stimulus cible n'est pas suffisante pour permettre un traitement optimum sans recours aux connaissances situationnelles et conceptuelles s'y rapportant. Enfin, la représentation d'un concept varierait en fonction des situations. Versace et *al.* (2002) adoptent ce point de vue et conçoivent des connaissances qui sont toujours créées et recréées à partir des interactions entre l'individu et son environnement. Les connaissances résulteraient donc de propriétés situationnelles objectives mais également des expériences antérieures des sujets ainsi que de leurs objectifs lors de l'épisode de traitement et de leurs états émotionnels. Les connaissances n'existent que dans le cadre d'interactions entre le sujet et son environnement. Les connaissances sont de ce fait considérées comme fonctionnelles. Les auteurs défendent également l'idée que le rôle des émotions est central. Selon eux, le fonctionnement cognitif débute dès les premiers traitements sensoriels et ces activations sensorielles permettraient l'émergence d'une première forme de représentation émotionnelle. Ces représentations émotionnelles seraient dans un premier temps sous une forme plutôt 'affective' car elles correspondraient à des patrons neurophysiologiques automatiques et rapides, induits par les stimuli. L'affect est souvent défini comme un état émotionnel motivationnel résultant de l'activation de patrons neurovégétatifs associés à des états du corps (agréables / désagréables) d'un sujet à un moment donné. L'affect est toujours en rapport avec un objet. L'émotion, au contraire, ne serait pas uniquement liée à des modifications neurovégétatives mais correspondrait plus à un état mental résultant de l'environnement du sujet (Bower, 1981 ; Russel & Feldman-Barrett, 1999). Les connaissances émotionnelles seraient donc multidimensionnelles car elles intègrent de multiples aspects de la situation. Plusieurs modélisations des états émotionnels ont été proposées : le modèle de Bower (1981), le modèle du Circumplex (Russel & Feldman Barrett, 1999), ou encore les travaux de Ekman (1984), Scherer (1997), Ledoux (1989, 1994, 1995) avec un modèle anatomo-physiologique et ceux de Damasio (1995) avec sa théorie des 'marqueurs somatiques'.

Dans le modèle de Versace et *al.* (2002) l'émotion joue également un rôle dans les mécanismes d'émergence des connaissances, en tant que marqueurs de trace. Ce point est développé dans le paragraphe suivant.

3.3.3 Émergence et récupération des connaissances

La position de Versace et *al.* (2002) sur l'activation et la construction des traces diffère de celle des modèles à traces multiples classiques de la mémoire dans lesquels les mécanismes d'activation et de construction sont décrits comme simultanés et indépendants. Dans le modèle évoqué ici, il n'existe pas forcément cette dissociation. Le mécanisme de construction d'une trace est la conséquence à long terme de l'activation de traces mnésiques. Les mécanismes (activation et intégration) qui rendent compte de l'émergence des connaissances ne sont pas nouveaux mais c'est le rôle qui leur est attribué qui l'est. Pour les auteurs, la confrontation avec un objet issu de l'environnement est censée dans un premier temps activer des structures qui codent les composants sensoriels des objets (figure 16). Ces premières activations sont suivies extrêmement rapidement d'autres activations unimodales sensorielles mais aussi motrices et émotionnelles en rapport avec les autres composants des objets. Ces activations précoces unidimensionnelles sont ensuite progressivement intégrées, synchronisées, permettant un accès (en cascade) à des connaissances de plus en plus élaborées et complexes (multidimensionnelles) en rapport avec l'objet présent.

Ces mécanismes d'activations et d'intégrations modifient l'état de la mémoire. Ces modifications à long terme correspondent à l'encodage. Dans cette approche, l'encodage ne se résume pas à de nouvelles traces qui se rajoutent, mais à des modifications plus globales du système mnésique, c'est-à-dire de traces déjà existantes. Une trace n'est pas la copie exacte d'une expérience mais plutôt la marque au niveau du système nerveux des modifications dues à l'impact d'une expérience.

La récupération des traces conservées en mémoire correspond aux états du système nerveux dans les situations auxquelles les sujets sont confrontés (états correspondant aux connaissances récupérées en mémoire). Pour Versace et *al.* (*ibid.*), la récupération correspond à ce qui va émerger de l'action du système dans son ensemble et non pas à une trace spécifique. Il n'y a que peu de différence fondamentale entre des connaissances spécifiques de type souvenir et des connaissances plus catégorielles ; un souvenir correspond à un état proche d'un état antérieur et résulte de l'activation d'un nombre limité de traces. Une

connaissance catégorielle a elle, moins de chance d'être similaire à un état antérieur car elle reflète en général de multiples traces antérieures. L'émergence des connaissances par réactivation de traces pose toutefois question. En effet, comment réussissons-nous à récupérer une trace spécifique ou un souvenir précis parmi l'ensemble des autres traces ? Parmi les mécanismes susceptibles de spécifier les traces, les auteurs évoquent le contexte situationnel et les émotions. L'émotion joue donc un rôle majeur dans le marquage de la trace facilitant la récupération d'un souvenir car elle serait un des marqueurs potentiels des traces. Pour tester cette hypothèse que l'émotion jouerait un rôle important dans les mécanismes d'intégration en mémoire, en facilitant la mise en relation des multiples composants d'une expérience et ainsi rendre la trace plus unitaire, Versace et Rose (2007) réalisent une expérience. Lors de la première phase, les auteurs présentent aux sujets des couples image/son et la tâche consiste à juger le degré de congruence entre les deux. Chacun de ces couples est précédé d'images (temps de présentation 3 secondes) à valeur neutre ou négative. Lors de la deuxième phase, les sujets sont de nouveau confrontés aux images qu'ils ont déjà vues lors de la première phase. Les sons présentés lors de cette phase test sont soit les mêmes que lors de la phase d'apprentissage soit différents et les sujets devaient répondre le plus vite possible par 'oui' si le son et l'image correspondaient, ou par 'non' si le son et l'image ne correspondaient pas. Les résultats montrent des temps de réaction élevés pour une image avec un son différent de celui de la phase d'apprentissage, lorsque l'image présentée au préalable était à valence négative. Aucun résultat statistiquement significatif n'est apparu, concernant l'image neutre. Pour les auteurs, l'induction négative a eu comme effet de renforcer le lien entre l'image et le son.

—————→ **Synthèse**

Le modèle de Versace et *al.* (2002) diffère des modèles épisodiques à traces multiples classiques concernant la notion d'indépendance des traits. Dans leur modèle, il s'agit de traces distribuées. Lors d'un épisode de traitement la construction d'une nouvelle trace ne se fait pas indépendamment de celles déjà préexistantes. Versace et *al.* (*ibid.*) ne sont pas les premiers auteurs à évoquer des traces composites et distribuées. Murdock (1982), Metcalfe (1991) ont proposé des modèles néo-connexionnistes⁹ et Mc Clelland et Rumelhart (1986) des modèles

⁹ le néo-connexionnisme : modèle qui décrit la mémoire sous forme de matrices ou de vecteurs d'informations (Tiberghien, 1997).

connexionnistes¹⁰. Mais le modèle de Versace et *al.* (*ibid.*) est intéressant car les auteurs ont voulu contraindre l'architecture de la mémoire à une plausibilité biologique, c'est-à-dire respectant les propriétés cérébrales (plasticité et connectivité). Pour eux, les connaissances sont considérées comme sensorimotrices, situationnelles, fonctionnelles et émotionnelles et le rôle attribué aux émotions est central aussi bien dans le processus mis en œuvre lors du stockage que lors de l'émergence des connaissances. Cette conception rejoint en outre celle de Damasio (1995). « Les représentations, les transformations de ces représentations, les comportements et les connaissances émergent des représentations, mais aussi les expériences conscientes des individus, peuvent être décrits en termes d'états successifs d'un système mnésique. » (Versace et *al.*, 2002, p. 141). La mémoire serait constituée d'informations élémentaires ne pouvant plus être décomposées (le niveau minimal de décomposition demeure une question en débat) et ce ne serait que lors du traitement d'une information que certains constituants de la 'base mnésique' correspondant aux dimensions élémentaires de cette information seraient activés. Ces différentes dimensions seraient ensuite intégrées, assemblées ; il s'agit de la reconstruction d'une trace correspondant plus ou moins à l'information initiale. L'accès aux informations en mémoire ne se ferait donc pas par activation de l'information elle-même, mais par activation de plusieurs dimensions et par reconstruction. La mémoire n'est pas un système passif ; c'est en inter-agissant avec le monde que nous construisons, transformons nos traces en mémoire.

La conception théorique de la mémoire défendue dans ce travail de recherche étant posée il convient dorénavant d'aborder le traitement des informations visuo-spatiales. Nous proposons une conception différente du traitement des informations visuo-spatiales, passant d'une mémoire visuo-spatiale à l'idée d'un traitement visuo-spatial des informations. Ce changement épistémologique induit un des objectifs de ce travail de recherche qui est de définir les traitements cognitifs (visuo-spatiaux) mis en œuvre lors d'une épreuve ou d'une activité mentale qui nécessite un recours à des informations visuo-spatiales. Ce point soulève deux questions : quels sont les déficits visuo-spatiaux dans le vieillissement cognitif et quelles sont les bases neurologiques et neurophysiologiques de l'information visuo-spatiale ? Les paragraphes suivants traitent respectivement du vieillissement cognitif et des aspects neuro-anatomiques des traitements visuo-spatiaux.

¹⁰ connexionnisme : champ de recherche ayant pour objet la modélisation et la simulation de réseaux d'unités élémentaires de traitement de l'information en interconnexion (Tiberghien, 1997).

3.4 Vieillessement cognitif

Une des caractéristiques des sociétés occidentales sur le plan démographique est le vieillissement de la population. Comme le souligne Amouyel (2008), ce vieillissement global de la population s'accompagne d'une augmentation de maladies chroniques de toutes natures. Parmi ces pathologies on retrouve notamment les maladies neurodégénératives qui occupent et occuperont davantage dans l'avenir une place centrale du fait de leur impact tant sur le plan économique que social. Une des affections neurodégénératives les plus répandues (30 à 50% de l'ensemble des syndromes démentiels) est la maladie d'Alzheimer qui se présente donc comme un problème de santé publique. Il apparaît donc oh combien essentiel de mieux la comprendre afin de la détecter et de la prendre en charge le plus précocement possible. Parmi les éléments permettant un diagnostic de cette pathologie, les aspects cognitifs occupent une position centrale. En effet, le vieillissement normal ou pathologique s'accompagne de modifications caractérisées par des difficultés ou des déficits touchant le fonctionnement cognitif dont principalement celui mnésique. Le modèle contemporain du vieillissement qu'il soit normal ou pathologique s'inscrit dans l'approche computo-symbolique du fonctionnement cognitif et les effets de celui-ci y sont décrits sur les différents systèmes de mémoire. Dans ce chapitre nous avons défini l'approche de la mémoire que nous défendons, la mémoire comme un système unitaire qui s'oppose à la vision structuraliste. Une question se pose alors : comment l'approche unitaire de la mémoire, et plus particulièrement celle défendue par Versace, rend-elle compte du vieillissement et des déficits cognitifs associés ?

3.4.1 Vieillessement et modèle de Versace et al. (2002)

Comme nous l'avons détaillé précédemment, le modèle de Versace et al. (ibid) définit deux mécanismes principaux, l'activation et l'intégration et place les aspects sensoriels au cœur des connaissances de la mémoire. Les auteurs proposent de rendre compte du vieillissement cognitif et des déficits mnésiques comme la répercussion d'une altération sensorielle. Plus précisément, une altération primaire des sens aurait pour conséquence un appauvrissement de la trace, du souvenir, rendant ainsi la reviviscence moins vivace. Ainsi une altération multisensorielle et multidimensionnelle, rendrait compte d'une perturbation mnésique affectant les classiques aspects épisodiques de la mémoire ; les sujets auraient des difficultés tant pour créer de nouvelles traces que pour les récupérer entièrement. Le

vieillessement normal est caractérisé par une altération sensorielle (Gussekloo, De Craen, Oduber, Van Boxtel & Westendorp, 2005) mais l'intégration multisensorielle est préservée (Delbeuck, Collette & Van der Linden, 2007). Dans le vieillissement pathologique de type Alzheimer, l'altération sensorielle serait similaire à celle du vieillissement normal mais contrairement au vieillissement normal, l'intégration multisensorielle serait altérée (Delbeuck et *al.*, *ibid.*). Les hypothèses proposées par Versace et *al.* (*ibid.*) diffèrent ainsi de celles du modèle actuel dominant concernant le vieillissement pathologique mais comme le souligne Vallet (2008), ces hypothèses n'ont pas fait l'objet d'applications expérimentales nombreuses sur des problématiques neuropsychologiques. Un des objectifs de ce travail de recherche est d'analyser et d'interpréter les résultats d'un problème neuropsychologique classiquement évalué sur du matériel visuo-spatial (les blocs de Corsi, Corsi, 1972) en accord avec les hypothèses avancées par Versace et *al.* (*ibid.*), et permettant d'apporter des arguments en faveur de l'approche système unique de la mémoire.

3.4.2 Vieillessement et déficits visuo-spatiaux

3.4.2.1 L'approche structuraliste et le calepin visuo-spatial

En accord avec les courants cognitivistes actuellement dominants, les déficits visuo-spatiaux, que ce soit dans le vieillissement normal ou pathologique sont décrits en terme de déficits du calepin visuo-spatial.

3.4.2.1.1 Le vieillissement normal

Les études qui se sont intéressées au vieillissement normal et au registre visuo-spatial montrent des performances plus déficitaires pour les sujets âgés que pour les sujets jeunes (Bruyer & Scalquin, 1999 ; Feyereisen & Van Der Linden, 1992 ; Salthouse, 1994). Jenkins, Myerson, Joerding et Hale (2000) ont également montré que les sujets âgés ont des performances plus basses dans les épreuves testant le registre visuo-spatial par rapport à des épreuves mettant en œuvre la boucle phonologique. Dans une étude testant les effets de l'âge sur l'apprentissage d'épreuves de supra-span verbales et visuo-spatiales (les épreuves de supra-span consistent à maintenir de l'information en mémoire à long terme), Turcotte, Gagnon et Poirier (2005) mettent en évidence un effet de l'âge mais uniquement pour le matériel visuo-spatial inspiré de l'épreuve de Corsi (1972). Les performances avec du matériel visuo-spatial sont considérablement réduites chez les sujets âgés par rapport au groupe de sujets jeunes alors qu'aucune différence n'apparaît avec du matériel verbal. Rowe,

Hasher et Turcotte (2008) ont testé des sujets âgés sains et des sujets jeunes dans une version informatisée des blocs de Corsi. Leurs résultats mettent en évidence des performances plus faibles pour le groupe de sujets âgés.

Globalement, l'avancée en âge réduit les performances dans des épreuves mesurant les capacités visuo-spatiales.

3.4.2.1.2 Le vieillissement pathologique

Les études portant sur le calepin visuo-spatial et la maladie d'Alzheimer mettent en évidence des performances déficitaires. Les études qui ont utilisé l'épreuve des blocs de Corsi montrent des déficits dans la résolution de cette épreuve visuo-spatiale (Cantone, Orsini, Grossi & De Michèle, 1978, cités par Morris, 1994 ; Carselino, Fadda, Sabbadini & Catagirone, 1996 ; Grossi et *al.*, 1993; Orsini, Trojano, Chiacchio & Grossi, 1988 ; Spinner, Della Sala, Bandera & Baddeley, 1988 ; Trojano, Chiacchio, De Lucas, Fragassi & Grossi, 1994). Sullivan, Corkin et Growdon (1986, cités par Lezak, Howieson & Loring, 2004) obtiennent des performances moyennes (empans visuo-spatiaux directs) de 4,4 pour des sujets Alzheimer à un stade léger et modéré de la maladie alors que celles des sujets contrôles sont de 5,5. L'évaluation de sujets Alzheimer à un stade sévère de la maladie montre des empans visuo-spatiaux moyens de 2,5 (Corkin, 1982, cité par Lezak et *al.*, 2004).

Toutes les études évoquées précédemment montrent des déficits en mémoire de travail visuo-spatiale dès le début de la maladie d'Alzheimer à l'exception d'une étude menée par Guariglia (2007). Dans cette étude l'auteur teste des sujets Alzheimer légers et modérés ainsi que des sujets contrôles sains aux parcours directs des blocs de Corsi. Les résultats obtenus diffèrent entre le groupe Alzheimer modéré et le groupe contrôle mais aucune différence significative n'apparaît entre le groupe Alzheimer léger et le groupe contrôle. Pour Guariglia (*ibid.*), ces résultats traduisent des déficits en mémoire de travail visuo-spatiale uniquement pour le stade modéré de la maladie d'Alzheimer. Pour l'auteur, les sujets Alzheimer à un stade initial pourraient avoir des capacités normales en mémoire de travail visuo-spatiale.

D'autres études montrent également des déficits à la tâche de Wilson (épreuve visuo-spatiale en présentation simultanée) (Ergis, Van Der Linden, Boller, Degos & Grossi, 1995 ; Grossi et *al.*, 1993 ; Trojano, Chiacchio, De Lucas & Grossi, 1994). Collette, Van Der Linden, Poncelet et Pasquier (1998) ont montré que contrairement aux sujets âgés sains, les performances des patients Alzheimer ne sont pas améliorées lors d'une épreuve visuo-spatiale simultanée comparativement à une épreuve visuo-spatiale séquentielle.

Toutes ces études mettent en évidence des déficits dans les épreuves visuo-spatiales chez des patients atteints de la maladie d'Alzheimer mais la nature des déficits n'est à ce jour toujours pas clairement identifiée. Ergis et *al.* (1995) formulent l'hypothèse d'un défaut des capacités de codage visuo-spatial dans la maladie d'Alzheimer. Logie et Marchetti (1991, cités par Collette & Van Der Linden, 2005) font l'hypothèse que les déficits concernant le registre visuo-spatial seraient consécutifs à des déficits de l'administrateur central en raison de la composante attentionnelle élevée dans les épreuves visuo-spatiales.

Que ce soit dans le vieillissement normal ou dans le vieillissement pathologique, la nature des déficits dans les épreuves censées tester le calepin visuo-spatial reste mal comprise. Là encore, les modèles multi-systèmes sont en difficultés pour expliquer la nature des déficits visuo-spatiaux rencontrés. Dans l'approche unitaire de la mémoire, les déficits visuo-spatiaux ne peuvent s'expliquer par des déficits du calepin visuo-spatial (sous-composant d'un modèle computo-symbolique). Le point suivant tente de proposer une autre conception des déficits visuo-spatiaux rencontrés lors du vieillissement normal et pathologique en accord le modèle de Versace et *al.* (*ibid.*).

3.4.2.2 Approche unitaire et déficits visuo-spatiaux

En accord avec les hypothèses émises par Versace et *al.* (*ibid.*), nous proposons de définir les déficits visuo-spatiaux en terme de déficits des mécanismes d'activation et d'intégration. Plus précisément, lors du vieillissement normal, l'altération sensorielle rendrait compte des déficits lors d'épreuve visuo-spatiale par rapport à des sujets plus jeunes et l'altération sensorielle associée au déficit d'intégration multisensorielle pour la maladie d'Alzheimer expliquerait les déficits visuo-spatiaux inhérents à cette pathologie.

Dans l'objectif de remettre en cause l'approche computo-symbolique et ses interprétations en terme de déficits du calepin visuo-spatial, il nous a semblé pertinent d'utiliser comme tâche expérimentale, une épreuve classique d'empan. En effet, les tâches d'empan sont des épreuves caractéristiques des approches structuralistes par le fait qu'elles mesurent une quantité d'informations considérée comme un invariant cognitif du sujet. Proposer une autre analyse de telles épreuves non plus en termes quantitatifs mais fonctionnels est selon nous, un argument validant l'approche unitaire de la mémoire. Pour ces différentes raisons, nous avons choisi l'épreuve des blocs de Corsi (Corsi, *ibid.*). A contrario de l'analyse classique dont l'objectif est de « mesurer » des empan visuo-spatiaux, nous

considérons que cette épreuve permet l'analyse de processus visuo-spatiaux résultant des mécanismes d'activation et d'intégration (Versace et *al.*, *ibid.*). Lorsqu'un sujet est confronté à une situation (épisode de traitement) de nature visuo-spatiale pour les blocs de Corsi, différentes aires cérébrales sont activées traitant les informations pertinentes. L'intégration rend cohérentes ces différentes dimensions activées (nombre de cubes, condition directe ou indirecte, nombre de croisements) dans le but de former une trace (représentation) unifiée permettant la mise en œuvre d'un traitement visuo-spatial.

Le choix de l'épreuve des blocs de Corsi soulève par ailleurs, une question théorique. Les blocs de Corsi sont-ils une épreuve purement mnésique ou une épreuve de résolution de problème, les deux processus ne pouvant être considérés comme identiques ? Une activité de résolution de problème permet la construction d'un espace problème (effectif et sémantique, Richard, 2004) permettant le transfert de connaissances, des retours en arrière ou encore l'exploration des caractéristiques de la situation pour trouver la solution. L'épreuve des blocs de Corsi ne s'inscrit pas dans ce cadre de résolution de problème au sens large. Toutefois, nous considérons que définir cette épreuve comme une simple épreuve de mémoire est réducteur. Les blocs de Corsi nous apparaissent effectivement faire intervenir des processus mnésiques mais également la mise en œuvre de traitements visuo-spatiaux. De ce fait, nous proposons de considérer cette épreuve comme une activité de résolution de problème 'simple', ne nécessitant pas de planification contrairement aux activités de résolution de problèmes complexes tels que la tour de Hanoi ou encore le problème des jarres de Luchins pour ne citer qu'eux.

3.5 Traitements visuo-spatiaux et anatomie fonctionnelle

3.5.1 Données neurophysiologiques

Cette partie est dédiée aux traitements visuels. Nous insistons plus particulièrement sur le traitement cérébral de l'information visuelle avec la description de la voie ventrale et de la voie dorsale.

La perception visuelle s'appuie sur un organe récepteur périphérique ; l'œil, dont les cellules de la rétine transmettent aux aires corticales les informations perçues. Décrire plus en

détail les différents organes inhérents aux traitements visuels n'est pas notre objectif central. En revanche, il est important de détailler les voies visuelles.

En neurophysiologie la perception n'est pas décrite comme une action unique de l'œil (stimulus perçu) vers les aires de traitements cérébraux. Il s'agit au contraire d'un fonctionnement cérébral en boucle où se combinent deux types de voies, les voies efférentes et les voies afférentes (figure 17).

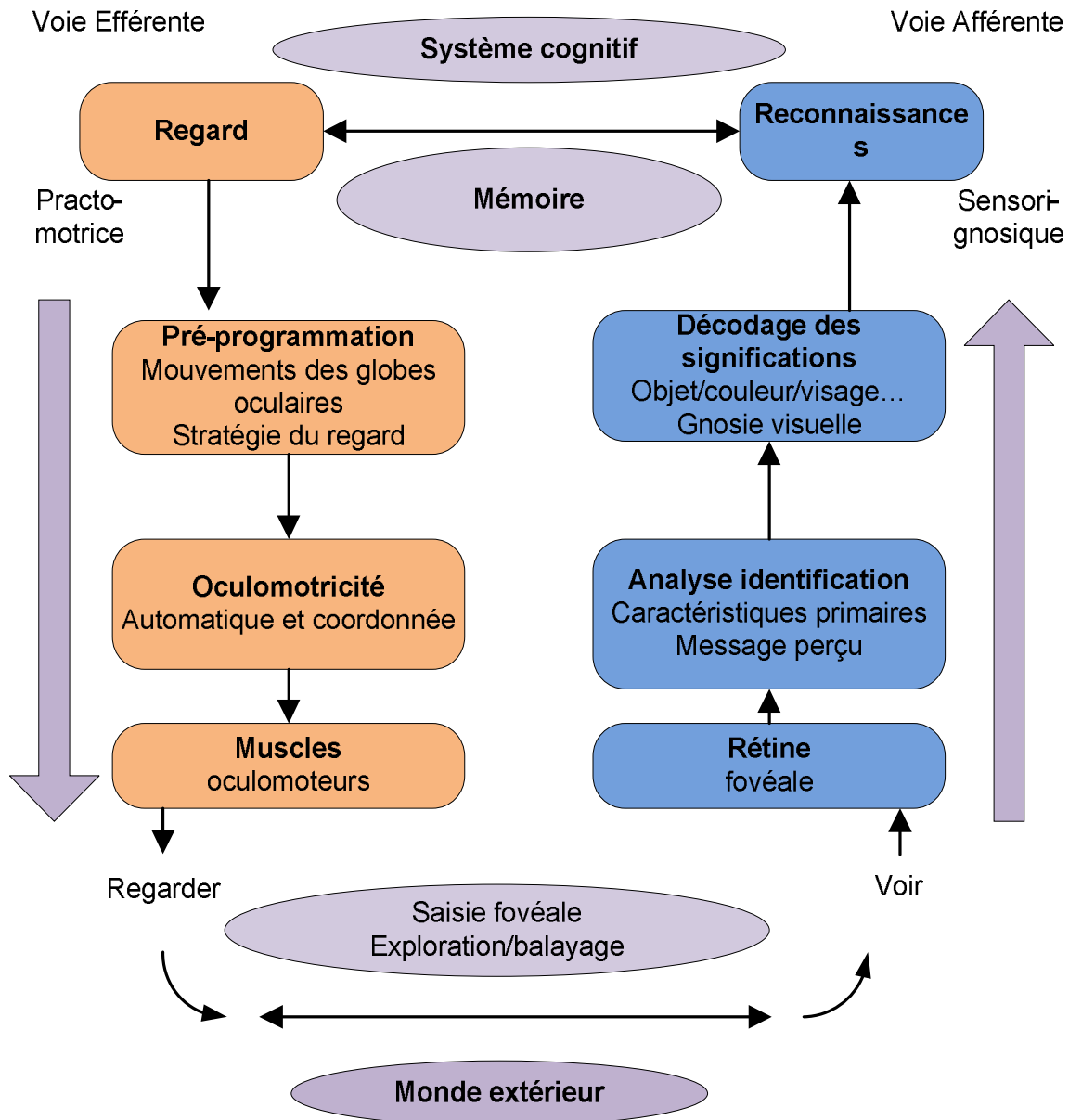


Figure 17 : Représentation schématique de l'organisation fonctionnelle des voies visuelles (Mazaux, 1997).

Les voies efférentes également appelées practo-motrices permettent de mettre en œuvre des stratégies de recherche visuelle opérantes, de types déplacements oculomoteurs qui peuvent

être des poursuites, des fixations, des explorations, des mouvements de la tête ou de l'ensemble du corps. Cette voie permet d'aller chercher les informations cibles mais également de positionner le regard pour que les stimuli puissent se projeter sur la zone maculaire de la rétine. Les voies afférentes ou sensori-gnosiques permettent le décodage des informations projetées sur la rétine. Les influx émis par les cellules de la rétine sont alors transmis jusqu'aux aires cérébrales primaires situées au niveau du lobe occipital (aire 17 de Brodmann) (annexe 2c) puis jusqu'aux aires associatives. Cette voie, après traitement approprié du cortex, permet au sujet de prendre conscience de ce qu'il voit.

Une déficience de l'une de ces voies entraîne des conséquences dans les mécanismes de la perception visuelle et a des conséquences sur le développement cognitif de ces sujets, telles qu'une dyspraxie visuo-spatiale, une agnosie ou encore un défaut d'élaboration des stratégies de recherche visuelle.

En s'appuyant sur les données anatomo-cliniques et sur la base de données neuropsychologiques, Milner et Goodale (1995) proposent une conception différente de la fonctionnalité des deux voies visuelles en évoquant la voie ventrale et la voie dorsale mise en évidence pour la première fois chez l'homme par Haxby et *al.* (1991, cités par Baron, 2008).

3.5.1.1 La voie ventrale

La voie ventrale représentée par une voie occipito-temporale (figure 18) relie le cortex strié aux aires pré-striées et aux cortex inféro-temporaux. Cette voie semble préférentiellement impliquée dans le traitement de l'identification des objets et de leurs attributs comme la couleur, la forme ou encore la texture. On trouve aussi la voie ventrale sous le terme de la voie du « quoi » spécialisée dans la reconnaissance visuelle des formes (Tanaka, 1996, cité par Bullier, 1998).

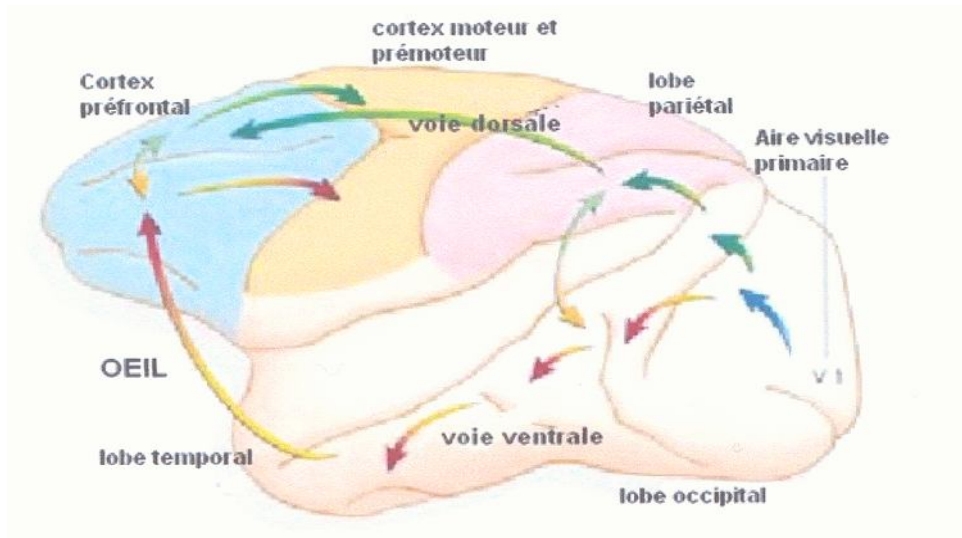


Figure 18. Représentation des voies de traitement dans le système visuel (Boussaoud, 1998).

3.5.1.2 La voie dorsale

La voie dorsale représentée par une voie occipito-pariétale (figure 18) relie le cortex strié à la partie postérieure du lobe pariétal. Cette voie est impliquée lors de tâches de coordination visuo-motrice, dans la perception d'objets en mouvement ou au cours du déplacement de l'individu dans son environnement (Bullier, 1998). On trouve également cette voie dorsale sous le nom de voie du « où ».

Dans l'épreuve des blocs de Corsi que nous décrivons ultérieurement c'est cette voie qui est considérée impliquée, puisque cette épreuve est une épreuve de localisation spatiale.

Il apparaît donc que la voie ventrale et la voie dorsale traitent des aspects différents des scènes visuelles mais ces différentes informations se rassemblent afin de permettre la construction d'une image riche et unifiée de l'environnement visuel.

3.5.2 Dysfonctionnement visuo-spatiaux et maladie d'Alzheimer

En 1995, Grady et Haxby testent ces différentes voies visuelles dans le vieillissement humain. Ils montrent que chez des sujets âgés sains comparés à des sujets jeunes sains il y a une activation plus faible du cortex strié et une activation supplémentaire du cortex préfrontal dorso-latéral gauche (aires 46 et 8 de Brodmann) (annexes 2d et 2a). Les auteurs font l'hypothèse de stratégies perceptives différentes avec le vieillissement. Dans une autre étude également réalisée en 1995, ces mêmes auteurs mettent en évidence des résultats similaires mais cette fois-ci entre un groupe de sujets âgés Alzheimer et un groupe de sujets âgés sains.

Les patients atteints de la maladie d'Alzheimer présentent une accentuation des effets normaux du vieillissement pour des tâches perceptives simples. Une explication proposée par Grady et Haxby (*ibid.*) est celle d'une probable compensation des altérations neurobiologiques liées à l'âge et à la maladie. Cette compensation impliquerait une réorganisation des circuits neuronaux et il en découlerait un ralentissement dans la vitesse des traitements perceptifs. Une telle réorganisation des réseaux neuronaux a également été proposée par Reuter-Lorenz et *al.* (2000, cités par Collette, Péters, Hogge & Majerus, 2007). Ils observent pour des tâches de mémoire de travail visuo-spatiale et verbale, des zones d'activations neuronales différentes entre leur groupe de sujets jeunes sains et leur groupe de sujets âgés sains. Pour les tâches verbales, les sujets jeunes activent spécifiquement le cortex préfrontal dorso latéral gauche et le droit pour des épreuves visuo-spatiales. Le groupe de sujets âgés présente une activation bilatérale du cortex préfrontal dorsolatéral pour les deux types d'épreuves.

Comme le souligne Charnallet (2006), les déficits visuo-perceptifs dans la maladie d'Alzheimer sont peu étudiés mais le peu d'études qui se sont intéressées à ces déficits montrent qu'ils sont fréquents et extrêmement variables (troubles sensoriels de bas niveau, déficits des processus perceptifs précoces et intermédiaires) (Done & Hajilou, 2005 ; Funnel, 2000 ; Grossman & Mickanin, 1994 ; Hajilou, Done & Gale, 2000 ; Laatu, Revensua, Jäykkä, Portin & Rinne, 2003 ; Mendez, Mendez, Martin, Smyth & Whitehouse, 1990). Les déficits visuels dans la maladie d'Alzheimer toucheraient essentiellement la perception visuelle et beaucoup moins les habiletés visuo-spatiales (Kurylo, Corkin, Rizzo & Growdon, 1996). On retrouve plusieurs études qui ont voulu mettre en évidence les zones neuronales impliquées dans les dysfonctionnements visuo-spatiaux rencontrés dans cette maladie. Buck, Black, Berhrmann, Caldwell et Bronskill (1997) mettent en avant au moyen d'une technique d'imagerie de SPECT¹¹ le rôle du lobe pariétal dans les processus visuo-spatiaux. Ils testent des sujets Alzheimer dans une épreuve d'attention visuelle dérivée du paradigme de Posner¹² (1980). A travers cette épreuve, ce sont les habiletés des sujets à engager leur attention entre des localisations spatiales et des identifications d'objets qui sont testées. Les auteurs émettent

¹¹ SPECT : L'enregistrement SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography ou TEMP en français) est une technique permettant d'obtenir des reconstructions d'images tridimensionnelles du débit sanguin cérébral

¹² paradigme de Posner : paradigme expérimental dont le but est d'étudier la façon dont l'attention visuelle s'oriente dans l'espace

l'hypothèse d'une spécialisation du lobe pariétal droit pour la localisation spatiale et d'une spécialisation du lobe pariétal gauche pour l'identification des objets. Leurs résultats montrent un profil cognitif déficitaire dans les traitements d'identification d'objets et dans ceux visuo-spatiaux pour les sujets Alzheimer. Fujimori et *al.* (2000) utilisent trois épreuves pour tester le système visuo-perceptif, une tâche de perception, une tâche de figures enchevêtrées et une tâche de discrimination de formes. Pour tester le système visuo-spatial, ils utilisent une tâche de comptage visuel. Ces différentes épreuves sont administrées à 49 sujets Alzheimer à un stade léger et modéré. Les résultats obtenus à l'aide de la TEP¹³ montrent que les perturbations visuo-spatiales sont corrélées à l'activité métabolique du lobe pariétal bilatéral et les perturbations visuo-perceptives corrélées à l'activité métabolique du lobe temporo-pariétal droit. Les résultats de cette étude mettent en évidence une altération du système visuo-perceptif et du système visuo-spatial dans la maladie d'Alzheimer. Pruvlovic et *al.* (2002) étudient l'activation cérébrale auprès de quatorze patients atteints de maladie d'Alzheimer lors d'une épreuve informatisée de discrimination d'angles pour tester les processus visuo-spatiaux. Les résultats obtenus à l'aide de l'IRMf montrent une activation du lobe pariétal supérieur, du lobe frontal, des régions temporo-occipitales, du cortex visuel primaire, des ganglions de la base et du thalamus. Les patients Alzheimer, comparés aux sujets du groupe contrôle, montrent une activation plus faible du cortex pariétal gauche et droit tandis que l'activité temporo-occipitale est plus élevée que celle du groupe contrôle. Pour les auteurs, les dysfonctionnements pariétaux présents dès un stade léger de la maladie seraient compensés par un surinvestissement de la voie ventrale. La voie occipito-temporale serait moins affectée que la voie pariétale dans la maladie d'Alzheimer.

Les études d'imagerie cérébrale décrites ci-dessus mettent en avant le rôle du lobe pariétal lors des traitements visuo-spatiaux et montrent des dysfonctionnements précoces des régions pariétales dans la maladie d'Alzheimer.

3.5.3 Le rôle de l'hippocampe

Comme nous l'avons évoqué en introduction de ce chapitre, la cognition spatiale comprend plusieurs habilités cognitives. En cognition spatiale on distingue les représentations égocentrées et les représentations allocentrées. Les représentations égocentrées sont des

¹³ TEP : tomographie par émission de positons

représentations mentales centrées sur le propre corps des sujets alors que les représentations allocentrées correspondent à des représentations mentales centrées sur l'environnement. L'épreuve des blocs de Corsi est une épreuve qui entre dans les représentations mentales de type allocentré. Plusieurs études décrivent que des lésions de l'hippocampe n'entraînent pas de déficit en mémoire spatiale égocentrée (Abrahams, Pickering, Polkey & Morris, 1997 ; Bohbot et *al.*, 1998). Dans ce type de représentations mentales il y aurait une forte implication du cortex pariétal et non de l'hippocampe. Des travaux en IRMf montrent également une implication des régions pariétales en référentiel spatial égocentré et une implication des régions temporales, dont l'hippocampe, en référentiel allocentré (Schmidt et *al.*, 2003). D'autres études ont mis en avant l'implication de l'hippocampe dans la mémoire topographique, dans les processus de mémorisation d'objets allocentriques et dans la connaissance de l'environnement spatial (Bohbot et *al.*, 1998 ; Maguire, Burke, Phillips & Staunton, 1996).

Les études évoquées ci-dessus concernent la cognition humaine mais d'autres études portant sur la cognition animale ont également montré une implication de l'hippocampe dans les représentations spatiales (e.g. O'Keefe et Nadel, 1978). Celui-ci agirait en étroite relation avec le cortex pariétal associatif. En effet, alors que jusque dans les années 90, l'hippocampe était considéré comme le substrat neuro-anatomique de la mémoire spatiale, l'implication du cortex pariétal associatif a maintenant également été démontrée. Save, Buhot, Foreman et Thinus-Blanc (1992) ont notamment testé des rats dans des tâches d'apprentissage spatial. Les résultats obtenus confirment l'implication du cortex pariétal associatif et de l'hippocampe dans les représentations spatiales chez le rat. Pour ces auteurs, le cortex pariétal associatif et l'hippocampe, impliqués dans la mémoire des lieux, constituent une boucle fonctionnelle dont le rôle est crucial dans le codage et le stockage d'informations spatiales. En laboratoire, des rats qui présentent une lésion de l'hippocampe ont des difficultés à résoudre une tâche de navigation spatiale (Morris, 1981). Sherry, Jacobs et Gaulin (1992) testent chez des oiseaux, l'hypothèse selon laquelle les animaux dont les performances en mémoire spatiale sont élevées devraient avoir un volume important de leur hippocampe. Les auteurs mesurent la taille de l'hippocampe de plusieurs espèces d'oiseaux, ceux qui cachent la nourriture et ceux qui n'ont pas recours à des cachettes. Leurs résultats montrent que chez la mésange à tête noire, oiseau qui dissimule de la nourriture, la taille de l'hippocampe est significativement plus importante que celle du moineau, espèce ne cachant pas la nourriture. Pour les auteurs, la

taille de l'hippocampe a un rapport avec le degré de sollicitations cognitives 'spatiales'. A partir de ces résultats les auteurs font l'hypothèse que ces données pourraient être transposées chez l'homme. Des personnes qui en raison de leurs loisirs ou de leurs activités professionnelles, comme par exemple les chauffeurs de taxi, utilisent intensément leurs capacités à manipuler des informations spatiales pourraient avoir un hippocampe plus développé. Maguire et *al.* (2000), utilisant l'imagerie par résonance magnétique, montrent que les chauffeurs de taxi londoniens qui doivent passer un test très difficile de localisation des noms de rues de la cité londonienne, ont une région postérieure de l'hippocampe significativement plus volumineuse que celle des sujets témoins. Ce résultat soulève bien évidemment la question de la nature du lien entre un substrat physiologique et une manifestation comportementale : l'hippocampe des chauffeurs de taxi est-il plus développé du fait des sollicitations quotidiennes de leur mémoire spatiale ? Ou est-ce du fait de leur taille volumétrique hippocampique plus importante qu'ils ont réussi leur examen professionnel ? De telles questions font débat ; en effet, il est toujours difficile de trancher catégoriquement lorsqu'il s'agit d'évoquer les causes ou les conséquences. De notre point de vue nous soutenons que l'hyper développement de l'hippocampe serait le résultat d'une activité très intense de cette zone. Des données analogues se retrouvent chez des musiciens professionnels. Hutchinson, Lee, Gaab et Schlaug (2003) ont comparé des images IRM du cervelet de soixante musiciens professionnels et de soixante non musiciens. Les résultats mettent en évidence un cervelet plus volumineux chez les musiciens professionnels. Les auteurs ont également montré un lien entre le taux de pratique quotidienne de la musique et le volume du cervelet, volume en rapport avec le pourcentage du volume total du cerveau.

—————→ **Synthèse**

Dans le traitement visuo-spatial de l'information la voie dorsale apparaît être une des plus importantes. Cette voie visuelle, également appelée voie occipito-pariétale est décrite comme spécialisée dans les localisations spatiales et l'épreuve des blocs de Corsi est une épreuve de localisation dans l'espace. Les travaux actuels en neurosciences montrent que l'hippocampe et le cortex pariétal associatif jouent un rôle central dans la mémoire spatiale ainsi que dans les traitements visuo-spatiaux.

Evoquer les structures cérébrales mises en œuvre dans la cognition spatiale apparaît important lorsque l'on désire étudier des sujets atteints de maladie d'Alzheimer, maladie qui touche précocement les structures hippocampiques et pariétales.

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé la position théorique que nous défendons dans l'approche et l'étude du fonctionnement mnésique humain. Nous concevons la mémoire dans une conception système unique, selon laquelle il n'existe qu'une seule mémoire à long terme décrite comme épisodique qui conserve les traces des 'épisodes' vécus. Sur le plan conceptuel, cette proposition se veut radicalement différente de l'approche multi-systèmes encore largement dominante dans les travaux actuels comme dans la clinique. Notons que face aux difficultés méthodologiques et conceptuelles rencontrées par les modèles computo-symboliques, les modèles système unique de la mémoire connaissent un regain d'intérêt en sciences cognitives. De nombreuses recherches actuelles s'intéressent aux différences inter et intra-individuelles (Rabbitt, Osman, Moore & Stollen, 2001 ; Nesselroade, 2001). Les conceptions unitaires de la mémoire s'avèrent beaucoup plus pertinentes pour expliquer ces différences que les modèles structuraux qui cherchent essentiellement à dégager des invariants épistémologiques du fonctionnement cognitif humain. Dans ce chapitre, nous avons évoqué deux modèles d'activation, le modèle d'Engle et *al.* (1992, 1999) et le modèle de Cowan (1988). Dans ces modèles, la mémoire de travail est décrite comme une partie active de la mémoire à long terme et elle est conçue comme un processus cognitif qui maintient l'information dans un état d'accessibilité inhabituel : la rendre disponible pour la tâche à traiter. La mémoire de travail est ici définie par sa fonction. Puis nous avons décrit plus particulièrement un modèle unitaire qui nous apparaît novateur dans l'approche de la mémoire, le modèle de Versace et *al.* (2002). Ce dernier, comme les autres modèles unitaires de la mémoire, défend l'idée d'une mémoire constituée de traces multiples épisodiques et multidimensionnelles mais Versace et *al.* (*ibid.*) proposent également que les traces soient distribuées (pas complètement indépendantes les unes des autres). L'émotion joue également un rôle central dans ce modèle. Un des points pertinents et originaux de ce modèle est son objectif principal, qui ne consiste pas à définir de manière exhaustive un modèle supplémentaire de la mémoire mais tout simplement, de proposer une plausibilité

architecturale et biologique la plus heuristique pour l'étude de la mémoire humaine. Concernant le vieillissement cognitif ce modèle propose d'expliquer les déficits mnésiques inhérents à celui-ci, en termes de déficits des mécanismes d'activation et d'intégration consécutifs à des altérations des aspects sensoriels. Les déficits plus marqués dans la maladie d'Alzheimer s'expliquent alors par une altération de l'intégration multisensorielle. Dans ce travail de recherche, nous traitons d'une problématique cognitive précise, les déficits visuo-spatiaux. Nous défendons l'idée que proposer une conception différente des déficits visuo-spatiaux, en accord avec les propositions de Versace apporterait des éléments pour remettre en cause l'approche structuraliste classique qui décrit les déficits visuo-spatiaux comme consécutifs à des déficits du calepin visuo-spatial. Et dans la mesure où les épreuves d'empan se veulent caractéristiques des théories computo-symboliques, nous avons pour cette raison choisi d'analyser une épreuve classique d'empan visuo-spatial : les blocs de Corsi. C'est l'analyse différente que nous ferons de cette tâche qui constituera un argument de plus en défaveur de l'approche modulaire classique de Baddeley (1986).

Avant d'aborder la partie expérimentale de ce travail de recherche, les différents modèles évoqués dans ce chapitre sont résumés dans les deux tableaux suivants (tableaux n°2 et n°3).

Tableau n° 2 : comparaison des différents modèles de mémoire évoqués dans le chapitre

Unité mnésique	Collins & Quillian, 1969	Collins & Loftus, 1975	Anderson, 1983	Rosch, 1973, 1978	Smith, Shoben & Ribs, 1974	Medin & Schaffer, 1978	Nosofsky, 1984, 1986, 1998	Whittlesea, 1987	Hintzman, 1984, 1986	Logan, 1988
Représentation de l'information en mémoire	Concept	Concept	Concept	Concept	Concept	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Format sous lequel l'information est conservée en mémoire	Unités lexicales et sémantiques (nœuds) organisées de manière hiérarchique	Nœuds Lien entre les nœuds distance sémantique	Proposition	Prototype	combinaison de dimensions	Exemplaires informatives contextualisées et spécifiques	Points représentés dans un espace multidimensionnel	Traces	Vecteurs	Traces
Conception théorique	Unités séparées localisées et permanentes					Traces individuelles séparées et localisées				
Influence du contexte	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Modèles structuralistes					Modèles épisodiques				
	Chaque trace correspond à un vecteur qui peut être représenté plusieurs fois en mémoire					correspondant à un seul exemplaire en mémoire				

Tableau n°3 : tableau récapitulatif du modèle de Versace, Never et Padovan (2002).

Unité mnésique	Trace
Représentation de l'information en mémoire	'Etat' de mémoire
Aspect multidimensionnel de l'unité en mémoire	Différents modules permettant de coder de manière distribuée les multiples dimensions des informations associées aux traces.
Format sous lequel l'information est conservée en mémoire	Trace : 'état' particulier de chacun des modules supposés posséder une architecture de type réseau de neurones
Mécanisme de construction	Conséquences à long terme de l'action de traces mnésiques et influence des dimensions motrices, sensorielles et émotionnelles.
Processus de récupération	Activation de certaines dimensions de l'information permettant sa reconstruction : 'état d'activation'.
Type d'informations retrouvées	Traces épisodiques, multidimensionnelles et distribuées émergeant de l'activité de neurones.
type de connaissances	Connaissances situationnelles ou fonctionnelles.

Partie expérimentale

Dans ce travail de recherche nous avons réalisé deux études qui portent sur des sujets Alzheimer et des sujets âgés contrôles.

La première expérience présentée dans le chapitre 4 étudie la condition directe de l'épreuve des blocs de Corsi (Corsi, 1972 ; Milner, 1971). Les objectifs sont de définir la nature des erreurs rencontrées et de réaliser une modélisation des critères de réussite de cette épreuve. Newell et Simon (1972) ont proposé dans leur modèle du traitement de l'information de la résolution de problème, un cadre d'analyse de l'espace problème qui a permis de comparer des cheminements de résolution, entre problèmes ou entre individus, d'étudier le rôle des impasses et d'accorder une place centrale à la modélisation (Sander, 2006). Une modélisation cognitive est l'établissement de modèles d'activités cognitives humaines exprimés dans un formalisme permettant de représenter les connaissances (Caplat, 2002). « La modélisation prend de plus en plus d'importance en psychologie cognitive. Ceci tient en premier lieu à ce qu'on ne peut prétendre sérieusement atteindre l'objectif de décrire le fonctionnement cognitif si l'on n'est pas capable de produire des modèles explicites de ce fonctionnement, à savoir des modèles qui permettent le calcul et la simulation. Comme ce fonctionnement est analysé en termes d'opérations de traitement de l'information, les psychologues cognitivistes se doivent de produire des modèles de ces opérations de traitement » (Richard, 1993, p. 25-26). Afin de mieux comprendre la nature des traitements cognitifs sous-jacents à une activité, ici la résolution de la tâche des blocs de Corsi dans sa condition « directe », nous avons pris le parti de nous centrer sur l'analyse des erreurs produites. La méthodologie d'analyse des protocoles individuels que nous avons privilégiée a pour objectif de dégager différents profils comportementaux qui permettront de mieux caractériser les stratégies individuelles qu'elles soient mises en œuvre par des participants sains ou par des participants souffrant de maladie d'Alzheimer.

La seconde étude, présentée dans le chapitre 5, s'intéresse aux deux conditions, directe et indirecte, de l'épreuve des blocs de Corsi et plus particulièrement aux mécanismes visuo-spatiaux mis en œuvre dans cette tâche. Comme dans l'étude précédente, notre objectif est de dégager plusieurs profils de traitements mobilisés dans cette tâche visuo-spatiale.

Les analyses qui suivront ont pour objectif de répondre à la question de l'homogénéité de traitements visuo-spatiaux aussi bien au sein d'une condition (parcours « endroit » ou parcours « envers ») qu'entre conditions. Le courant de recherche de l'école Genevoise défendu dans cette thèse prétend que lors d'une activité de résolution d'épreuve, des schèmes d'action sont mis en œuvre en fonction du contexte situationnel et que leur restructuration est sous le contrôle de la prise en compte des contraintes de cette situation problème. De ce fait, observer un seul et unique traitement pour un même individu lors des deux conditions des blocs de Corsi ou lors d'une même condition remettrait en cause le cadre théorique défendu ici. A l'inverse, observer la mise en œuvre de traitements distincts selon le contexte situationnel, plus précisément la mise en œuvre de traitements visuo-spatiaux moins coûteux sur le plan cognitif lors de séquences jugées complexes par les sujets, traduirait l'expression de flexibilité cognitive (Clément, 2006, 2008, 2009).

En d'autres termes, ces deux études ont comme finalité d'apporter des réponses aux questions suivantes :

- 1- Quels sont les différents types de traitements visuo-spatiaux mobilisés lors de cette épreuve visuo-spatiale séquentielle ?
- 2- Les profils cognitifs ainsi dégagés sont-ils communs ou différents selon les groupes de participants (âgés sains ou atteints de maladie d'Alzheimer) ?
- 3- Des profils sont-ils figés (un seul traitement pour l'ensemble de la résolution de l'épreuve) ou observe-t-on différents traitements selon la règle imposée (parcours endroit ou parcours envers) ou de la complexité des séquences chez des participants âgés sains et Alzheimer ?

4 CHAPITRE 4. Expérience 1

Cette première étude est à notre connaissance la première recherche combinant une analyse quantitative globale des performances lors des parcours directs et une analyse qualitative (analyse de protocole individuel) chez des sujets âgés sains et atteints de maladie d'Alzheimer à l'épreuve des blocs de Corsi (Corsi, 1972 ; Milner, 1971).

4.1 Objectifs et hypothèses

Dans la mesure où l'objectif général est de préciser la nature des traitements visuo-spatiaux, nous nous sommes plus particulièrement appuyée sur les erreurs commises en analysant le fonctionnement cognitif des sujets de manière qualitative à l'aide de la méthodologie des analyses de protocoles individuels.

Un objectif plus spécifique est d'essayer d'établir un profil comportemental d'erreurs propre au groupe de sujets Alzheimer qui permettrait de mieux comprendre comment les informations visuo-spatiales sont traitées dans cette pathologie.

Dans cette étude nous soulevons les questions suivantes :

- 1- Quel formalisme permet de représenter la réussite à l'épreuve des blocs de Corsi ?
- 2- Quelle est la nature des erreurs rencontrées lors de la résolution de cette épreuve en condition directe ?
- 3- Les différents types d'erreurs traduisent-ils des représentations visuo-spatiales différentes ?
- 4- Observe-t-on un profil comportemental d'erreurs propres à une population donnée ?

4.2 Méthode

4.2.1 Participants

Vingt deux sujets âgés ont été sollicités dont la moitié présente une maladie d'Alzheimer selon les critères du DSM IV (annexe 6). Notre groupe expérimental est constitué de onze sujets Alzheimer, sept hommes et quatre femmes tous diagnostiqués au préalable aux consultations mémoire du centre hospitalier de Troyes. Les patients sont âgés de 71 à 87 ans [âge moyen = 78,9, ET = 5,28]. Notre groupe contrôle se constitue de onze sujets sains âgés de 70 à 83 ans [âge moyen = 76,6, ET = 3,58] (7 hommes et 4 femmes) (tableau n°4). Nos deux groupes de sujets sont appariés en fonction de l'âge [$t(22) = 1,18$; $p = 0,25$], du niveau scolaire, du sexe [$\chi^2 (ddl=1) = 0,30$; $p = 0,5862$] ou encore concernant la latéralité manuelle [$\chi^2 (ddl=1) = 0,55$; $p = 0,460$] (descriptif des sujets en annexes 7 et 8).

Aucun n'avait d'antécédents psychiatriques, de toxicomanie ou encore d'alcoolisme. Nous nous sommes également assurée que la vision était normale ou corrigée.

Tableau n°4 : caractéristiques de nos groupes de sujets

Population	N	Age moyen	F/H	D/G	MMSE
Alzheimer	11	78,9 (71-87)	4/7	11/0	20,8 ± 2,63
Contrôle	11	76,6 (70-83)	4/7	11/0	29,5 ± 0,52

N : nombre de sujets ; F : femme ; H : homme ; D : droitiers ; G : gaucher ; MMSE : score moyen au test ; ± : écart type.

4.2.2 Bilan psychométrique

Tous les sujets de cette étude ont réalisé l'épreuve du Mini Mental Test Examination 'MMSE' (Folstein et al., 1975) (annexe 9). Il s'agit d'une épreuve composite de type psychométrique comportant différents subtests regroupés en deux sections. La première appelle des réponses uniquement verbales et concerne l'orientation, la mémoire et l'attention. La seconde section apprécie l'aptitude à dénommer des objets, à exécuter une consigne verbale et écrite, à produire une phrase et à reproduire une figure géométrique. Le système de cotation est dichotomique (correct, incorrect) et la sommation des notes positives permet de

calculer un score global sur 30. Le MMSE est un outil de dépistage qui permet de classer les patients selon un stade de gravité. Une fois le diagnostic d'Alzheimer posé, un score au MMSE de 26 à 22 témoigne d'un stade léger, un score de 20 à 16 d'un stade modéré, un score de 15 à 10 d'un stade modérément sévère et d'un stade sévère pour un score en dessous de 9 (Hugonot-Diener, 2007).

En se référant à ces normes, notre groupe Alzheimer est constitué de huit sujets à un stade léger de la maladie et trois à un stade modéré.

Le score moyen au MMSE du groupe Alzheimer [moyenne = 20,81 ; ET = 2,63] est significativement inférieur à celui du groupe contrôle [moyenne = 29,5 ; ET = 0,52] [$t(22) = -10,76$; $p < 0,001$] (figure 19) (annexe 10).

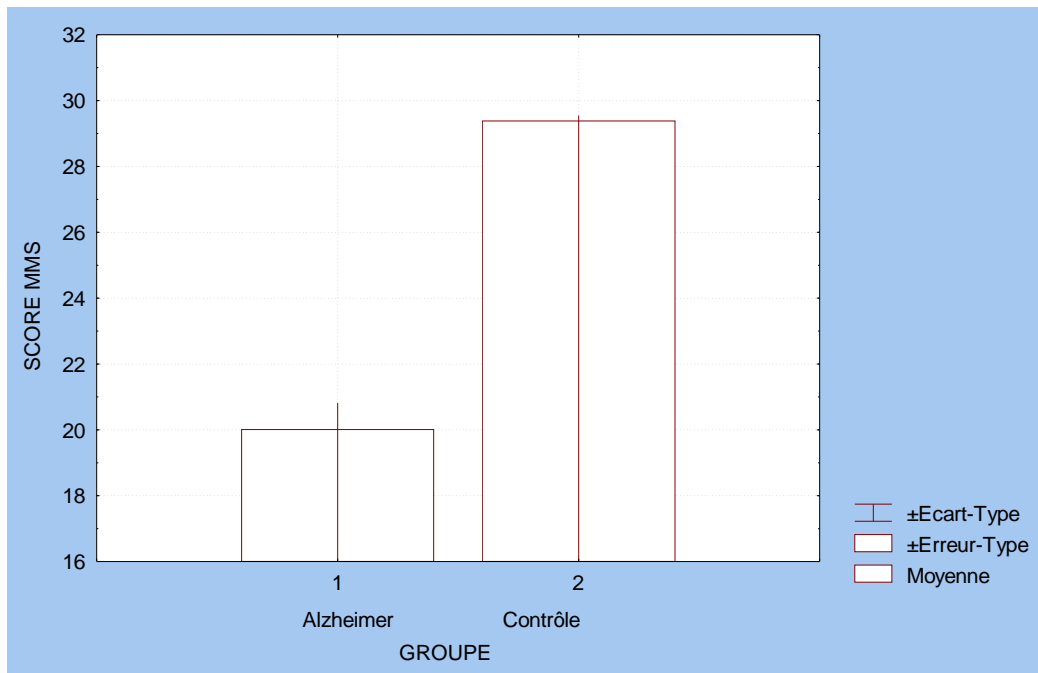


Figure 19 : score moyen au MMSE pour le groupe Alzheimer et le groupe contrôle.

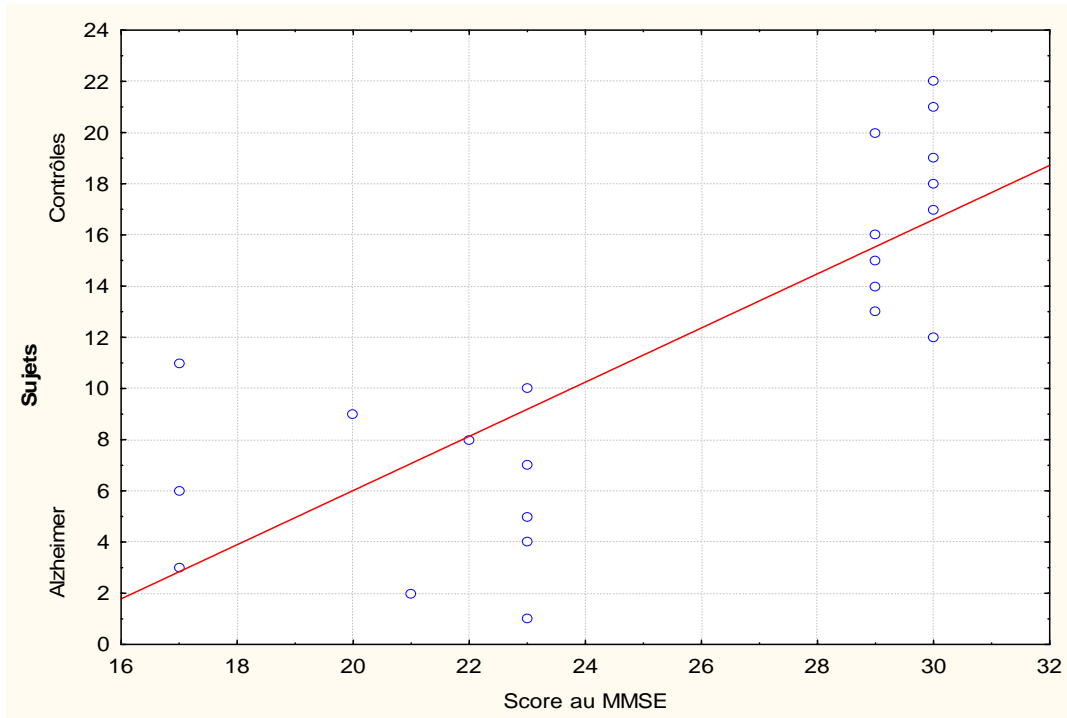


Figure 20. Distribution des scores au MMSE pour les sujets Alzheimer et les sujets contrôles.

4.2.3 Matériel

La tâche expérimentale est l'épreuve des blocs de Corsi. Ce test est composé de neuf cubes marrons (28×28 ×28mm) disposés de manière identique à la version originale de Corsi (1972), sur une planche marron (295x210) (figure 21) Les numéros des cubes, de un à neuf, sont uniquement visibles par l'expérimentateur.

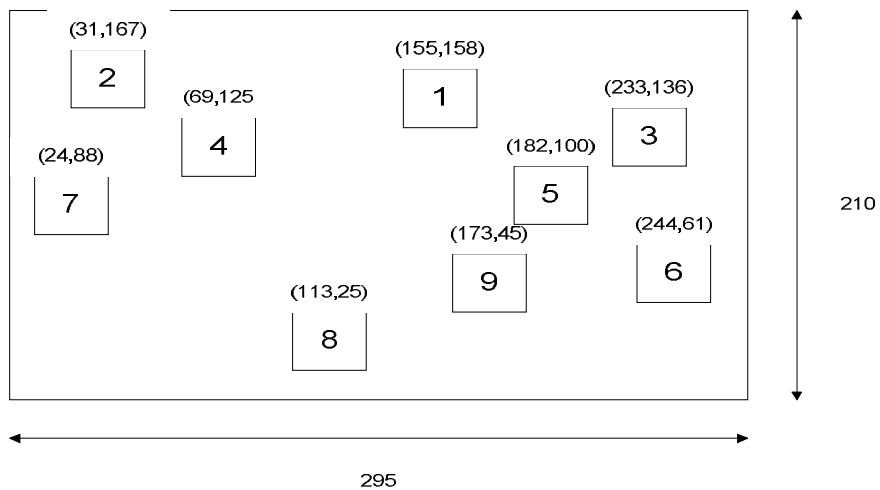


Figure 21 : représentation du matériel expérimental.

Les coordonnées en millimètres sont mesurées à partir du coin inférieur gauche de la planche à l'angle inférieur gauche de chaque cube.

4.2.4 Procédure

Les sujets et l'expérimentateur sont installés de part et d'autre d'une table au centre de laquelle est placée la planche des blocs de Corsi. Les faces numérotées des cubes sont disposées face à l'expérimentateur qui tape successivement des séquences visuo-spatiales de cubes en commençant par deux cubes. Deux essais sont proposés pour chaque séquence de même longueur. Les séquences utilisées sont extraites de l'Echelle Clinique de Mémoire de Wechsler - forme révisée (MEM-R) (Wechsler, 1991) (tableau n°5). Si au moins un des deux essais est correctement reproduit, les deux prochains essais de niveau suivant sont administrés. Lorsque les deux essais d'un même niveau sont échoués, l'épreuve s'arrête (critère d'arrêt le plus utilisé, Berch, Krikorian & Huba, 1998). L'expérimentateur utilise son index pour pointer les blocs au rythme d'un bloc par seconde. Lorsque l'expérimentateur a fini de pointer les blocs de la séquence, les sujets doivent immédiatement reproduire la même séquence de cubes. Dans cette étude les sujets passent uniquement les parcours directs. La consigne donnée au sujet est la suivante : « Je vais taper une séquence de blocs sur cette planche. Quand j'aurai fini le pointage des blocs, je veux que vous tapiez ces même blocs et dans le même ordre que moi. Après cela, je vais taper d'autres séquences. Les séquences vont graduellement augmenter en longueur. » (Consigne inspirée de celle proposée par Kessels et *al.*, 2000). Si le sujet commence à pointer les blocs alors que l'expérimentateur n'a pas encore fini la séquence, l'instruction suivante est donnée : « SVP attendez que je finisse ». Les autocorrections sont admises. Seules les séquences reproduites à l'identiques sont considérées comme réussies.

Tableau n°5 : séquences visuo-spatiales condition directe MEM-R (Wechsler, 1991).

NIVEAU	ESSAI I	ESSAI II
2	2 6	8 4
3	2 7 5	8 1 6
4	3 2 8 4	2 6 1 5
5	5 3 4 6 1	3 5 1 7 2
6	1 7 2 8 5 4	7 3 6 1 4 8
7	8 2 5 3 4 1 6	4 2 6 8 3 7 5
8	7 5 6 3 8 7 4 2	1 6 7 4 2 8 5 3
9	1 8 2 4 9 3 1 6 9	3 5 8 6 2 4 8 1 9

4.3 Analyses qualitatives

4.3.1 Modélisation de la résolution des blocs de Corsi

Réaliser une modélisation de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi permet de représenter les différentes étapes de traitement qui doivent être mis en œuvre pour la réussite de l'épreuve.

Nous avons modélisé les critères de réussite de l'épreuve des blocs de Corsi (figure 22). La réussite à un parcours visuo-spatial en condition directe se traduit par : une direction, une localisation et un nombre corrects. Si ces trois critères sont réalisés correctement et simultanément, il y a alors réussite au parcours visuo-spatial correspondant.

- La direction se définit par un sens de parcours correct bloc à bloc.
- La localisation correspond au bon bloc pointé.
- Le nombre correspond à la somme totale exacte de blocs du niveau traité.

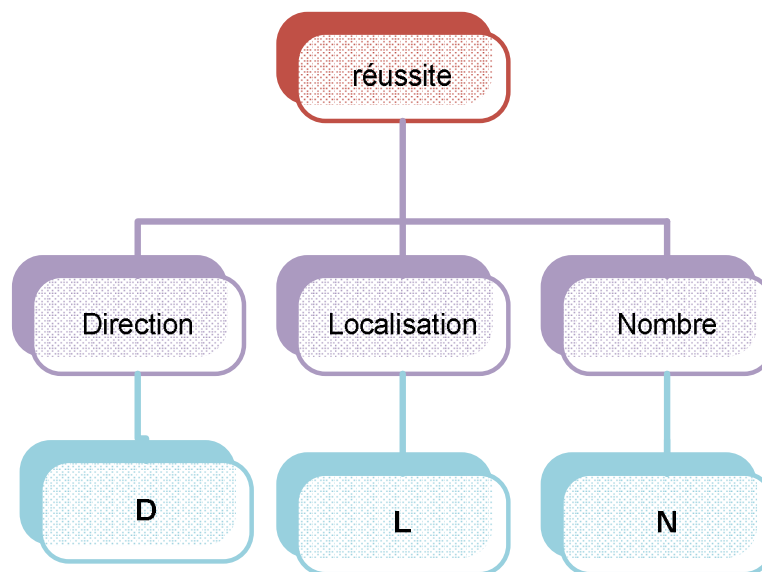


Figure 22 : critères de réussite à l'épreuve des blocs de Corsi.

Chaque protocole a été analysé en utilisant le modèle détaillé ci-après (figure 23).

Ce modèle schématise les différentes possibilités de réponse qui peuvent s'observer lors de la résolution de l'épreuve en condition directe. Les réponses représentées en rose

correspondent à une direction (D), à une localisation (L) correctes, elles traduisent une réussite à la tâche. Les réponses représentées en vert correspondent à une direction (D) correcte mais à une localisation (L) fautive, plus précisément cela traduit que le bloc pointé est situé soit à gauche, soit à droite, soit au dessus ou soit en dessous du bon bloc. Les réponses représentées en bleu correspondent à une direction (D) et à une localisation (L) incorrectes. Dans un même protocole, les réponses d'un sujet peuvent être représentées par ces trois types de réponses.

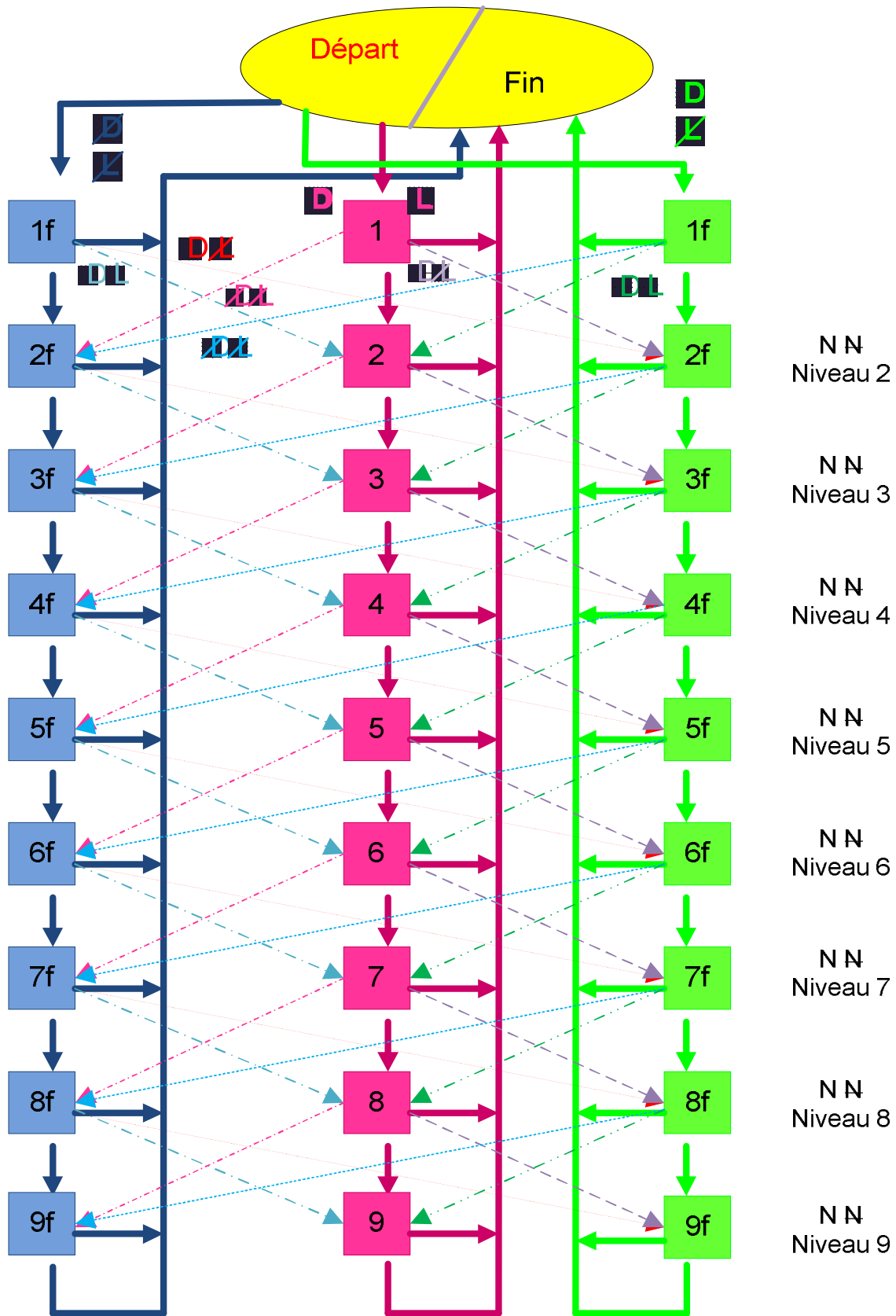


Figure 23 : schématisation de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi.

Légende :

D = DIRECTION

D : correcte

∅ : fausse

L = LOCALISATION

L : correcte

∄ : fausse **L G** : carré pointé localisé à gauche du bon

L D : carré pointé localisé à droite du bon

L dessus : carré pointé localisé au dessus du bon

L sous : carré pointé localisé en dessous du bon

N = NOMBRE

N : correct

∄ : faux **N Om** : omission d'un bloc

N Aj : ajout d'un bloc



Bloc représentant une direction (D) et une localisation (L) correctes (réussite).



Bloc représentant une direction (D) correcte et une localisation (L) incorrecte.



Bloc représentant une direction (D) et une localisation (L) incorrectes.

4.3.2 Critères d'analyse des erreurs

Chaque protocole d'échec des sujets Alzheimer et des sujets contrôles a été analysé afin d'identifier les différents types d'erreurs rencontrés.

Les protocoles ont été recueillis en direct par l'expérimentateur qui marquait chaque cube pointé par le sujet lors de la passation de l'épreuve.

Les différents types d'erreurs se traduisent par des erreurs de direction et/ou de localisation et/ou de nombre et/ou d'inversion (figure 24).

- Une erreur de direction signifie que le sujet pointe un bloc situé dans une direction opposée à celle du bloc à taper. La particularité de ce type d'erreur (représenté en bleu sur le schéma figure 23) est qu'elle induit un parcours visuo-spatial qui n'a plus aucune cohérence avec le parcours initial à reproduire.
- Une erreur de localisation (représentée en vert sur le schéma figure 23).signifie que le bloc pointé se situe dans la bonne direction mais la localisation est inexacte. Le bloc pointé est situé à gauche, à droite, au dessus ou en dessous de celui à pointer.
- Une erreur de nombre se traduit par un ajout ou une omission de blocs dans la séquence visuo-spatiale.
- Une erreur d'inversion signifie que le sujet inverse deux blocs consécutifs. Dans ce type d'erreurs la direction peut être correcte ou non ; de ce fait, ce type d'erreur peut être représenté en bleu comme en vert sur le schéma (figure 23).

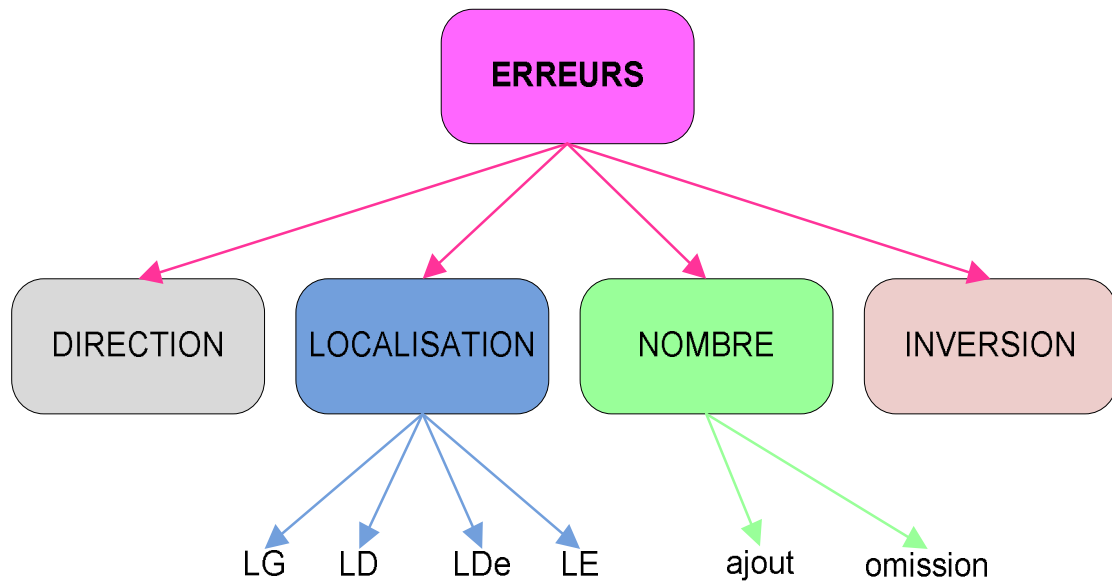


Figure 24 : représentation schématique des différents types d'erreurs.

LG : localisation à gauche ; LD : localisation à droite ; LDe : localisation au dessous ; LE : localisation en dessous.

4.4 Attentes générales

4.4.1 Prédications concernant la longueur des séquences reproduites correctement aux blocs de Corsi

Nos attentes concernent le groupe des sujets Alzheimer qui devraient avoir des résultats inférieurs dans l'épreuve des blocs de Corsi (condition directe) à ceux du groupe contrôle au vu des déficits cognitifs et pariétaux présents dès les premiers stades de la maladie.

4.4.2 Prédications concernant les types d'erreurs

Nos attentes sur les analyses du fonctionnement cognitif propre des sujets concernent uniquement les erreurs de Direction, de Localisation et de Nombre (omissions).

- ✓ Les erreurs de type Direction, Localisation et de Nombre (omission) devraient se rencontrer en plus grand nombre dans le groupe de sujets Alzheimer.

Nous nous attendons à ce que les sujets Alzheimer du fait des déficits mnésiques caractéristiques de la maladie ainsi que des troubles visuo-spatiaux aient davantage tendance à

aller dans des directions opposées, à pointer des blocs situés à coté de ceux corrects ou alors à omettre des cubes lors des séquences visuo-spatiales qu'ils réalisent.

4.5 Résultats de l'expérience 1

4.5.1 Résultats globaux à la condition directe de l'épreuve des blocs de Corsi

L'analyse des résultats à l'épreuve des blocs de Corsi (condition directe) met en évidence une différence significative entre le groupe Alzheimer et le groupe contrôle (annexe 11). La moyenne des séquences correctement reproduites à la condition directe des blocs de Corsi des sujets Alzheimer [moyenne = 5,27 ; ET = 0,78] est significativement inférieure à celle des sujets contrôles [moyenne = 6 ; ET = 0,63] [$t(22) = -2,39$; $p = 0,02$] (figure 25).

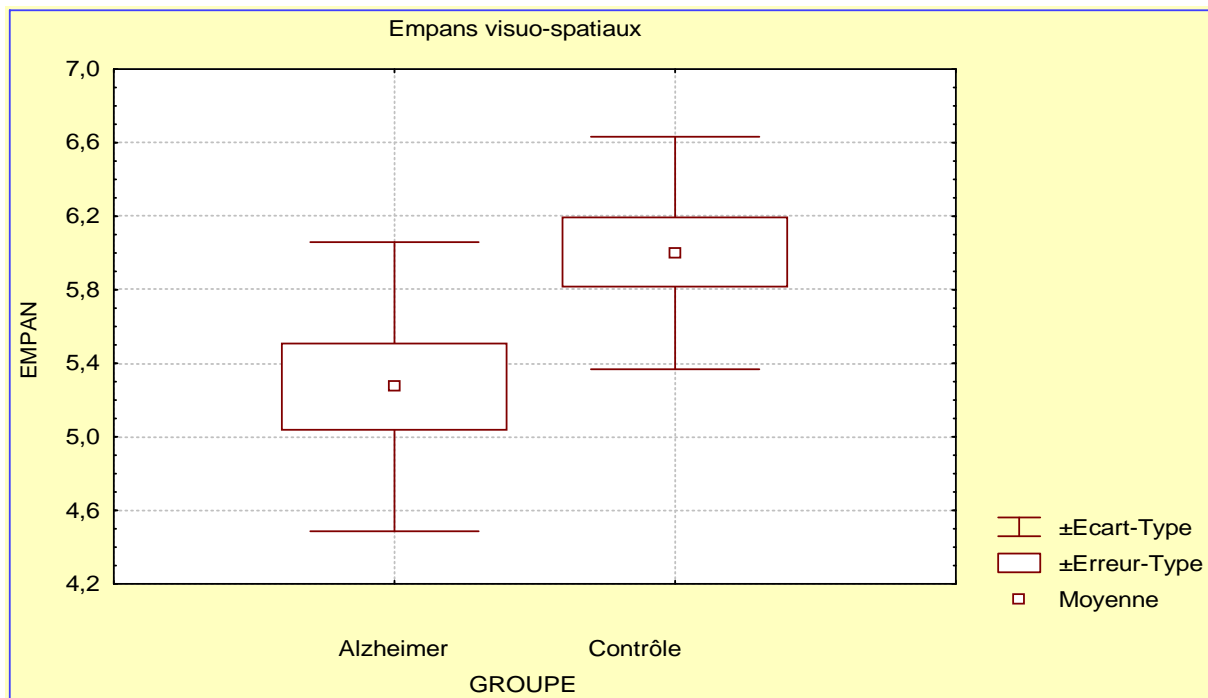


Figure 25: scores moyens à la condition directe pour le groupe Alzheimer et le groupe contrôle.

4.5.2 Analyses quantitatives sur les différents types d'erreurs

Les analyses quantitatives ont été réalisées à partir des données recueillies grâce aux analyses de protocoles individuels (annexe 12) et reflètent le fonctionnement cognitif individuel des sujets.

4.5.2.1 Erreurs de direction

Aucune différence significative ne ressort de l'analyse des erreurs de direction entre nos deux groupes de sujets.

Contrairement à nos attentes, la moyenne des erreurs de direction pour les sujets Alzheimer [nombre moyen = 2,72 ; ET= 3,43] ne diffère pas statistiquement de celle des sujets contrôles [nombre moyen = 1,18 ; ET = 1,25] [$t(22) = 1,4$; $p = 0,17$]. Toutefois notre analyse met en évidence un groupe de sujets Alzheimer très hétérogène sur ce type d'erreur (cf. l'importance de la dispersion). Cette répartition hétérogène concernant les erreurs de direction peut trouver explication dans la constitution même du groupe des sujets Alzheimer qui n'est pas strictement au même stade de la maladie.

4.5.2.2 Erreurs de localisation

Les analyses statistiques réalisées sur les erreurs de localisation ne montrent aucune différence entre nos deux groupes de sujets.

Contrairement à nos attentes, la moyenne de ce type d'erreur dans le groupe Alzheimer [nombre moyen d'erreurs = 1 ; ET = 1,09] ne diffère pas significativement de celle du groupe contrôle [nombre moyen d'erreurs = 1,27 ; ET = 1,1] [$t(22) = -0,58$; $p = 0,56$].

4.5.2.3 Erreurs de nombre

Les analyses des erreurs de nombre (omissions) ne montrent aucune différence significative entre les deux groupes de sujets. Contrairement à nos attentes les sujets Alzheimer ne commettent en moyenne pas plus d'erreurs de nombre [nombre moyen d'erreurs = 0,45 ; ET = 0,68] que les sujets contrôles [nombre moyen d'erreurs = 0,72 ; ET = 0,78] [$t(22) = -0,86$; $p = 0,39$].

4.5.2.4 Erreurs d'inversion

L'analyse statistique des erreurs d'inversion ne montre aucune différence significative entre les deux groupes de sujets [$t(22) = -0,24$; $p = 0,8$].

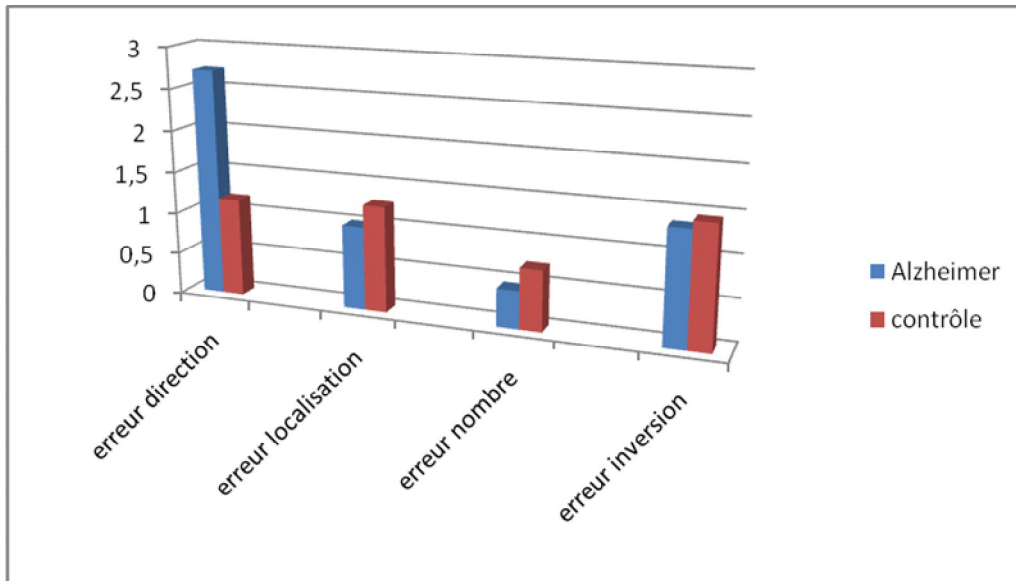


Figure 26: nombre moyen d'erreurs de Direction, de Localisation, de Nombre et d'Inversion pour le groupe Alzheimer et le groupe contrôle lors de la condition directe des blocs de Corsi.

4.6 Discussion

Les résultats globaux (longueur des séquences correctement reproduites) du groupe des sujets Alzheimer et des sujets contrôles à l'épreuve des blocs de Corsi en condition directe confirment que les patients Alzheimer ont des performances plus faibles que les sujets âgés sains. La maladie d'Alzheimer entraîne des déficits dans le traitement d'informations visuo-spatiales séquentielles.

Nos analyses statistiques portant sur les différents types d'erreurs ne mettent en évidence aucun profil comportemental d'erreurs propre à un groupe de sujets. Il n'a pas été possible de mettre en évidence un type d'erreur susceptible de nous informer davantage sur la nature des difficultés visuo-spatiales rencontrées dans la maladie d'Alzheimer (Carselino, Fadda, Sabbadini & Catagirone, 1996) ou dans le vieillissement normal (Bruyer & Scalquin, 1999).

Cette étude a toutefois permis de confirmer l'intérêt de réaliser des analyses qualitatives en utilisant une méthodologie de protocoles individuels. Les critères de réussite à l'épreuve des blocs de Corsi ont été modélisés et nous avons également identifié et défini les différents types d'erreurs rencontrés : des erreurs de Direction, de Localisation et de Nombre. La schématisation des différentes étapes de réussite ainsi que les différents types d'erreurs

permettent d'analyser chaque protocole de réponse rencontré lors de la résolution des blocs de Corsi. Un des objectifs était de montrer qu'analyser le sujet « en action » permet de mieux comprendre les mécanismes cognitifs mis en œuvre lors de la résolution de la tâche.

Plusieurs raisons peuvent cependant expliquer l'absence de résultats en faveur d'un profil comportemental d'erreurs propre à nos sujets. Tout d'abord notre échantillon de sujets n'est pas assez important. De ce fait, nous n'avons pas analysé un nombre assez important de protocoles. Une autre raison concerne notre groupe de sujets Alzheimer qui n'est pas homogène vis-à-vis du stade de la maladie, huit étaient à un stade léger et trois étaient à un stade modéré. Cette absence d'homogénéité pourrait expliquer le résultat obtenu lors de notre analyse statistique sur les erreurs de direction, en effet le groupe Alzheimer s'est montré très hétérogène sur ce type d'erreur, ou là encore par une quantité vraisemblablement insuffisante de données.

Les résultats de cette étude soulèvent d'autres questions. En effet, les critères de réussites ont été mis en évidence ainsi que la nature des différents types d'erreurs lors de la résolution des blocs de Corsi, mais quel est le traitement cognitif visuo-spatial inhérent à la réussite des blocs de Corsi ? Et quels sont ceux sous-jacent aux différents types d'erreurs identifiés ?

C'est à ces questions que l'expérience 2 décrite dans le chapitre suivant va tenter de répondre.

5 CHAPITRE 5. Expérience 2

5.1 Introduction

A partir des conclusions tirées de la première étude nous avons réalisé une seconde recherche avec un échantillon de sujets Alzheimer et de sujets contrôles plus important. Nous avons introduit en plus de la condition visuo-spatiale directe des blocs de Corsi, la condition indirecte. Dans cette étude 100 sujets sur les 123 testés ont été conservés en raison de nos critères de sélection (âge, score au MMSE, réalisation des deux épreuves et antécédents médicaux).

5.2 Objectifs et hypothèses

Cette étude avait pour objectif d'identifier les mécanismes cognitifs visuo-spatiaux mis en œuvre lors de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. A partir de la schématisation résumant la résolution de cette épreuve décrite dans le chapitre 4 (figure 23), chaque protocole en condition directe et indirecte a été analysé.

Un premier objectif est de définir et de schématiser le traitement visuo-spatial de la réussite aux blocs de Corsi. Un second objectif est d'identifier les traitements visuo-spatiaux qui accompagnent un échec à l'épreuve c'est-à-dire les traitements visuo-spatiaux sous-jacents aux différents types d'erreurs identifiées dans la première étude (chapitre 4).

Cette étude comprend également des analyses quantitatives de deux sortes. Premièrement, des analyses portant sur la longueur des séquences correctement reproduites (condition directe et condition indirecte). Et dans un second temps des analyses portant sur le fonctionnement cognitif propre des sujets avec l'analyse des différents traitements cognitifs visuo-spatiaux mis en œuvre lors de la résolution de cette épreuve.

Les questions auxquelles nous tentons de répondre dans cette étude sont les suivantes :

- 1- Quels sont les traitements cognitifs visuo-spatiaux mis en œuvre lors de la résolution de cette épreuve visuo-spatiale séquentielle ?
- 2- Observe-t-on un profil comportemental de traitements visuo-spatiaux propre à un groupe de référence ?
- 3- Le profil comportemental des traitements visuo-spatiaux des patients Alzheimer s'il existe, diffère-t-il en fonction du stade de la maladie ?
- 4- Les sujets maintiennent-ils un traitement visuo-spatial unique (mode préférentiel de traitement) intra-tâche ? inter-tâche ? ou mettent-ils en œuvre différents traitements en fonction de la condition (directe/indirecte), du nombre de cubes ou encore du nombre de croisements, ou de chevauchements au sein de la séquence visuo-spatiale ?

5.3 Méthode

5.3.1 Participants

Cent vingt-trois sujets différents de ceux de la première étude ont été sollicités mais seulement cent ont été conservés, cinquante sujets Alzheimer qui remplissent les critères du DSM IV (annexe 5) et cinquante sujets contrôles. Notre groupe de sujets Alzheimer est constitué de vingt-six sujets à un stade léger et vingt-quatre à un stade modéré de la maladie, les groupes sont constitués à partir des normes du MMSE (Hugonot-Diener, 2007). Tous les sujets ont été diagnostiqués au préalable lors des consultations mémoire du centre hospitalier de Troyes. Le groupe expérimental est constitué de trente-six femmes et de quatorze hommes âgés de 65 ans à 82 ans [âge moyen = 77,88 ; ET = 3,32] (tableau n°6). Le groupe contrôle est constitué de cinquante sujets sains appariés en fonction de l'âge, du sexe, de la latéralité et du niveau d'études (tableau n°7). Tout comme lors de la première expérience nous nous sommes assurée que les sujets ne présentaient pas d'antécédents d'alcoolisme, de toxicomanie, de pathologies psychiatriques et que leur vision était normale ou corrigée (pour détails des sujets voir annexe 13).

Tableau n°6: caractéristiques des groupes de sujets

Population	N	Age moyen	F/H	G/D	MMSE
Alzheimer	50	77,8 (65-82)	36/14	0/50	20,4 ±2,87
Contrôle	50	76 (61-89)	28/22	0/50	29,4 ± 0,49

Tableau n°7: caractéristiques du groupe Alzheimer

Population	N	Age moyen	F/H	G/D	MMSE
Alzheimer Léger	26	77,5 (65-82)	16/9	0/26	22,7 ± 1,33
Alzheimer modéré	24	78,2 (68-82)	20/5	0/24	17,9 ± 1,69

5.3.2 Bilan psychométrique

Un bilan psychométrique de base, réalisé par nos soins avant la passation de l'épreuve des blocs de Corsi, a été effectué pour l'ensemble de nos participants. Ce bilan comprenait l'épreuve du MMSE de Folstein et *al.* (1975) (annexe 7). Le score moyen au MMSE du groupe Alzheimer est significativement inférieur à celui de notre groupe contrôle [$t(100) = 21,77$; $p = <0,001$] (figure 27). Au sein du groupe Alzheimer le score moyen au MMSE des sujets à un stade léger est significativement plus élevé que celui des sujets à un stade modéré [$t(100) = 11,30$; $p = 0,001$] (figure 28). (descriptif des scores au MMSE des sujets voir annexe 14).

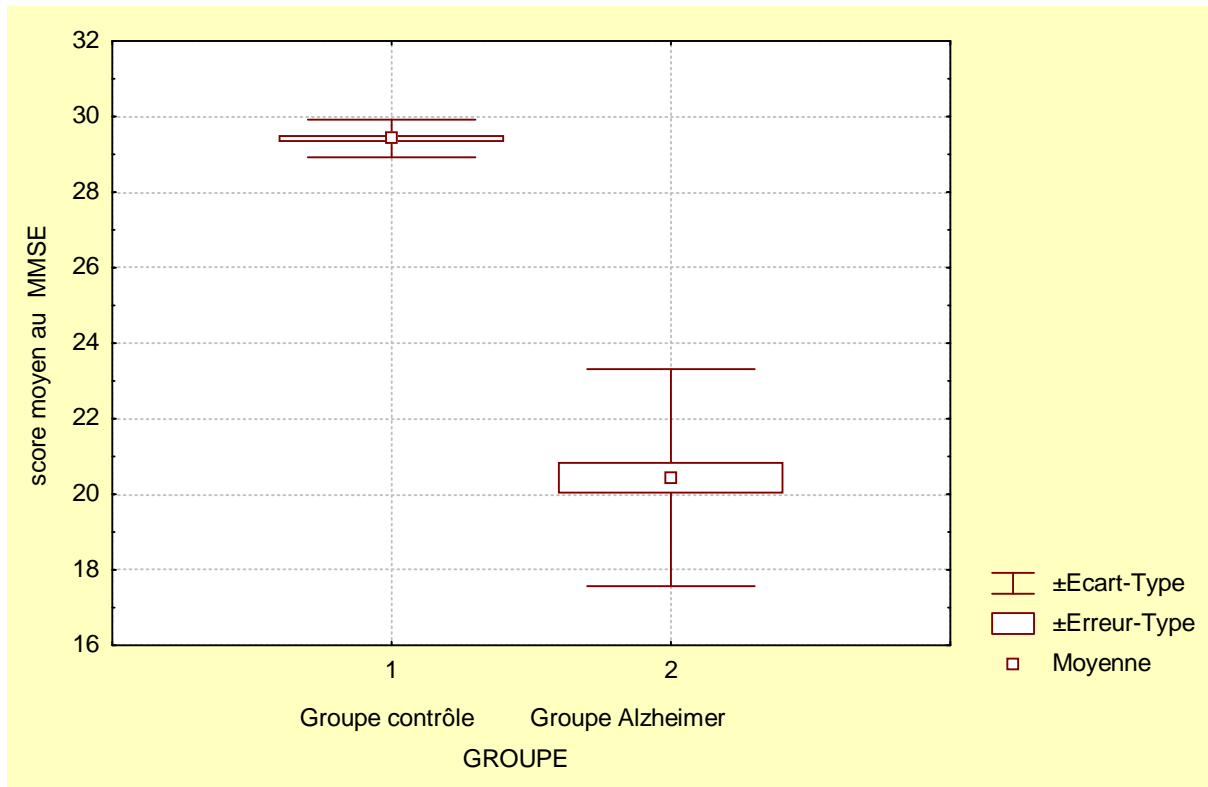


Figure 27: score moyen au MMSE pour le groupe Alzheimer et le groupe contrôle.

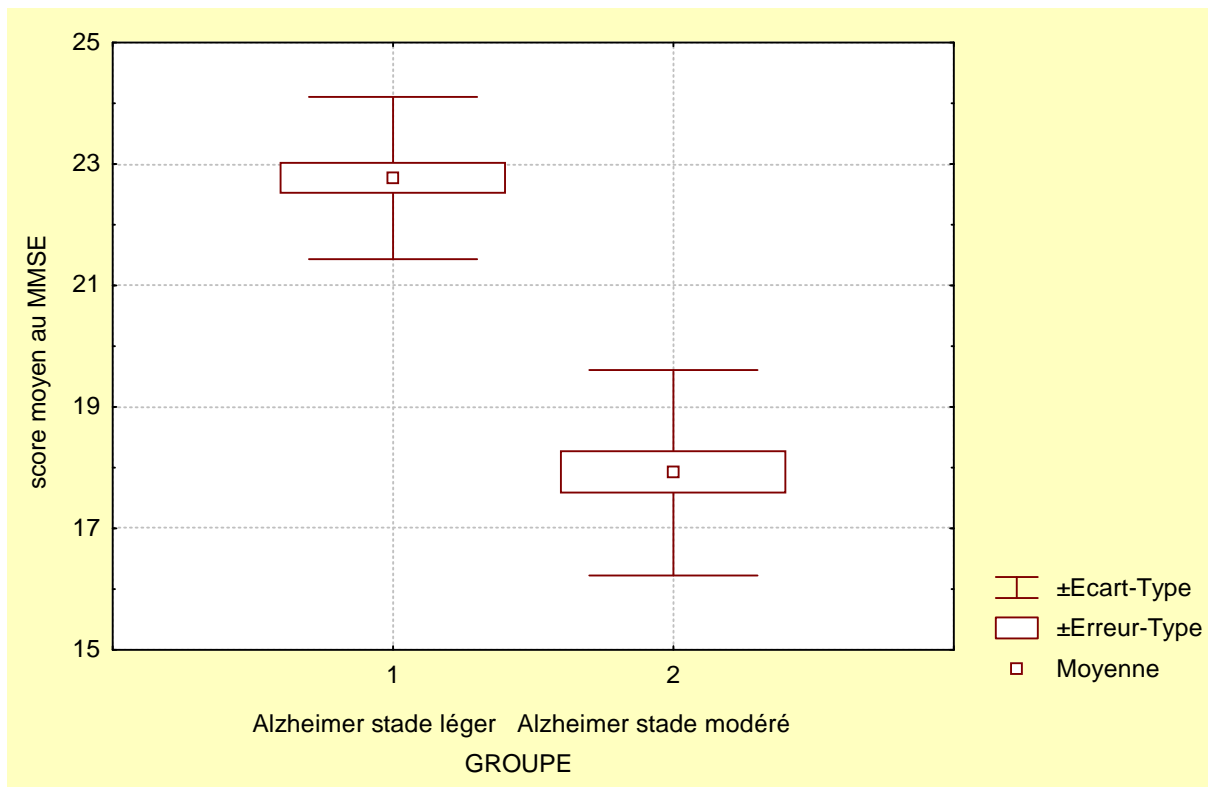


Figure 28: score moyen au MMSE au sein du groupe Alzheimer.

5.3.3 Matériel et procédure

L'épreuve des blocs de Corsi (figure 21) utilisée dans cette seconde expérience est identique à celle de la première étude (dimension, couleur et disposition des blocs).

Concernant l'administration, les sujets et l'expérimentateur sont comme lors de la première expérience (chapitre 4) installés face à face ; au milieu, posée sur le bureau, la planche des blocs de Corsi. Les faces numérotées des cubes sont disposées face à l'expérimentateur qui tape successivement des séquences de cubes allant de deux à neuf blocs. Deux essais sont proposés pour chaque séquence de même longueur. Les séquences utilisées pour les deux conditions (directe et indirecte) sont extraites de l'Echelle Clinique de Mémoire de Wechsler – forme révisée (MEM-R) (Wechsler, 1991) (tableau n°8). Si au moins un des deux essais est correctement reproduit, les deux prochains essais de niveau suivant sont administrés. En revanche lorsque les deux essais d'un même niveau sont échoués, l'épreuve s'arrête (critère d'arrêt le plus utilisé, Berch et *al.*, 1998). L'expérimentateur utilise son index pour pointer les blocs au rythme d'un bloc par seconde. Lorsque l'expérimentateur a fini de pointer les blocs de la séquence, les sujets doivent immédiatement reproduire la même séquence de cubes. A la différence de la première étude, les sujets passent la condition directe et la condition indirecte. La consigne donnée au sujet pour les parcours directs est identique à celle de la première étude : « Je vais taper une séquence de blocs sur cette planche. Quand j'aurai fini le pointage des blocs, je veux que vous tapiez ces mêmes blocs et dans le même ordre que moi. Après cela, je vais taper d'autres séquences. Les séquences vont graduellement augmenter en longueur. ». La consigne pour les parcours indirects est la suivante : « Je vais taper une séquence de blocs sur cette planche. Quand j'aurai fini le pointage des blocs, je veux que vous tapiez ces mêmes blocs, mais dans l'ordre inverse du mien. Après cela, je vais taper d'autres séquences. Les séquences vont graduellement augmenter en longueur ». Si le sujet commence à pointer les blocs alors que l'expérimentateur n'a pas encore fini la séquence, l'instruction suivante est donnée : « SVP, attendez que je finisse ». Les autocorrections sont admises et seules les séquences reproduites à l'identique sont considérées comme réussies.

Tableau n°8: séquences visuo-spatiales des conditions directes et indirectes MEM-R (Weschler, 1991)

NIVEAU	Condition directe		Condition indirecte	
	ESSAI I	ESSAI II	ESSAI I	ESSAI II
2	2 6	8 4	3 6	7 4
3	2 7 5	8 1 6	6 8 5	3 1 8
4	3 2 8 4	2 6 1 5	8 4 1 6	5 2 4 1
5	5 3 4 6 1	3 5 1 7 2	4 6 8 2 5	8 1 6 3 7
6	1 7 2 8 5 4	7 3 6 1 4 8	7 1 8 3 6 2	3 8 1 7 5 4
7	8 2 5 3 4 1 6	4 2 6 8 3 7 5	1 5 2 7 4 3 8	6 7 4 3 1 5 2
8	7 5 6 3 8 7 4 2	1 6 7 4 2 8 5 3	3 5 8 6 2 4 8 1	8 5 9 6 2 4 9 3
9	1 8 2 4 9 3 1 6 9	3 5 8 6 2 4 8 1 9	4 7 2 7 3 1 6 3 9	8 1 4 6 3 9 7 5 2

5.4 Analyses qualitatives

5.4.1 Réussite

Dans un premier temps nous avons modélisé les critères de réussite de l'épreuve des blocs de Corsi, condition directe et indirecte (figures 29 et 30). Puis nous avons représenté sous forme de schématisation le traitement visuo-spatial mis en œuvre lors de la résolution des blocs de Corsi (figure 31). La réussite aux blocs de Corsi (condition directe et indirecte) peut se définir par un traitement formalisable en termes « vectoriels ». Nous entendons par traitement vectoriel, une relation bloc à bloc (2 à 2) qui nécessite simultanément une direction (D), un sens (S) et une longueur (L) corrects. Si ces trois critères sont remplis pour chaque déplacement cube à cube de la séquence visuo-spatiale, il y a alors réussite à l'épreuve. Les vecteurs sont définis par une direction, un sens et une longueur. Dans la relation vectorielle cube à cube de la tâche expérimentale, la direction (D) correspond à l'axe directionnel d'un bloc à l'autre, le sens au bon ordre séquentiel entre deux blocs et la longueur à la localisation correcte du bloc d'arrivée. A titre d'exemple le déplacement du bloc 5 au bloc 8 se traduit en un vecteur $\vec{58}$ dont la direction est celle de la droite (58), le sens celui du cube 5 vers le cube 8 et la longueur celle du segment [58]. Le bloc 5 correspond à l'origine du vecteur $\vec{58}$ et le bloc 8, à son extrémité.

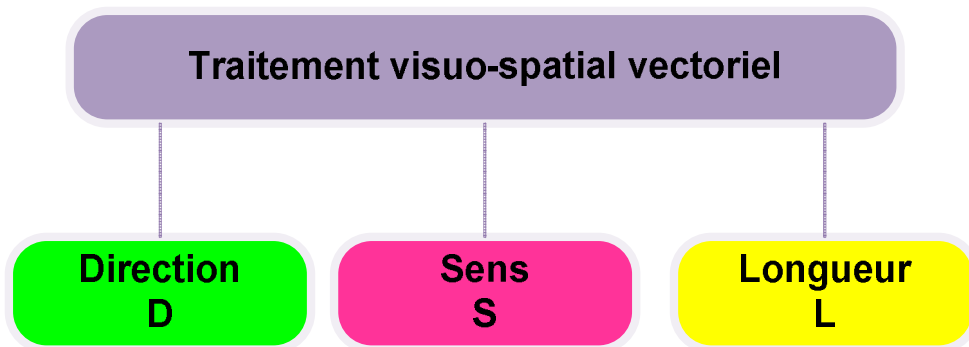


Figure 29 : représentation schématique du traitement visuo-spatial vectoriel.

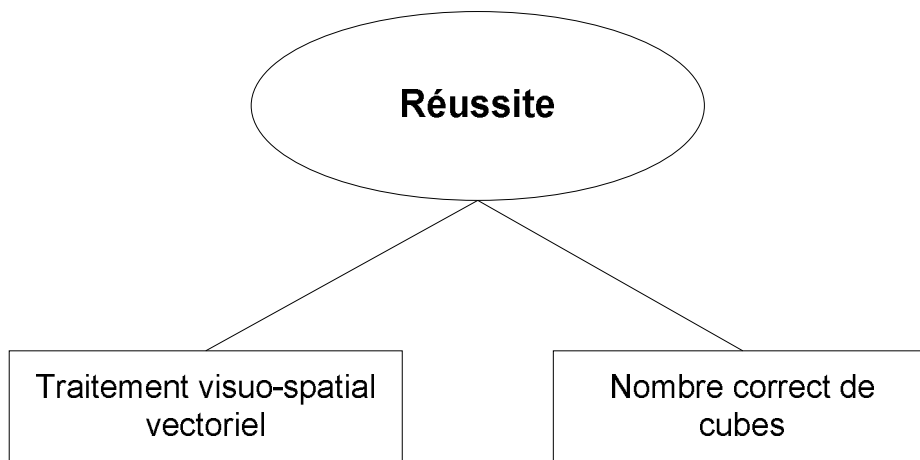


Figure 30 : modélisation de la réussite à l'épreuve des blocs de Corsi condition directe et indirecte.

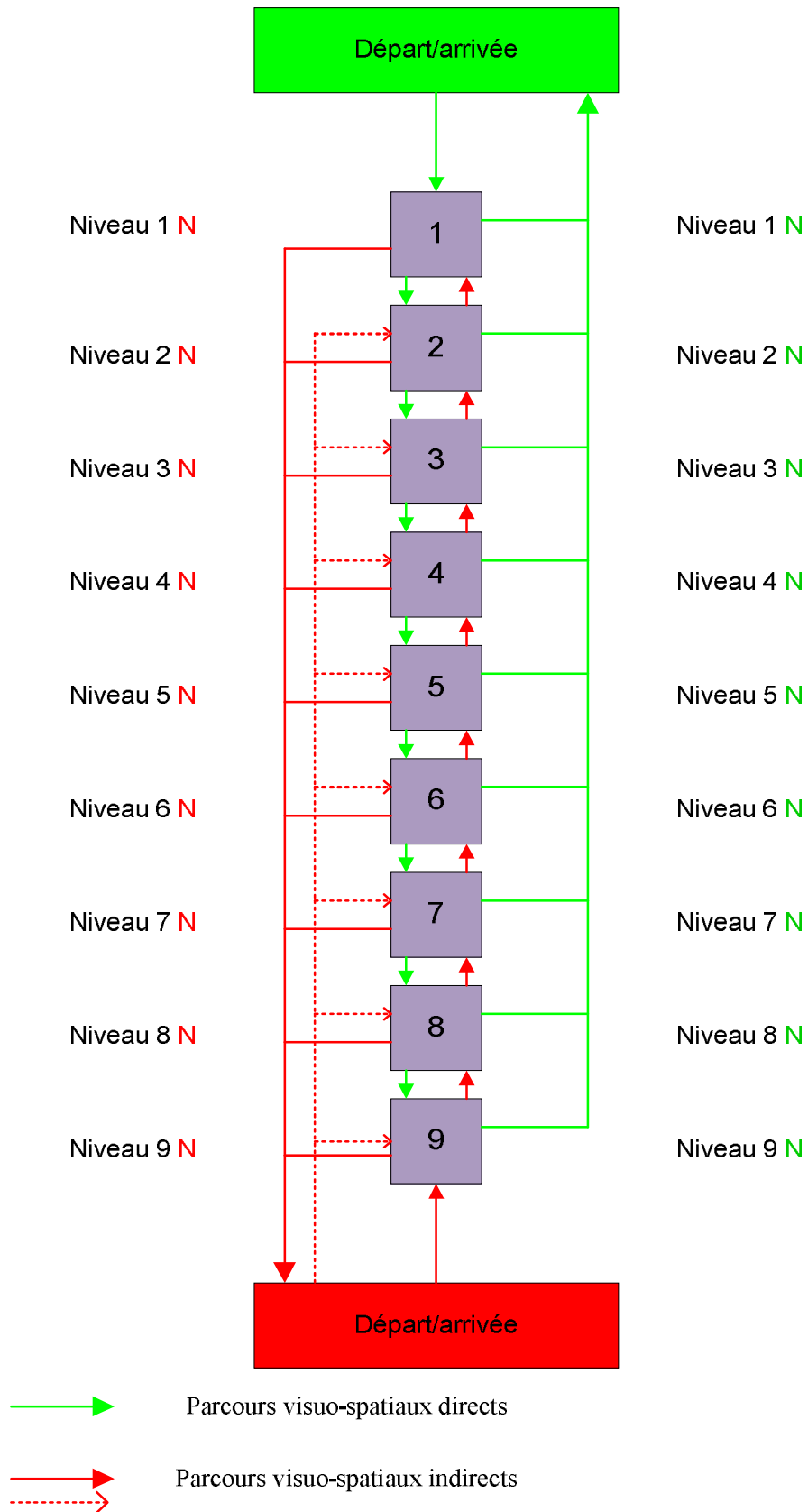


Figure 31 : Schématisation du traitement visuo-spatial vectoriel impliquant une Direction, un Sens et une Longueur corrects, condition directe et indirecte.

5.5 Traitements visuo-spatiaux induisant un échec

Ce point aborde les différents traitements visuo-spatiaux qui se rencontrent en situation d'échec lors de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. Notre analyse a permis de mettre en évidence trois grands types de traitements visuo-spatiaux correspondant à une situation d'échec. Ces trois types de traitement sont formalisables en termes de traitement « vectoriel partiel », de traitement « identité stricte » ou de traitement « approximatif ». Chacun des protocoles d'erreurs analysés peut être lacunaire c'est-à-dire avec un nombre de cubes incorrect (omission). On constate également que certains protocoles d'erreurs ne se caractérisent pas uniquement à l'aide d'un seul traitement visuo-spatial, mais par la combinaison de plusieurs. Enfin quelques protocoles ne mettent en évidence aucun traitement visuo-spatial identifiable. Le point suivant définit ces différents traitements visuo-spatiaux.

5.5.1 Définition des différents traitements visuo-spatiaux

5.5.1.1 Traitement visuo-spatial vectoriel partiel

Un traitement visuo-spatial vectoriel partiel se définit par un traitement vectoriel incomplet entre deux blocs, le sens étant toujours correct ; il s'agit donc d'une erreur de direction ou de longueur. Il s'agit d'un traitement visuo-spatial très similaire à un traitement vectoriel qui traduit la réussite à l'épreuve. Dans ce type de traitement visuo-spatial, la relation vectorielle est définie comme partielle soit parce que la direction (D) c'est-à-dire, l'axe directionnel d'un cube à l'autre est faux ou soit car la longueur entre deux cubes consécutif est incorrecte (mauvaise localisation) (figure 32).

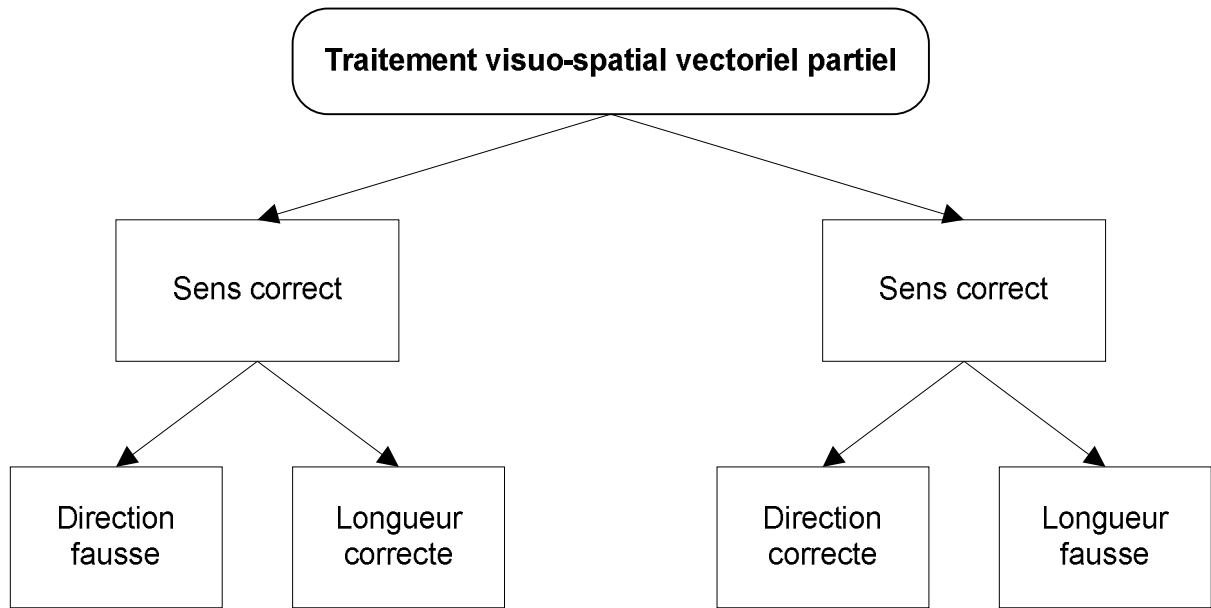


Figure 32 : modélisation du traitement visuo-spatial vectoriel partiel.

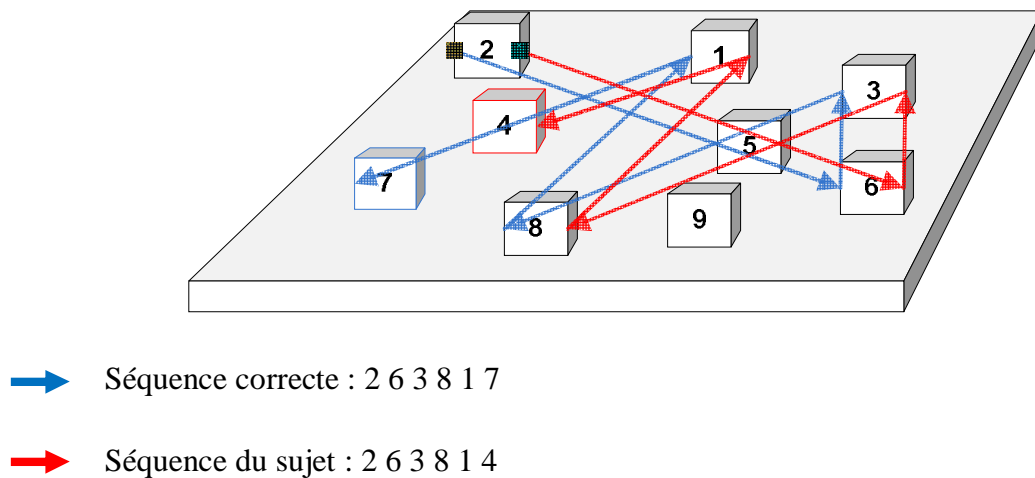
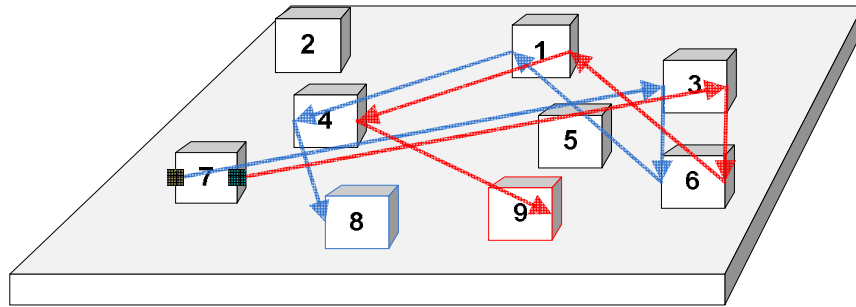


Figure 33 : exemple de protocole d'erreur de traitement visuo-spatial vectoriel partiel (direction correcte, longueur fausse), sujet contrôle n°20 condition indirecte niveau 6 essai 1.



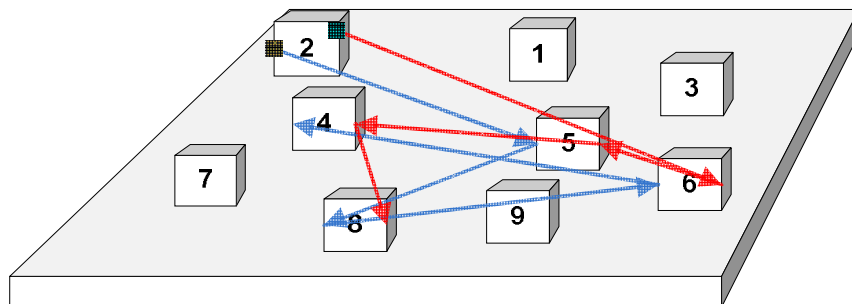
➡ Sequence correcte : 7 3 6 1 4 8

➡ Séquence du sujet : 7 3 6 1 4 9

Figure 34 : exemple de protocole d'erreurs de traitement visuo-spatial vectoriel partiel (direction fausse, longueur correcte), sujet contrôle n° 1 condition directe niveau 6 essai 2.

5.5.1.2 Traitement visuo-spatial identité stricte

Un traitement spatial identité stricte se définit lorsque tous les blocs d'une séquence sont pointés mais il n'apparaît aucune relation de type vectoriel entre les blocs. Les cubes sont retenus individuellement comme s'ils n'appartenaient pas à une séquence unifiée.



➡ Parcours correct : 2 5 8 6 4

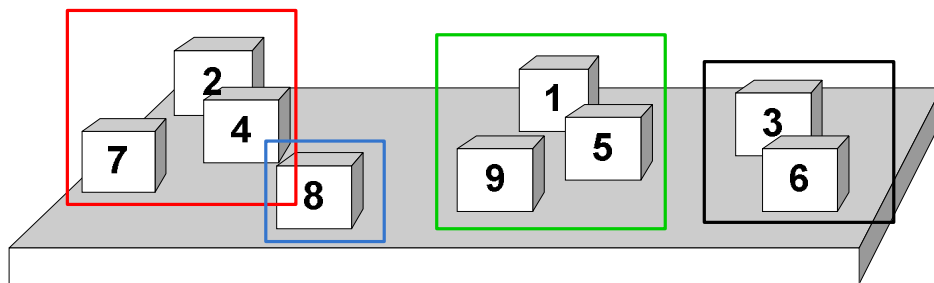
➡ Parcours spatial strict : 2 6 5 4 8

Figure 35 : exemple de protocole d'erreurs de traitement visuo-spatial identité stricte, sujet contrôle n°5 condition indirecte niveau 5 essai 1.

5.5.1.3 Traitement visuo-spatial approximatif

Un traitement spatial approximatif se définit par une absence de relation vectorielle entre les blocs et, de plus, ce ne sont pas les bons blocs qui sont pointés : seule la localisation approximative en terme de zones dans lesquelles se situent les blocs est retenue. Dans ce

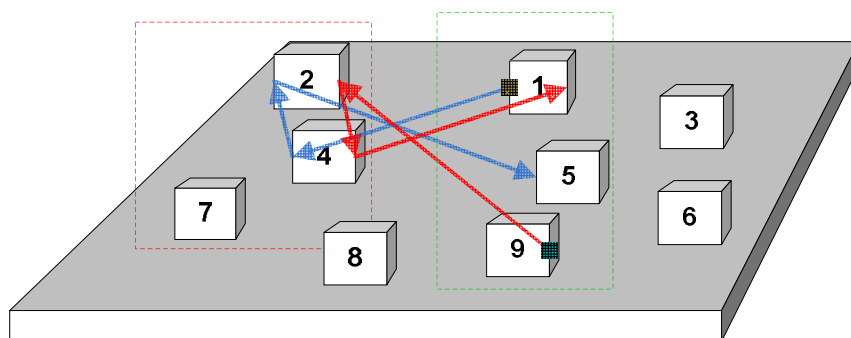
traitement visuo-spatial, la planche sur laquelle les cubes sont disposés semble divisée en plusieurs zones et ce sont ces zones qui sont restituées par les individus. Dans nos analyses de protocole, nous avons dégagé quatre zones (figure 36) qui semblent le mieux correspondre aux découpages topographiques réalisées par les sujets. Afin de vérifier cette proposition de quatre grandes zones, nous avons réalisé une expérience (annexe 12) dans laquelle nous avons présenté à des sujets adultes sains la planche des blocs de Corsi. Les sujets devaient regrouper des cubes entre eux afin de former des zones. 85% des sujets ont découpé la planche de manière identique à la nôtre (la zone 1 correspond aux cubes 7,4 et 2, la zone 2 au cube 8, la zone 3 aux cubes 9,5 et 1 et la zone 4 aux cubes 3 et 6).



Face expérimentateur

Zone 1 ; Zone 2 ; Zone 3 ; Zone 4

Figure 36 : représentation schématique des quatre zones de la planche des blocs de Corsi.



➡ Parcours correct : 1 4 2 5

➡ Parcours spatial approximatif : 9 2 4 1

Figure 37 : exemple de protocole d'erreurs de traitement visuo-spatial approximatif, sujet Alzheimer n°7 condition indirecte niveau 4 essai 2.

5.5.1.4 Le modèle des contraintes de Richard, Poitrenaud et Tijus (1993)

Les traitements vectoriels partiels, identités strictes et approximatifs peuvent s'interpréter en analogie avec le modèle des contraintes de Richard, Poitrenaud et Tijus (1993). Dans leur modèle, les auteurs décrivent la représentation d'un problème comme constitué d'une liste de contraintes inhérentes au problème à résoudre. Ils définissent une contrainte comme une restriction sur les actions qui sont possibles et cela pour chaque étape de la résolution. Ce modèle repose sur l'idée centrale selon laquelle les sujets, lors de la résolution d'un problème, essaient de respecter l'ensemble des contraintes mais dans certains cas appelés impasses, décident de ne pas respecter une des contraintes, souvent celle jugée la moins importante. Pour Richard et *al.* (ibid.), à chaque étape de la 'situation-problème' une contrainte détermine un sous-ensemble d'actions dont certaines sont autorisées et d'autres interdites. Deux sortes de contraintes sont décrites dans ce modèle, les contraintes objectives et les contraintes subjectives. Les contraintes objectives sont celles inhérentes à la consigne donnée et les contraintes subjectives sont celles liées à la représentation que les individus se font de la situation-problème. « Ainsi, la représentation que le sujet a de la situation à un moment donné est formalisée par une liste de contraintes relatives à l'interprétation de la situation, aux heuristiques, aux buts, et à la mémorisation des événements de la résolution » (Clément, 2009, p. 42). Lorsqu'une action est permise, les individus ont recours à celle-ci : en revanche, lorsque la liste de contraintes ne laisse aucune action réalisable, intervient un mécanisme de relaxation des contraintes (Richard et *al.*, ibid.). Ce mécanisme de relaxation est répété plusieurs fois jusqu'à ce qu'une action devienne réalisable pour l'individu, à chaque fois il s'agit d'un abandon de la contrainte considéré la moins importante de la liste.

Nous avons choisi d'appeler contraintes les trois règles qui définissent le formalisme vectoriel en analogie au modèle de Richard et *al.* (ibid.), même si effectivement les contraintes définies ici ne sont pas identiques à la définition des auteurs. Nous avons bien conscience que la résolution des blocs de Corsi ne permet pas de transformation ni de construction d'un sous-ensemble d'actions possibles pour la solution. Toutefois, nous défendons l'idée que la résolution des blocs de Corsi est bien déterminée par le respect des trois contraintes inhérentes au formalisme vectoriel. Dans cette épreuve nous ne pouvons également pas évoquer des situations d'impasse telles que Richard et *al.* (ibid.) les définissent. Lors de la résolution des blocs de Corsi, une situation d'impasse se traduit par une séquence

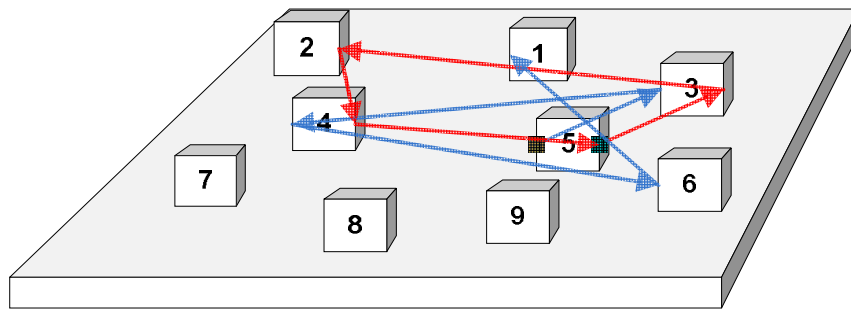
visuo-spatiale considérée par les sujets comme trop complexe pour mettre en œuvre le traitement visuo-spatial vectoriel (celui de la réussite).

De ce fait, les traitements vectoriels partiels, identité stricte et approximatifs peuvent être interprétés comme un abandon de certaines contraintes inhérentes au formalisme vectoriel de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. Dans cette 'situation-problème', les contraintes sont représentées par le formalisme vectoriel (direction, sens et longueur corrects) entre chaque cube de la séquence (condition directe ou indirecte). En fonction de la représentation que les sujets se font de l'épreuve et du cheminement visuo-spatial à reproduire notamment lorsque celui-ci est jugé complexe, ils vont abandonner, lors des situations d'impasse, une ou plusieurs contraintes jugées la ou les moins importantes. Selon le formalisme vectoriel que nous avons utilisé, lors d'un traitement qualifié de vectoriel partiel, les sujets abandonnent la contrainte direction ou longueur. Pour celui qualifié d'identité stricte, les sujets abandonnent le formalisme vectoriel complet (direction, sens et longueur) cube à cube, c'est-à-dire qu'ils considèrent les blocs sans lien entre eux, comme des entités distinctes d'un tout qui constitue la séquence visuo-spatiale. Pour le traitement approximatif, les sujets abandonnent les trois contraintes du formalisme vectoriel et la contrainte de la localisation précise du bloc (identité stricte) au profit de la localisation d'une zone à l'intérieur de laquelle se situe le cube.

L'interprétation que nous proposons soulève une question : le modèle des contraintes de Richard et *al.* (ibid.) ne peut-il pas s'appliquer à des activités de résolution de problème 'simple' comme celui des blocs de Corsi ?

5.5.1.5 Traitement mixte

Un traitement mixte correspond à plusieurs traitements visuo-spatiaux au sein d'un même parcours. Ce type de traitement témoigne de la difficulté à gérer certaines séquences avec le même traitement visuo-spatial, ce qui peut se traduire comme « une saturation cognitive ». Le traitement visuo-spatial en cours devenant trop coûteux sur le plan cognitif, les individus changent de traitement pour basculer sur un traitement plus économique qui peut refléter le mécanisme de relaxation de Richard et *al.* (ibid.) au sein d'une même séquence visuo-spatiale. Dans la majorité des cas les sujets commencent par un traitement vectoriel ou vectoriel partiel puis dérivent vers un traitement visuo-spatial strict ou approximatif (annexe 16).



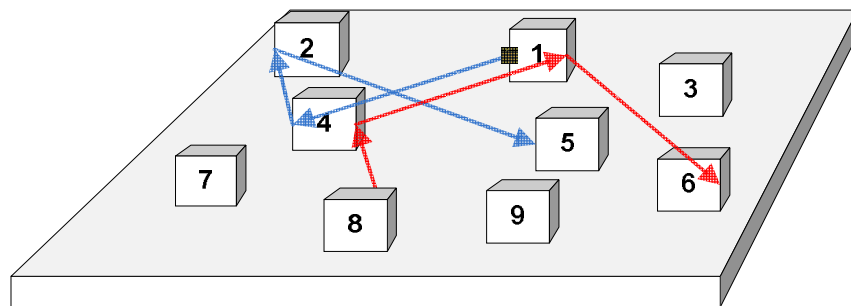
→ Séquence correcte : 5 3 4 6 1

→ Séquence du sujet : 5 3 2 4 5

Figure 38 : exemple de protocole d'erreurs de traitement visuo-spatial mixte, sujet Alzheimer n°12 condition directe niveau 5 essai 1 (traitement vectoriel + traitement approximatif).

5.5.1.6 Traitement aléatoire

Un traitement aléatoire se traduit par une absence de stratégie visuo-spatiale identifiable lors de la résolution de la tâche. Ce traitement peut s'interpréter par le fait que les sujets pointent des blocs de manière apparemment aléatoire dans le simple but de fournir une réponse. Dans certains protocoles les analyses montrent que seul le nombre de blocs a été retenu et restitué.



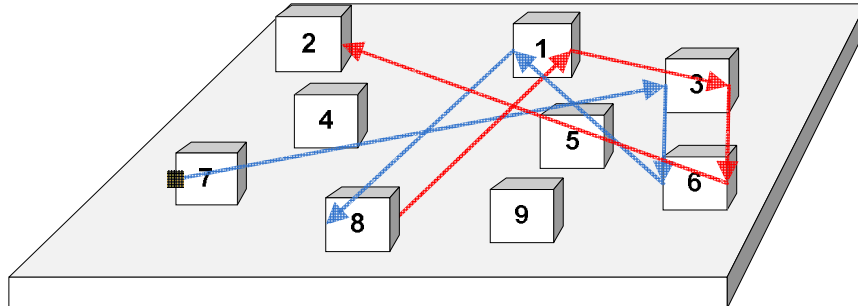
→ Séquence correcte : 1 4 2 5

→ Séquence du sujet : 8 4 1 6

Figure 39 : exemple de protocole d'erreurs traitement aléatoire, sujets Alzheimer n°16 condition indirecte niveau 4 essai 2.

5.5.1.7 Traitement endroit et traitement lacunaire

Les traitements endroit se rencontrent uniquement lors de la condition indirecte car les blocs pointés sont dans le même ordre que celui de présentation. Ceci correspond à un oubli de la consigne qui indique d'inverser l'ordre de présentation de l'expérimentateur.

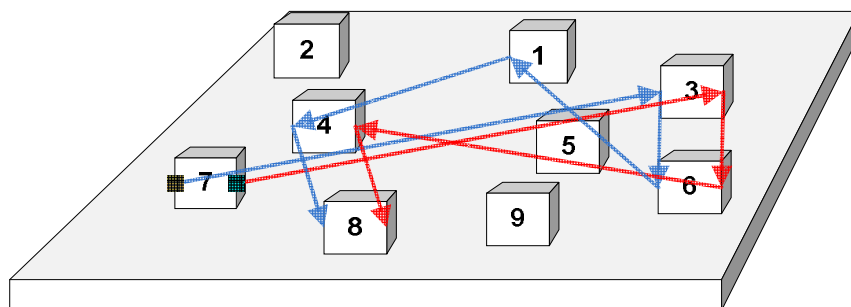


→ Séquence correcte présentation : 8 1 6 3 7 ; inversée : 7 3 6 1 8

→ Séquence du sujet : 8 1 3 6 2

Figure 40 : exemple de protocole d'erreurs condition indirecte 'oubli de consigne', sujet Alzheimer n°15 condition indirecte niveau 5 essai 2.

Un protocole de réponse est considéré comme lacunaire lorsqu'il présente l'omission d'un ou de plusieurs blocs.



→ Séquence correcte : 7 3 6 1 4 8

→ Séquence du sujet : 7 3 6 4 8

Figure 41 : exemple de protocole d'erreurs d'une séquence lacunaire, sujet Alzheimer n°4 condition directe niveau 6 essai 2.

5.5.2 Schématisations des traitements visuo-spatiaux induisant un échec

Ce point présente les différentes schématisations des différents formalismes expliquant un échec à la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. Ces schématisations permettent de représenter les différents protocoles d'erreurs rencontrés dans cette épreuve : les traitements

‘vectoriels partiels’ condition directe (figure 42), condition indirecte (figure 44), les traitements ‘identité stricte’ (figure 46) et les traitements ‘approximatifs’ (figure 48).

Les schématisations du traitement vectoriel partiel condition directe et condition indirecte englobent également la schématisation du traitement visuo-spatial « vectoriel ». Dans la majorité des protocoles, les sujets mettent en œuvre un traitement vectoriel partiel sur une ou deux relations vectorielles cube à cube. Pour le reste de la séquence visuo-spatiale il s’agit du traitement vectoriel (réussite) qui est mis en œuvre. Les schématisations (figures 42 et 44) permettent de représenter aussi bien les traitements vectoriels partiels avec une direction fausse que ceux avec une localisation fausse.

La schématisation du traitement visuo-spatial identité stricte modélise les protocoles où les cubes sont considérés comme indépendants les uns des autres (absence de relation vectorielle).

La schématisation du traitement visuo-spatial approximatif rend compte des protocoles dans lesquels ce sont les zones auxquelles les cubes appartiennent qui sont restituées et non le cube lui-même.

Chaque formalisation est illustrée d’un exemple. Nous n’avons pas représenté les traitements visuo-spatiaux mixtes, ce type de traitement visuo-spatial se schématisant avec la combinaison d’au moins deux des schématisations décrites ci-dessus.

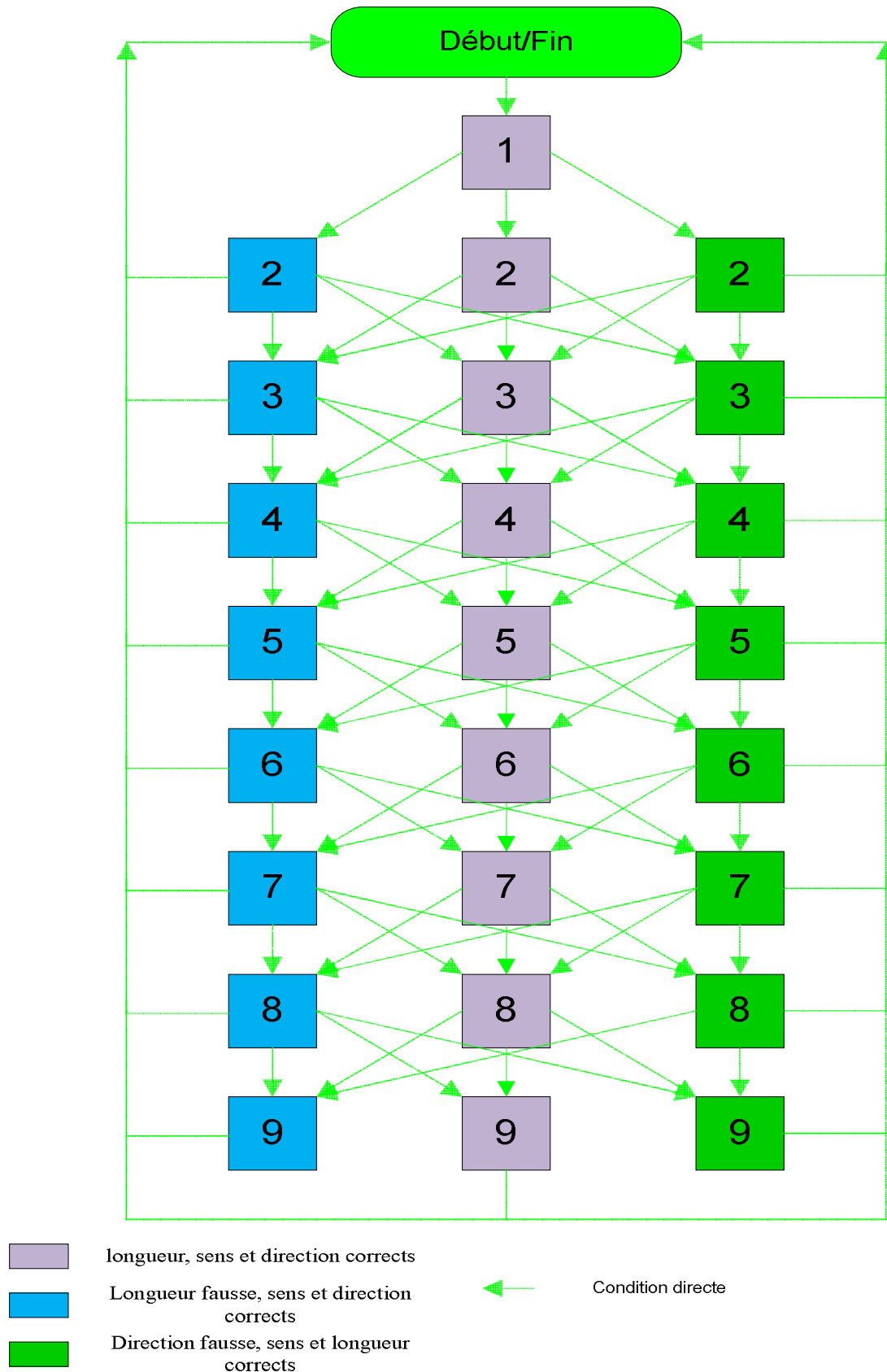


Figure 42 : schématisation du traitement visuo-spatial vectoriel partiel condition directe.

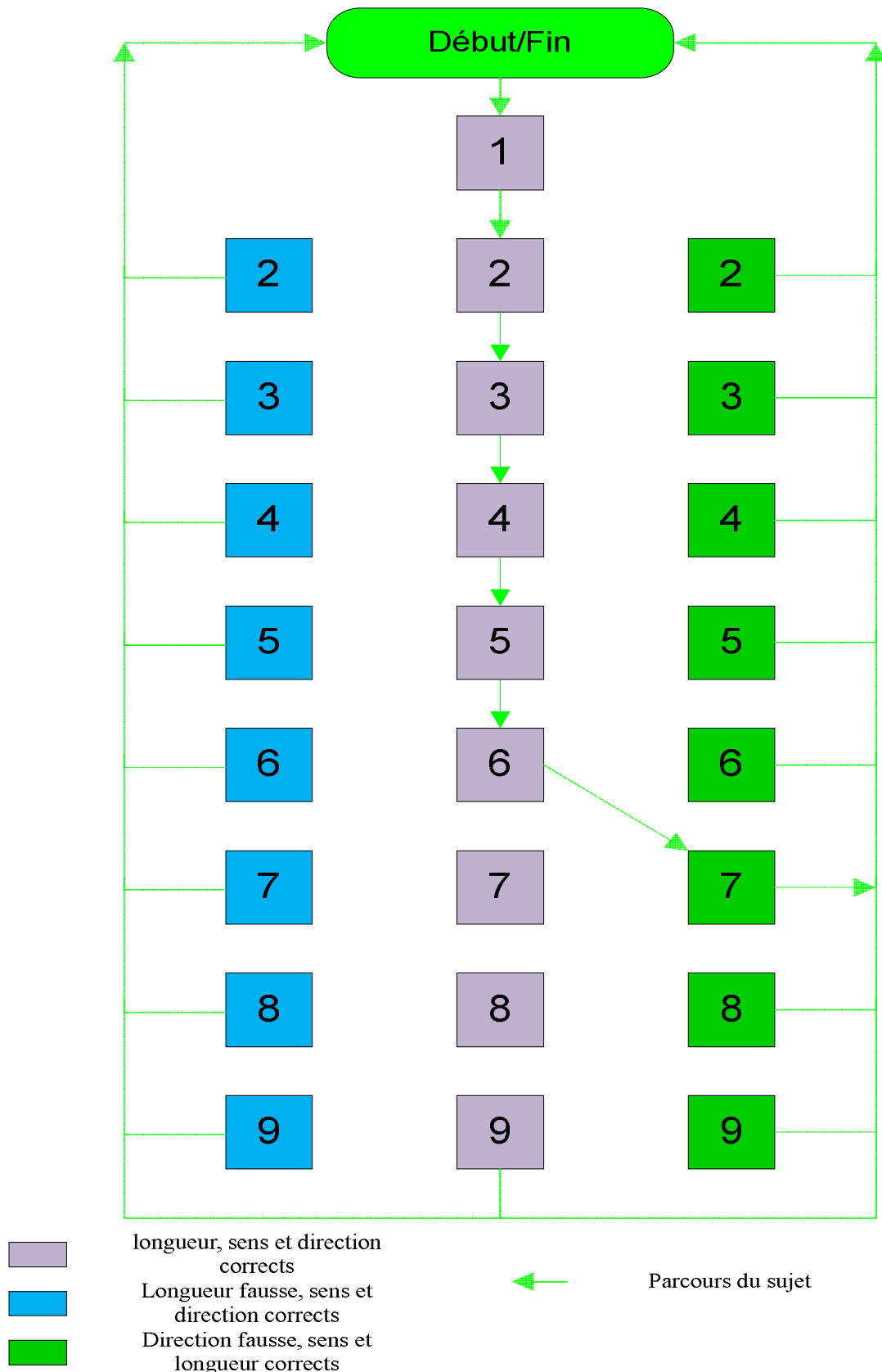


Figure 43: exemple de protocole d'erreurs de traitement visuo-spatial vectoriel partiel (direction fausse, longueur correcte), sujet contrôle n° 1 condition directe niveau 6 essai 2.

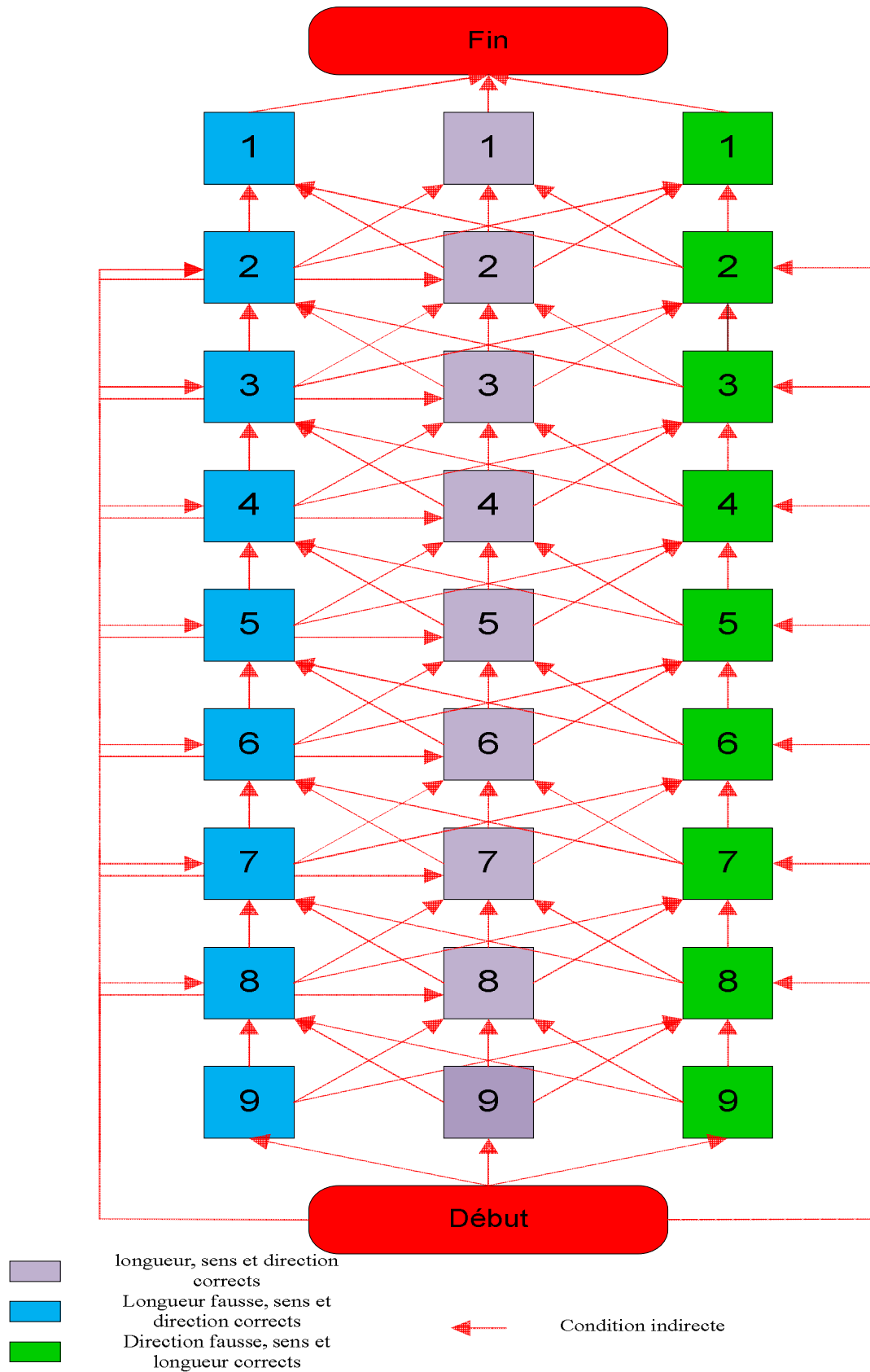


Figure 44: schématisation du traitement visuo-spatial vectoriel partiel condition indirecte.

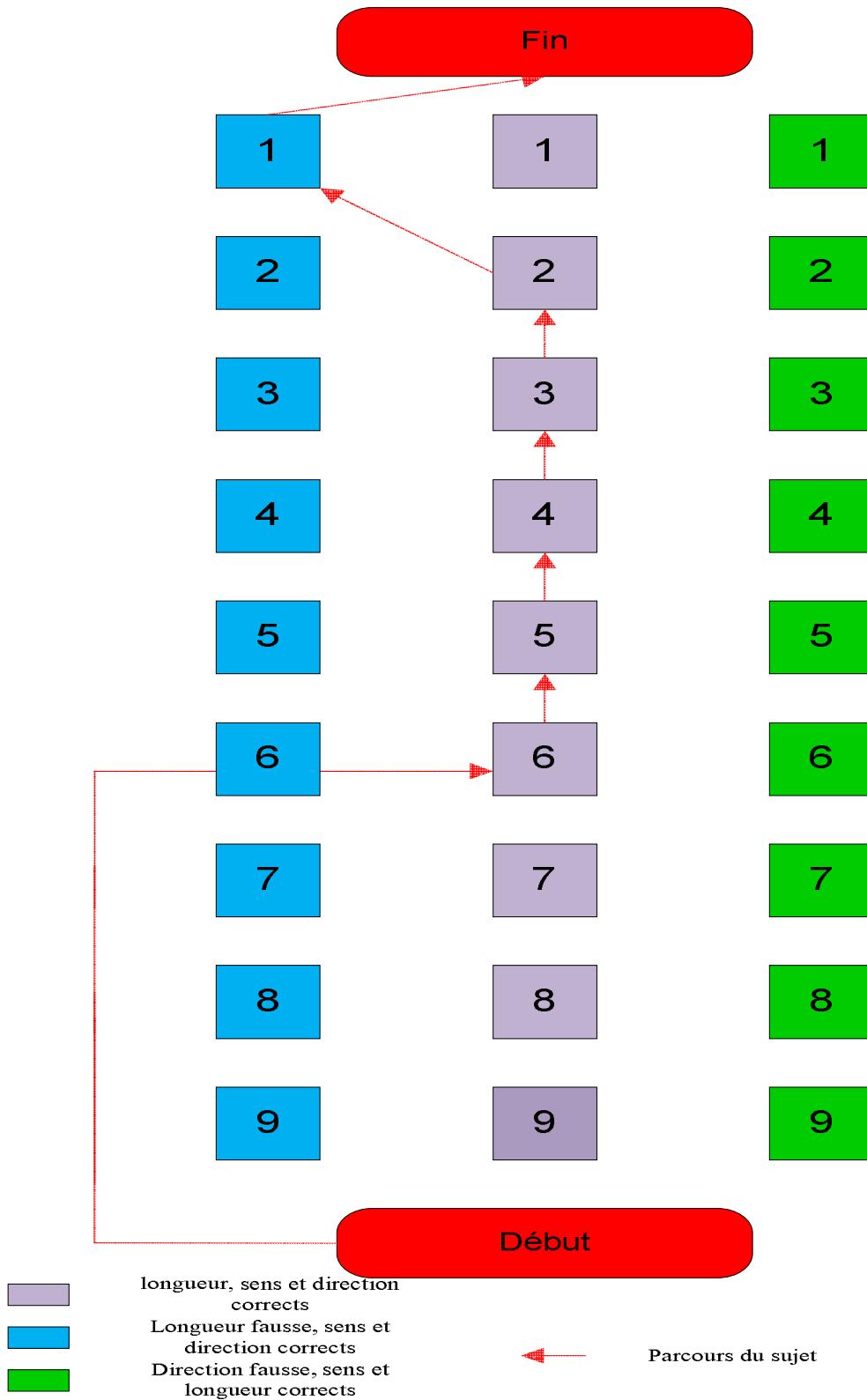


Figure 45: exemple de protocole d'erreurs de traitement visuo-spatial vectoriel partiel (direction correcte, longueur fausse), sujet contrôle n°20 condition indirecte niveau 6 essai 1.

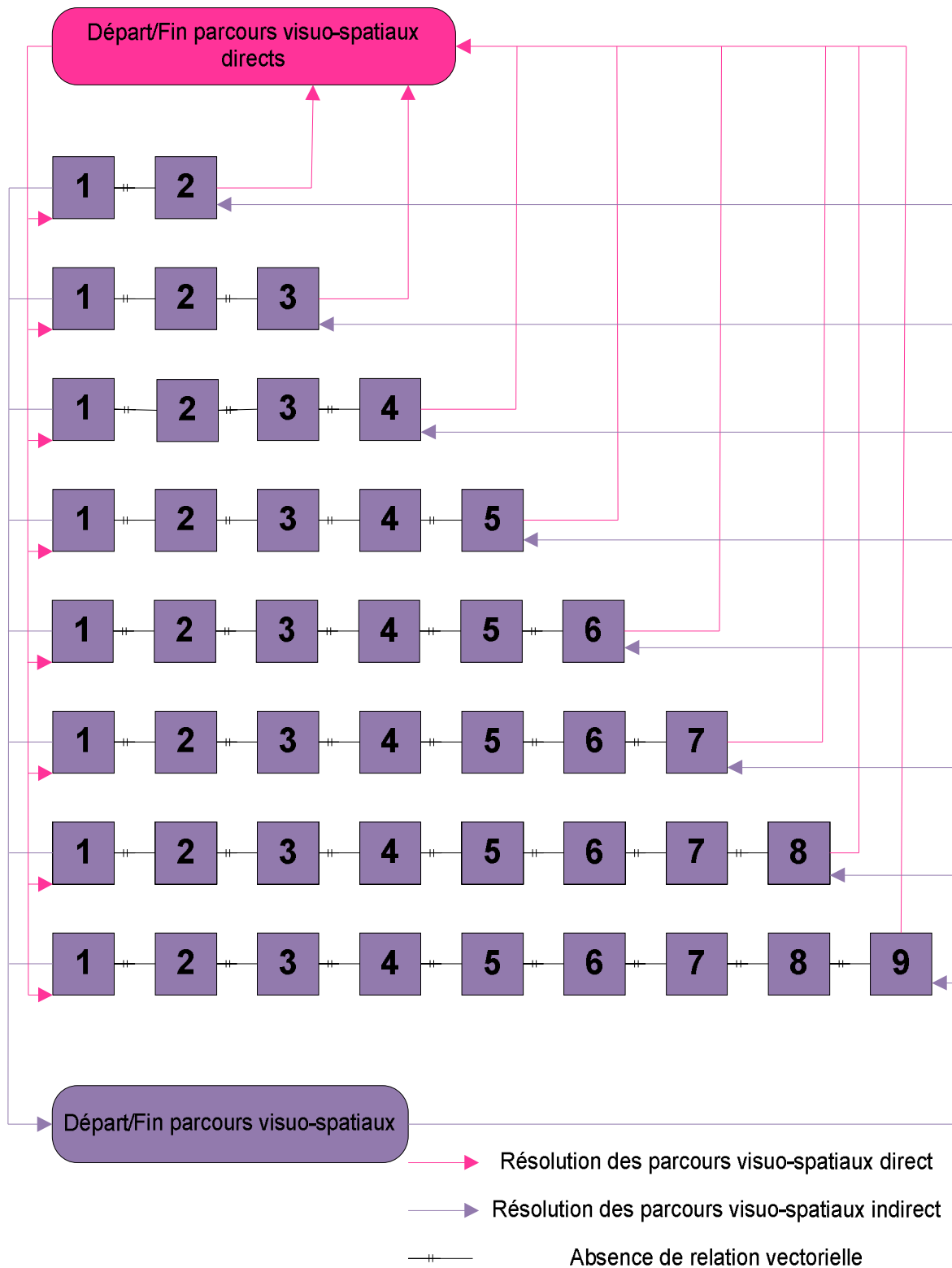


Figure 46: schématisation du traitement visuo-spatial identité stricte, condition directe et indirecte.

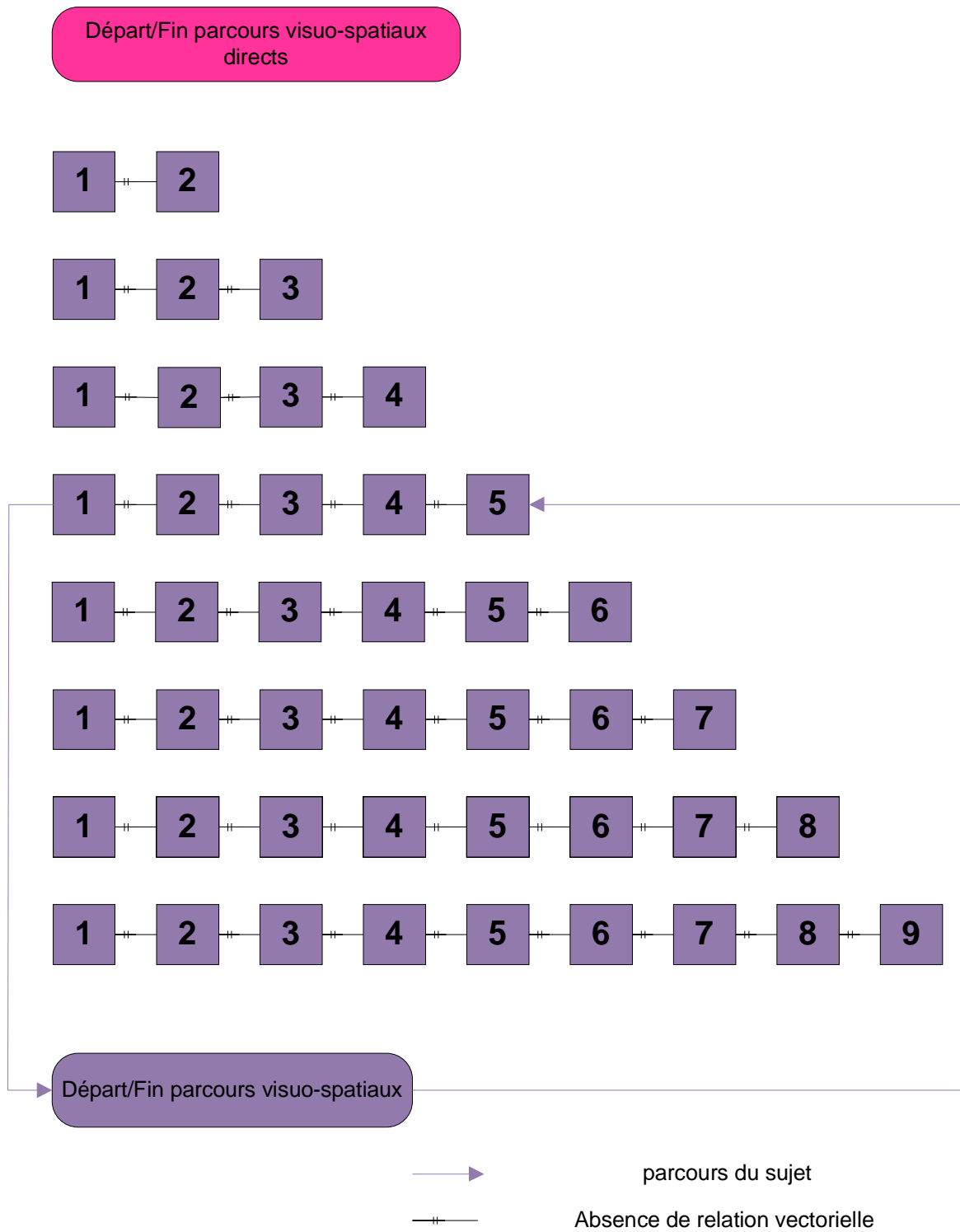


Figure 47: exemple de protocole d'erreurs de traitement identité stricte, sujet contrôle n°5 condition indirecte niveau 5 essai 1.

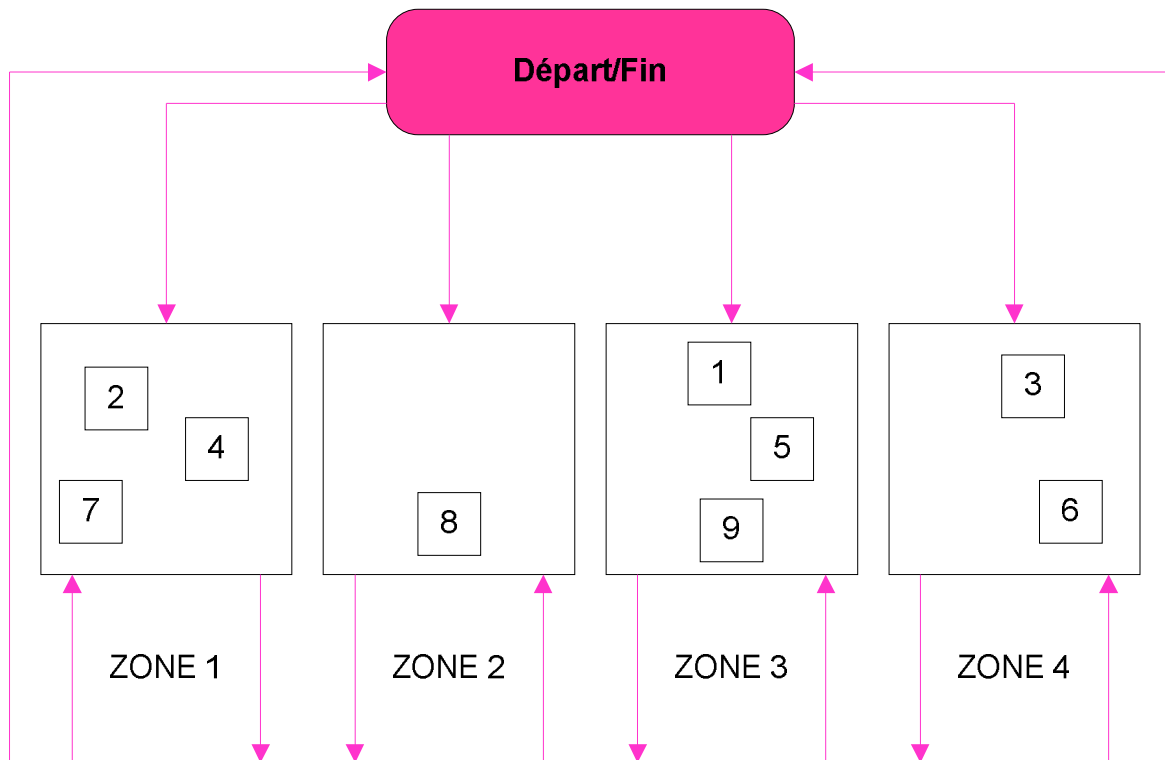


Figure 48 : schématisation du traitement visuo-spatial approximatif, condition directe et indirecte.

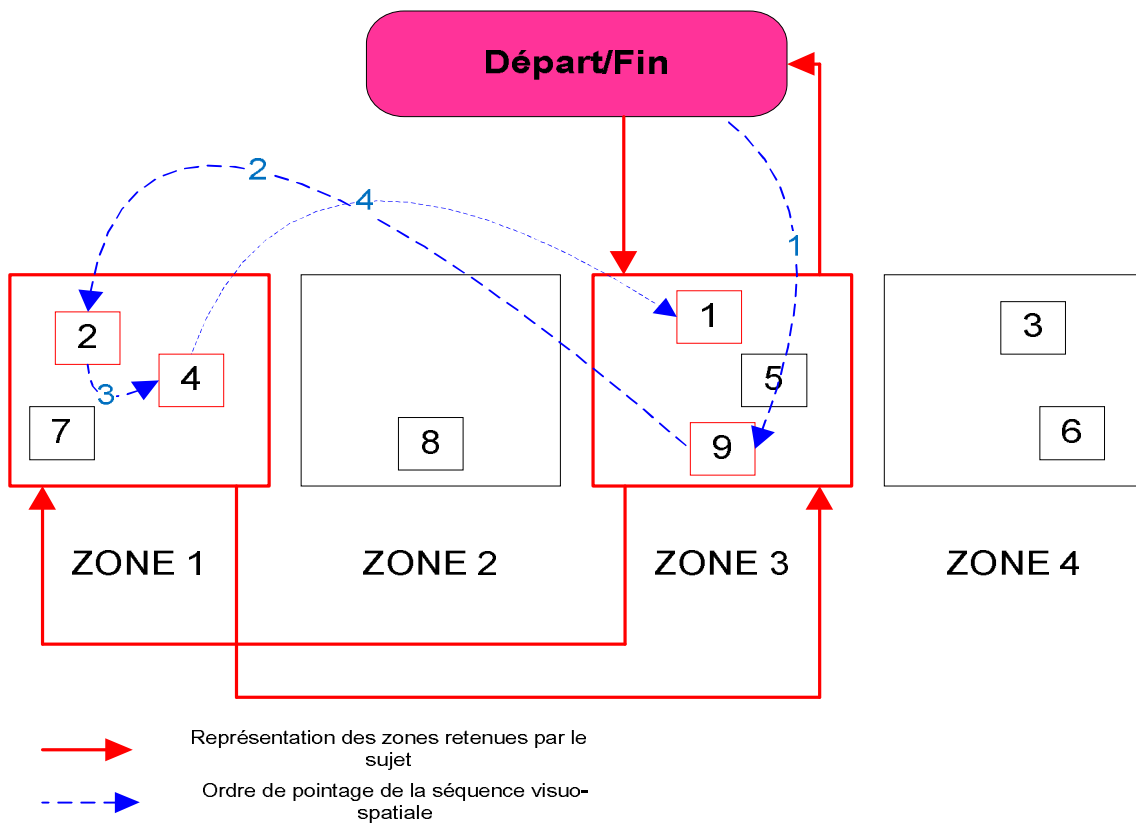


Figure 49: exemple de protocole d'erreurs de traitement visuo-spatial approximatif, sujet Alzheimer n°7 condition indirecte niveau 4 essai 2.

5.6 Hypothèses opérationnelles

5.6.1 Attentes générales pour le groupe Alzheimer et le groupe contrôle

5.6.1.1 Prédications sur la longueur des séquences correctement reproduites à l'épreuve des blocs de Corsi

- Les analyses portant sur la longueur des séquences correctement reproduites lors de la condition directe et indirecte devraient mettre en évidence des performances significativement inférieures pour le groupe de sujets Alzheimer. En effet, les patients Alzheimer présentent des difficultés à l'épreuve des blocs de Corsi (Orsini, Trojano, Chiacchio & Grossi, 1988 ; Carselino, Fadda, Sabbadini & Catagirone, 1996).

5.6.1.2 Prédications sur les différents types de traitements visuo-spatiaux

- Les attentes pour le traitement « vectoriel partiel » concernent le groupe contrôle qui devrait utiliser de façon significativement plus élevée ce mode de traitement visuo-spatial. Il s'agit du traitement cognitif visuo-spatial le plus proche du traitement visuo-spatial vectoriel (réussite à l'épreuve). De ce fait, les sujets contrôles devraient avoir recours à ce mode de traitement de manière plus importante que les sujets Alzheimer.
- Pour le traitement « identité stricte » et le traitement « approximatif » nos prédictions concernent le groupe des sujets Alzheimer. Comme il s'agit de traitements visuo-spatiaux qui s'avèrent moins coûteux cognitivement, en supprimant une ou deux contraintes inhérentes au problème, le groupe Alzheimer devrait avoir recours davantage à ces deux sortes de traitements visuo-spatiaux.
- Le traitement « mixte » devrait s'observer davantage dans le groupe des sujets Alzheimer. Le groupe Alzheimer devrait être plus sensible aux difficultés à maintenir un traitement visuo-spatial coûteux tout le long d'une séquence visuo-spatiale que le groupe contrôle.
- Les traitements lacunaires (omissions de blocs), tous traitements visuo-spatiaux confondus devraient se rencontrer de manière différentielle dans le groupe des sujets Alzheimer. La maladie d'Alzheimer devrait entraîner davantage d'erreurs de nombre.

- Les traitements visuo-spatiaux aléatoires c'est-à-dire ne correspondant à aucun traitement visuo-spatial identifiable devraient être significativement plus élevés dans le groupe des sujets Alzheimer.
- Lors de la condition indirecte, les traitements endroit devraient s'observer de manière plus importante pour le groupe Alzheimer. On s'attend à davantage d'oublis de consignes avec la maladie d'Alzheimer.

5.6.2 Attentes générales au sein du groupe Alzheimer

5.6.2.1 Prédications sur la longueur des séquences correctement reproduites à l'épreuve des blocs de Corsi

- Nous devrions observer une différence significative concernant la longueur des séquences reproduites sans erreurs aussi bien lors de la condition directe que lors de la condition indirecte entre les deux groupes de sujets Alzheimer, avec des scores significativement plus bas pour le groupe des sujets à un stade modéré.

5.6.2.2 Prédications sur les types de traitements cognitifs visuo-spatiaux

- Les traitements « vectoriels partiels » devraient être significativement plus élevés dans le groupe des sujets Alzheimer modérés par rapport au groupe des Alzheimer légers. Avec l'avancée dans la maladie l'utilisation de traitements visuo-spatiaux coûteux (abandon de la contrainte direction ou longueur du traitement vectoriel) devrait moins se rencontrer.
- Les traitements « identité stricte » devraient se rencontrer davantage dans le groupe des sujets Alzheimer modérés car il s'agit d'un traitement moins coûteux sur le plan cognitif (abandon d'une contrainte).
- Les traitements « approximatifs » (abandon de 2 contraintes) qui simplifient davantage le coût cognitif devraient être significativement plus nombreux dans le groupe des sujets Alzheimer modérés.

- les traitements « aléatoires » devraient être significativement plus nombreux dans le groupe des sujets Alzheimer modérés que dans le groupe des sujets Alzheimer légers.
- Lors de la condition indirecte nos prédictions sur les traitements endroits concernent le groupe des sujets Alzheimer modérés qui devraient oublier davantage la consigne inversée que le groupe des sujets Alzheimer légers.

5.7 Résultats

5.7.1 Analyses quantitatives de la longueur des séquences correctement reproduites

5.7.1.1 Condition directe

5.7.1.1.1 Groupe Alzheimer-groupe contrôle

Lors de la condition directe les sujets Alzheimer [score moyen = 4,34 ; ET = 0,9] montrent des résultats significativement plus bas que ceux du groupe des sujets contrôles [score moyen = 5,2 ; ET = 0,51] [$t(100) = 4,34$; $p < 0,001$] (figure 50) (annexe 17). Ces résultats sont en accord avec nos attentes, la maladie d'Alzheimer affecte les performances des sujets lors de l'épreuve des blocs de Corsi en condition directe.

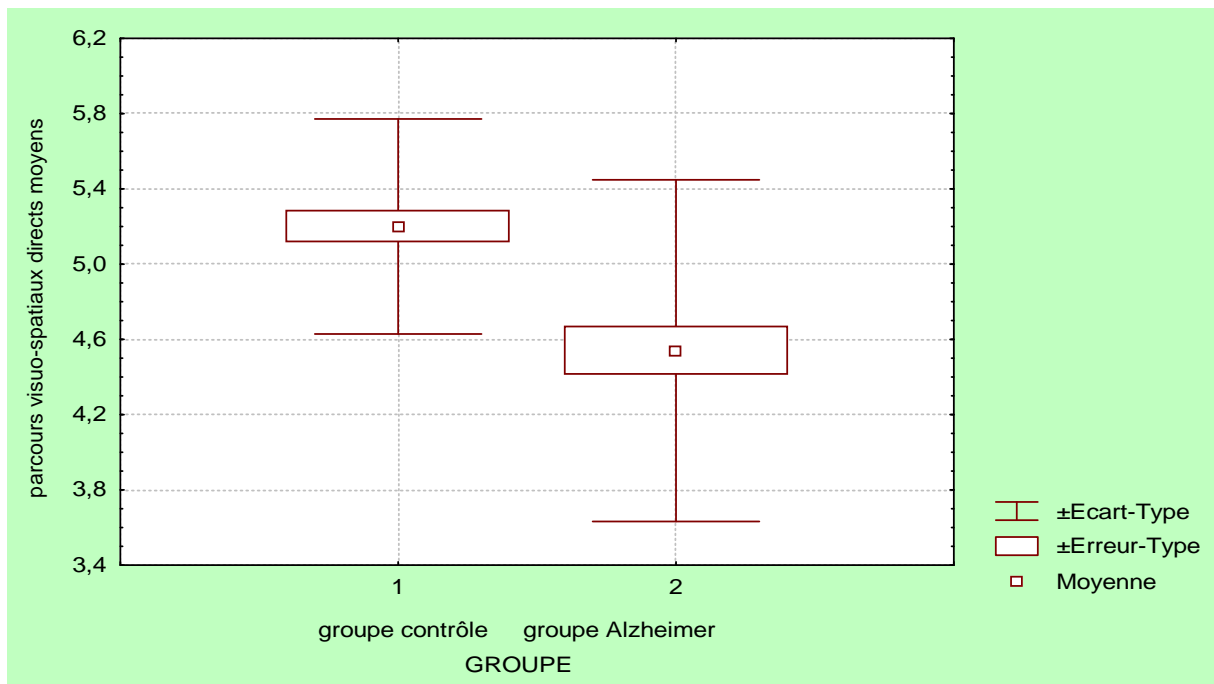


Figure 50 : scores moyens à la condition directe pour le groupe Alzheimer et pour le groupe contrôle.

5.7.1.1.2 Au sein du groupe Alzheimer

Aucune différence significative ne s'observe entre les deux groupes de sujets Alzheimer [score moyen groupe stade léger = 4,57 ; ET= 0,8] [score moyen groupe stade modéré = 4,45 ; ET= 1,02] [$t(50) = 0,45$; $p < 0,649$] (figure 51) (annexe 18).

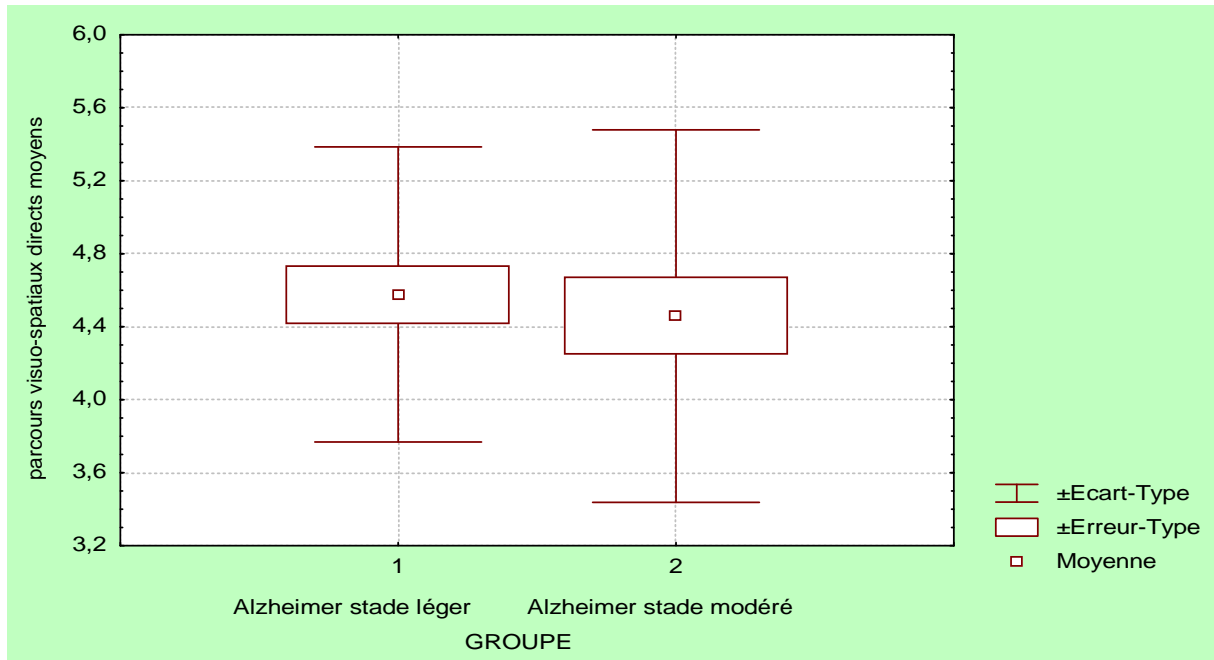


Figure 51: scores moyens à la condition directe pour le groupe Alzheimer léger et Alzheimer modéré.

L'analyse réalisée au sein du groupe Alzheimer montre que le stade de la maladie n'a pas d'effet sur la condition directe des blocs de Corsi. On ne peut pas conclure que les capacités à traiter l'information visuo-spatiale de manière directe soient moins altérées au stade léger qu'au stade modéré de la maladie.

5.7.1.2 Condition indirecte

5.7.1.2.1 Groupe Alzheimer-groupe contrôle

Lors de la condition indirecte de l'épreuve des blocs de Corsi, on observe une différence significative entre le groupe des sujets Alzheimer et le groupe des sujets contrôles. La longueur moyenne des séquences correctement reproduites est significativement inférieure dans le groupe Alzheimer [score moyen groupe Alzheimer = 3,82 ; ET = 0,71] [score moyen groupe contrôle = 4,72 ; ET = 0,75] [$t(100) = 6,09$; $p < 0,0001$] (figure 52) (annexe 17).

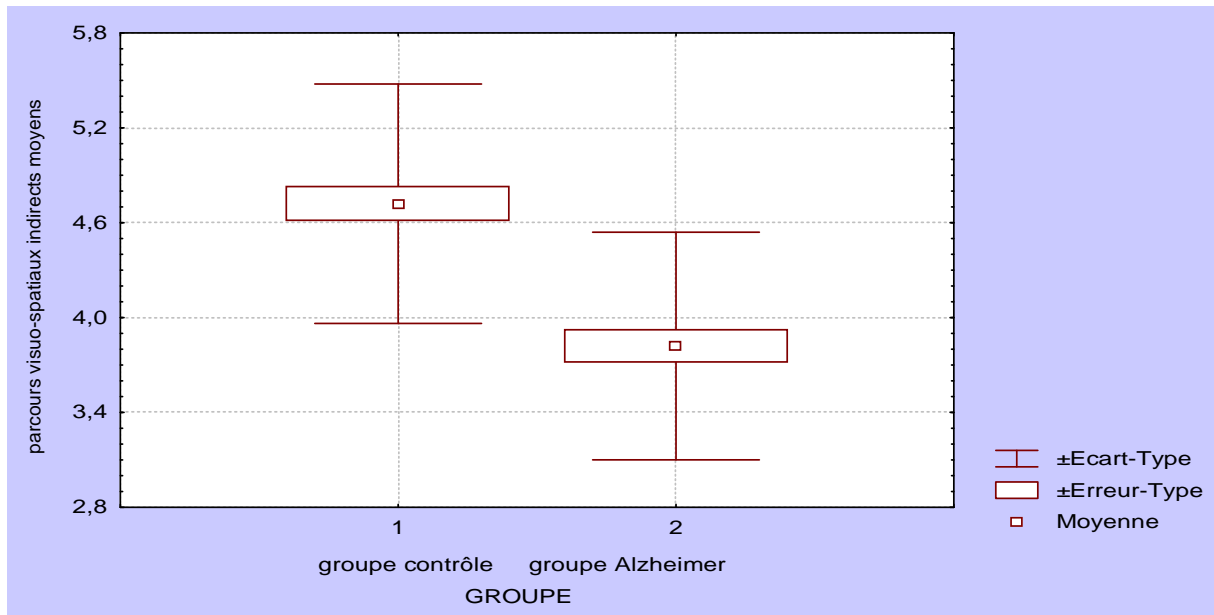


Figure 52: scores moyens à la condition indirecte pour le groupe Alzheimer et le groupe contrôle.

5.7.1.2.2 Au sein du groupe Alzheimer

Les analyses réalisées lors de la condition indirecte montrent une différence statistique entre les deux groupes de sujets Alzheimer. Les sujets Alzheimer à un stade modéré ont des performances significativement inférieures à celles des sujets Alzheimer à un stade léger [score moyen groupe stade léger = 4,03 ; ET = 0,77] [score moyen groupe stade modéré = 3,58 ; ET = 0,58] [$t(50) = 2,33$; $p < 0,0238$] (figure 53) (annexe 18).

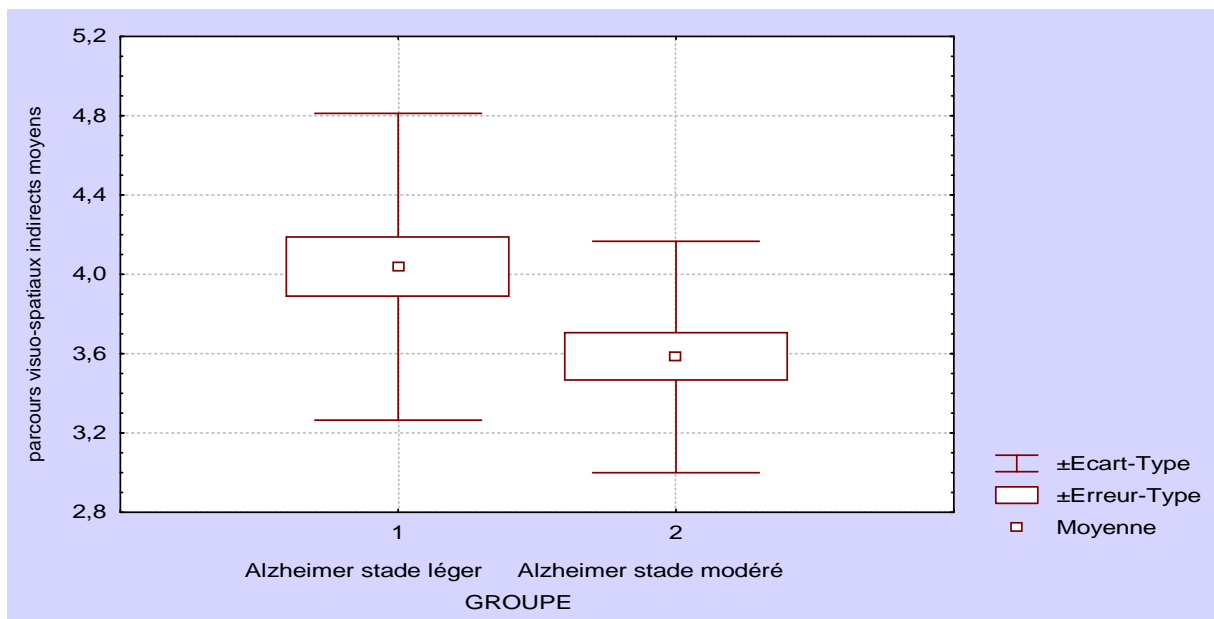


Figure 53: scores moyens à la condition indirecte pour le groupe Alzheimer léger et Alzheimer modéré.

La maladie d'Alzheimer entraîne des difficultés lors de la condition indirecte et l'avancée dans la maladie accroît celles-ci.

5.7.2 Analyses quantitatives des différents types de traitements cognitifs visuo-spatiaux

Pour chacun de nos deux groupes de sujets, chaque essai échoué lors de la résolution de la condition directe et de la condition indirecte du problème des blocs de Corsi a fait l'objet d'une analyse de protocole individuel (annexe 19) ce qui représente un total de 572 protocoles, 290 pour les sujets contrôles et 282 pour les sujets Alzheimer (145 pour ceux à un stade léger et 137 pour ceux à un stade modéré). Comme pour la première expérience, chaque protocole fut recueilli en direct par l'expérimentateur qui inscrivait sur une feuille de papier les cubes pointés au fur et à mesure par les sujets.

A partir des profils dégagés (qui reflètent le fonctionnement cognitif propre des sujets) des analyses statistiques ont été réalisées (annexe 20 et 21). Les erreurs commises lors de la condition indirecte niveau trois essai numéro deux ne rentrent pas dans les analyses. En effet, ce parcours forme une figure géométrique qui permet au sujet d'avoir recours au subitizing¹⁴ (annexe 22).

5.7.2.1 Traitements visuo-spatiaux vectoriels partiels

5.7.2.1.1 Analyses intergroupes

Conformément à nos prédictions, on observe un nombre moyen de traitements visuo-spatiaux « vectoriels partiels » significativement plus élevé pour le groupe des sujets contrôles [nombre moyen = 0,78 ; ET = 1,03] que pour le groupe des sujets Alzheimer [nombre moyen = 0,16 ; ET = 0,42] [$t(100) = 3,91$; $p < 0,001$] mais uniquement pour la condition indirecte.

Aucune différence ne s'observe entre nos deux groupes de sujets pour la condition directe [nombre moyen pour le groupe Alzheimer stade léger = 0,9 ; ET = 0,93] [nombre moyen pour le groupe Alzheimer stade modéré = 0,62 ; ET = 0,63] [$t(100) = 1,756$; $p < 0,082$].

¹⁴ Il s'agit de la perception d'une quantité sans avoir recours au comptage. Selon Mandler et Shebo (1982), le subitizing fonctionne jusqu'à 4.

5.7.2.1.2 Analyses intra-groupe Alzheimer

L'analyse réalisée au sein du groupe Alzheimer ne montre aucune différence significative en fonction du stade de la maladie, ni pour la condition directe, ni pour la condition indirecte. Aucun profil comportemental propre à un stade de la maladie ne s'observe pour les traitements visuo-spatiaux vectoriels partiels.

5.7.2.2 Traitement visuo-spatiaux identité stricte

5.7.2.2.1 Analyses intergroupes

Les analyses réalisées sur les traitements «identité stricte » mettent en évidence une différence significative entre les deux groupes de sujets. Contrairement à nos attentes ce sont les sujets contrôles qui utilisent, en moyenne, davantage ce type de traitement visuo-spatial mais cela uniquement pour la condition indirecte [moyenne du groupe contrôle = 1,38 ; ET = 0,83] [moyenne du groupe Alzheimer = 0,96 ; ET = 0,9] [$t(100) = 2,42$; $p < 0,017$].

Aucune différence intergroupes significative ne s'observe pour la condition directe.

5.7.2.2.2 Analyses intra-groupe Alzheimer

Au sein du groupe Alzheimer que ce soit lors de la condition directe ou indirecte aucun résultat ne ressort de nos analyses statistiques. Contrairement à nos attentes les sujets Alzheimer à un stade léger n'utilisent en moyenne pas davantage le traitement visuo-spatial strict que les sujets Alzheimer à un stade modéré.

5.7.2.3 Traitements visuo-spatiaux approximatifs

5.7.2.3.1 Analyses intergroupes

Il ne ressort de nos analyses statistiques aucun résultat significatif entre le groupe des sujets Alzheimer et le groupe des sujets contrôles sur l'analyse du traitement « visuo-spatial approximatif » (condition directe et indirecte). Ces résultats ne vont pas dans le sens de nos prédictions qui supposaient que ce type de traitement visuo-spatial serait rencontré davantage chez les sujets Alzheimer.

5.7.2.3.2 Analyses intra-groupe Alzheimer

Aucun résultat significatif ne ressort des analyses statistiques que ce soit lors de la condition directe ou indirecte. Nos hypothèses de départ ne sont pas validées puisque nous nous attendions à observer un recours à ce type de traitement visuo-spatial significativement plus important dans le groupe des sujets Alzheimer à un stade léger.

5.7.2.4 Traitement visuo-spatiaux mixtes

Les analyses réalisées sur les traitements « visuo-spatiaux mixtes » dans la condition directe et indirecte ne montrent aucune différence significative entre le groupe de sujets Alzheimer et le groupe de sujets contrôles.

Il en est de même pour les analyses effectuées entre le groupe de sujets Alzheimer à un stade léger et le groupe de sujets Alzheimer à un stade modéré.

5.7.2.5 Traitements visuo-spatiaux aléatoires

Les analyses statistiques montrent un résultat significatif sur les traitements visuo-spatiaux aléatoires uniquement lors de la condition indirecte. Les sujets Alzheimer utilisent davantage ce type de traitement [score moyen = 0,18 ; ET = 0,43] que les sujets contrôles [score moyen = 0,04 ; ET = 0,18] [$t(100) = -2,061$; $p < 0,0419$].

Les analyses réalisées au sein du groupe Alzheimer ne montrent aucun résultat significatif.

5.7.2.6 Traitements endroit lors des parcours indirects

5.7.2.6.1 Analyses intergroupes

Les analyses statistiques montrent que le groupe de sujets Alzheimer commet en moyenne plus de ‘traitements endroit’ lors de la condition indirecte [score moyen = 0,36 ; ET = 0,63] que le groupe contrôle [score moyen = 0,04 ; ET = 1,2] [$t(100) = -3,42$ $p < 0,001$]. Ce résultat va dans le sens de nos prédictions, les sujets Alzheimer ont davantage tendance à oublier la consigne inversée que les sujets âgés sains.

5.7.2.6.2 Analyses intra-groupe Alzheimer

On observe une différence significative pour les traitements endroit lors de la condition indirecte pour les sujets Alzheimer modérés. Les sujets à un stade modéré de la maladie oublient davantage la consigne inversée [nombre moyen = 0,58 ; ET = 0,77] que les sujets à un stade léger [nombre moyen = 0,15 ; ET = 0,36] [$t(50) = -2,53$; $p < 0,014$].

5.7.2.7 Parcours lacunaires pour l'ensemble des traitements visuo-spatiaux

5.7.2.7.1 Analyses intergroupes

Aucune différence significative ne ressort de l'analyse de nos groupes de sujets (Alzheimer et contrôle) pour les séquences lacunaires tous traitements visuo-spatiaux confondus (vectoriels partiels, stricts et approximatifs) lors des parcours directs [score moyen groupe Alzheimer = 0,7 ; ET = 0,93] [score moyen groupe contrôle = 0,84 ; ET = 0,91] [$t(100) = 0,759$; $p < 0,449$].

L'analyse des séquences lacunaires met en évidence un effet significatif lors de la condition indirecte, les sujets contrôles [score moyen = 0,78 ; ET = 0,93] commettant davantage d'omissions que les sujets Alzheimer [score moyen = 0,46 ; ET = 0,64] [$t(100) = 1,995$; $p < 0,048$].

5.7.2.7.2 Analyses intra-groupe Alzheimer

Aucun effet ne s'observe au sein du groupe Alzheimer ni lors de la condition directe, ni lors de la condition indirecte.

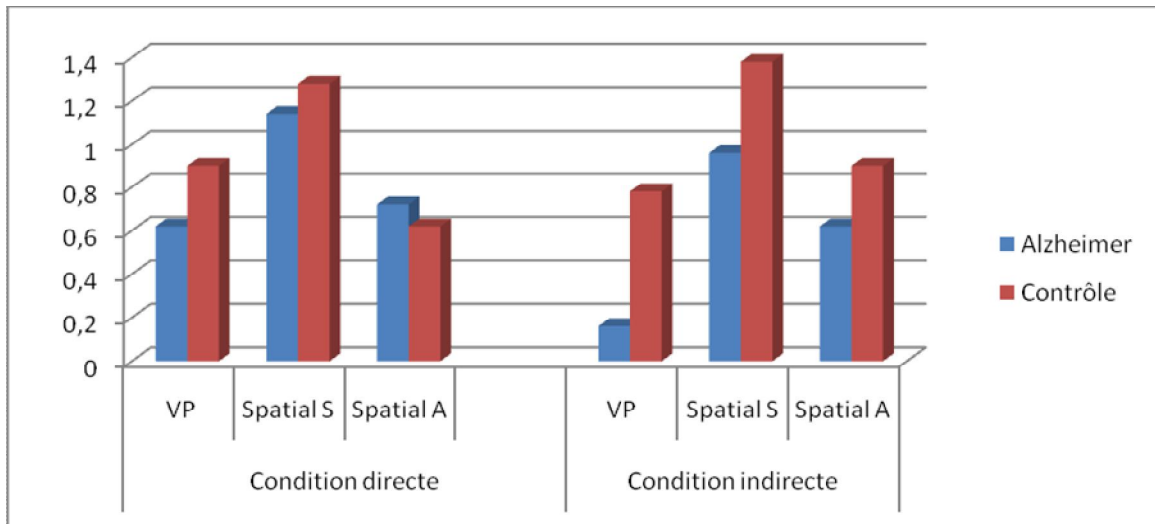


Figure 54: représentation graphique du nombre moyen de traitements visuo-spatiaux vectoriels partiels, visuo-spatiaux stricts et visuo-spatiaux approximatifs.

VP : traitement spatial vectoriel partiel ; Spatial S : traitement spatial identité stricte ; Spatial A : traitement spatial approximatif.

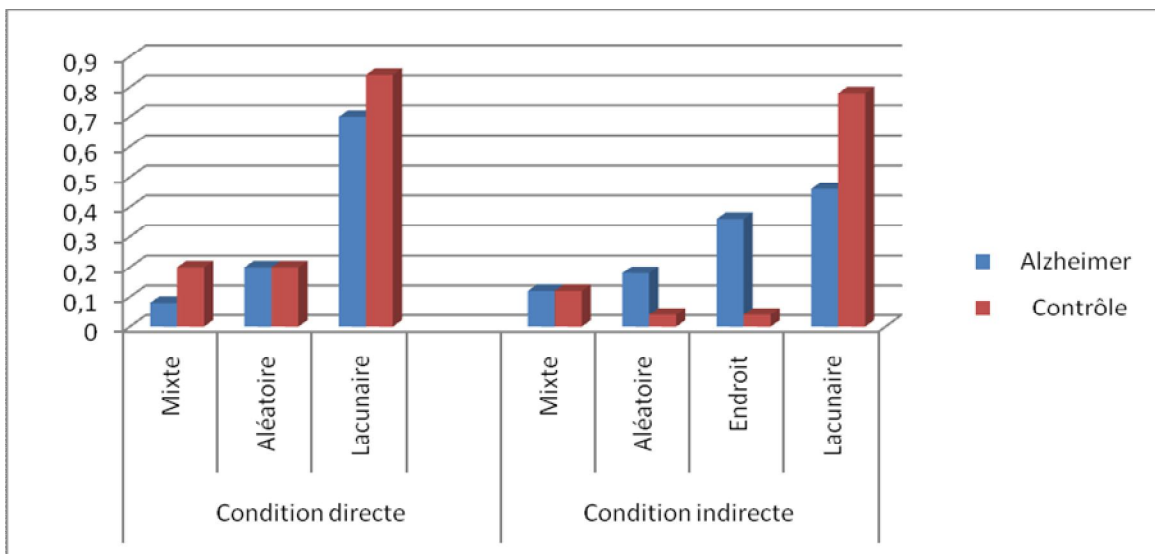


Figure 55: représentation graphique du nombre moyen des traitements visuo-spatiaux mixtes, aléatoires, lacunaires et d'oubli de la consigne en condition indirecte.

Mixte : traitement spatial mixte ; aléatoire : traitement aléatoire ; endroit : traitement endroit lors des parcours indirects.

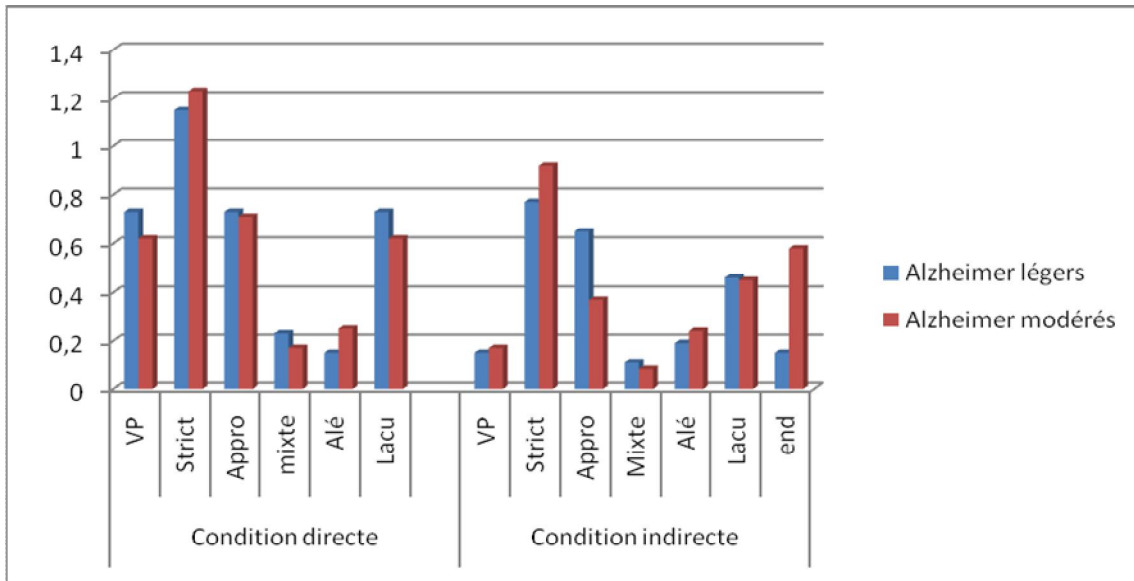


Figure 56: représentation graphique du nombre moyen de chaque type de traitement visuo-spatiaux pour les sujets Alzheimer légers et modérés.

VP : traitement spatial vectoriel partiel ; Spatial S : traitement spatial identité stricte ; Spatial A : traitement spatial approximatif, Mixte : traitement spatial mixte ; aléatoire : traitement aléatoire ; endroit : traitement endroit lors des parcours indirects.

5.8 Analyses de l'homogénéité de traitement intra et inter-conditions

En plus des analyses statistiques, nous avons voulu analyser de manière qualitative globale les traitements visuo-spatiaux de chaque sujet, afin d'observer s'ils mettent en œuvre un traitement unique ou au contraire plusieurs lors de la résolution de l'épreuve. Si, au sein d'une même tâche (condition directe et indirecte) les sujets utilisent le même traitement visuo-spatial, cela témoignerait d'un mode préférentiel de traitement (homogénéité dans la mise en œuvre des traitements visuo-spatiaux) ; au contraire, s'ils utilisent plusieurs traitements intra-tâche cela témoignerait d'un recodage des propriétés de la situation (contexte externe) dans l'activation des traitements (Richard, 2004).

Par ailleurs nous avons voulu voir si les sujets considérés comme « homogènes » intra-tâche, l'étaient également inter-tâches (un seul et même traitement pour les conditions directes et indirectes) (tableau n°9).

Nos prédictions sur l'homogénéité intra et inter-tâches s'inscrivent dans l'approche du constructiviste psychologique (de la résolution de problèmes), les sujets à partir du contexte

externe (caractéristique de la tâche) activent des schèmes d’actions (contexte interne) qui apparaissent les mieux adaptés pour la réussite du problème. Dans cette approche on ne s’attend pas à observer un mode de traitement unique (préférentiel) de la part des sujets car en fonction de la tâche, du contexte et de la complexité croissante des séquences, ils se situent dans un espace contextuel externe et interne différent (cognition située) qui active des schèmes d’actions distincts, les plus adaptés à la résolution de l’épreuve.

Nous nous attendons donc à observer la mise en œuvre de différents traitements visuo-spatiaux pour un même sujet (intra et inter-tâche) ce qui d’après l’hypothèse défendue par Clément (2006, 2008, 2009) témoigne de l’expression de flexibilité cognitive. Pour l’auteur, la manifestation d’un changement de stratégie cognitive non contraint par le contexte externe, pour une stratégie moins coûteuse cognitivement c’est-à-dire, adapté à une situation jugée complexe, traduit l’expression de flexibilité spontanée. Nous considérons que si les sujets alternent différents traitements visuo-spatiaux, en ayant recours à ceux moins coûteux sur le plan cognitif lorsqu’ils sont en difficultés devant une séquence à reproduire, ceci traduirait l’expression de flexibilité spontanée. Nous devrions observer la manifestation de flexibilité cognitive aussi bien pour le groupe Alzheimer que pour le groupe contrôle lors de la résolution de l’épreuve des blocs de Corsi (condition directe et indirecte). Nos analyses qualitatives globales sur l’homogénéité intra et inter-tâches montrent dans le groupe Alzheimer quatorze sujets homogènes en condition directe et quinze en condition indirecte. Pour le groupe contrôle neuf sujets sont homogènes en condition directe et dix-neuf en condition indirecte. Parmi nos deux groupes de sujets, seulement un sujet Alzheimer est homogène inter-tâches et également un seul sujet pour le groupe contrôle (tableau n°9).

Tableau n°9: nombre de sujets homogènes intra et inter-conditions

Population	Homogènes intra-condition directe	Homogènes intra-condition indirecte	Homogènes inter-conditions	Nombre total
Alzheimer	14	15	1	/50
Contrôle	9	19	1	/50

L'analyse des χ^2 portant sur l'homogénéité intra-tâche ne montre aucun résultat significatif ni pour la condition directe [χ^2 (ddl=1) = 1,41 ; $p= 0,234$] ni pour la condition indirecte [χ^2 (ddl= 1) = 0,71 ; $p= 0,398$]. Concernant l'homogénéité inter-condition seul un sujet dans chaque groupe conserve le même traitement visuo-spatial.

Ces analyses montrent que les sujets (Alzheimer et contrôles) ne se montrent pas homogènes lors de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. Ils mettent en œuvre différents traitements visuo-spatiaux en fonction du contexte situationnel et du recodage des propriétés de celui-ci, ce qui traduit l'expression de flexibilité cognitive (Clément, *ibid.*).

5.9 Discussion

Dans ce point sont discutés les résultats de cette étude, dans un premier temps ceux sur les différents traitements visuo-spatiaux propres aux sujets puis ceux portant sur l'analyse de la flexibilité cognitive.

Parmi les objectifs de cette étude il y avait celui de mettre en évidence un profil comportemental de traitements cognitifs visuo-spatiaux propre à une population donnée. Les analyses statistiques réalisées à partir des analyses de protocoles individuels mettent en évidence un profil comportemental uniquement pour notre population contrôle (sujets âgés sains) et seulement pour la condition indirecte des blocs de Corsi. Ce profil comportemental se traduit par un recours plus important aux traitements cognitifs visuo-spatiaux 'vectoriel partiel' et 'identité stricte'. Aucun profil comportemental de traitements visuo-spatiaux ne se dégage de nos groupes de sujets en condition directe.

Avant de développer ces résultats, il convient de revenir sur les analyses réalisées sur la longueur des séquences correctement reproduites en condition directe et en condition indirecte de l'épreuve des blocs de Corsi.

Les analyses statistiques montrent des différences significatives de performances (condition directe et condition indirecte) entre le groupe de sujets Alzheimer et le groupe de sujets contrôles alors qu'au sein du groupe Alzheimer il apparaît seulement une différence significative entre les deux sous-groupes lors de la condition indirecte. La condition directe des blocs de Corsi ne semble pas être une épreuve discriminante pour l'étude des déficits visuo-spatiaux dans l'évolution de la maladie d'Alzheimer. Les capacités à manipuler

l'information visuo-spatiale dans un sens direct n'apparaissent pas affectées par l'avancée de la maladie jusqu'à un stade modéré. Certes, la charge attentionnelle et cognitive entre la condition directe et indirecte est différente -la condition directe a un coût cognitif moins important que la condition indirecte- mais n'observer aucune différence entre les sujets Alzheimer légers et les sujets Alzheimer modérés va à l'encontre de nos attentes. Au vu des déficits pariétaux et attentionnels présents dans la maladie d'Alzheimer, nous nous attendions à rencontrer des déficits plus marqués lors de la résolution de la condition directe avec l'évolution de la maladie. Les résultats de cette étude laissent supposer que traiter de l'information visuo-spatiale de manière directe mobilise des mécanismes cognitifs qui ne s'altèrent pas significativement avec l'évolution de la maladie d'Alzheimer (du moins entre le passage d'un stade léger à un stade modéré). La majoration des déficits visuo-spatiaux au sein de la maladie d'Alzheimer se rencontre uniquement lorsque la résolution de la tâche nécessite une manipulation indirecte de l'information à traiter.

Pour résumer, les résultats portant sur la longueur des séquences traitées correctement vont dans le sens de nos attentes et des données de la littérature concernant la maladie d'Alzheimer. Cette pathologie entraîne des difficultés dans la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi (Carselimo et *al.*, 1996 ; Grossi et *al.*, 1993). En revanche les résultats concernant les analyses réalisées au sein du groupe de sujets Alzheimer mettent en évidence que le traitement direct d'informations visuo-spatiales n'est pas sensible à l'évolution de la maladie d'Alzheimer. Ces résultats peuvent s'interpréter en terme de singularité de la maladie d'Alzheimer dans les déficits visuo-spatiaux. Si l'entrée dans la maladie entraîne des difficultés sur l'épreuve de Corsi en général (condition directe et indirecte) une fois la maladie installée, les déficits visuo-spatiaux deviennent plus spécifiques. Seuls les traitements cognitifs inhérents aux traitements visuo-spatiaux indirects s'altèrent avec l'évolution à un stade modéré. Ces données apportent des éléments qui permettent de mieux comprendre l'évolution des déficits visuo-spatiaux dans la maladie d'Alzheimer.

Concernant les résultats obtenus sur le fonctionnement cognitif propre des sujets, ils sont discutés en trois points : dans un premier temps les résultats du groupe Alzheimer, puis ceux du groupe contrôle et enfin ceux qui concernent le stade de la maladie.

Les analyses réalisées au sein du groupe des sujets Alzheimer ne montrent aucun profil comportemental de traitements cognitifs visuo-spatiaux qui leur est propre et qui aurait pu être une aide au diagnostic différentiel. Certains résultats vont toutefois dans le sens de nos prédictions mais uniquement pour les parcours indirects.

Premièrement, les sujets Alzheimer ont davantage tendance à réaliser des traitements aléatoires. Ce type de traitement traduit une absence de stratégie visuo-spatiale identifiable lors de la résolution de l'épreuve. Le fait que les sujets Alzheimer commettent en moyenne plus de traitements visuo-spatiaux aléatoires lors de la condition indirecte reflète leurs difficultés plus importantes dans la manipulation indirecte d'informations visuo-spatiales, que celles des sujets âgés sains. La plupart du temps, ces sujets ont simplement retenu le nombre de blocs à restituer dans le parcours.

En second point, lors des parcours visuo-spatiaux indirects, les sujets Alzheimer traitent plus souvent cette condition de manière directe que les sujets contrôles. Ce résultat traduit tout simplement un oubli de la consigne inversée plus important pour les sujets Alzheimer. Un tel résultat est peu surprenant lorsque que l'on sait que les troubles mnésiques sont parmi les premiers troubles cognitifs de la maladie d'Alzheimer (Collette & Van Der Linden, 2005). Une autre hypothèse en référence au modèle des contraintes de Richard et *al.* (*ibid.*) peut-être avancée et interpréter ce résultat comme la suppression inconsciente d'une contrainte objective trop coûteuse sur le plan cognitif (la consigne inversée).

Pour les sujets contrôles (âgés sains) l'analyse des résultats montre un profil comportemental de traitements cognitifs « visuo-spatiaux vectoriels partiels » et un profil comportemental de traitements « visuo-spatiaux identité stricte » lorsqu'ils échouent dans la résolution de la condition indirecte des blocs de Corsi. Les sujets contrôles ont également tendance à faire plus d'omissions (traitements visuo-spatiaux lacunaires) tout traitements visuo-spatiaux confondus que les sujets Alzheimer.

Le profil comportemental pour les traitements « vectoriels partiels » est conforme à nos attentes. Nous nous attendions à trouver une différence significative entre nos deux groupes de sujets en faveur du groupe contrôle pour le traitement vectoriel partiel. Ce type de traitement est celui qui se rapproche le plus du traitement « vectoriel » qui est celui à mettre en œuvre pour résoudre correctement l'épreuve. Il s'agit d'un traitement assez coûteux sur le plan cognitif (abandon d'une seule contrainte au sein du formalisme vectoriel).

En revanche le profil comportemental « identité stricte » n'était pas attendu. Ce type de traitement montre que les sujets âgés sains abandonnent les trois contraintes du 'formalisme vectoriel' (direction, longueur et sens). Si les sujets âgés sains ont un profil comportemental qui témoigne de traitements visuo-spatiaux nécessitant l'abandon de ces contraintes, nous pouvons supposer que l'épreuve a un coût cognitif élevé pour eux, d'autant plus que ce profil comportemental n'apparaît pas lors de la condition directe. Certaines études mettent en avant des difficultés plus prononcées pour les sujets âgés sains comparés à des sujets adultes à l'épreuve des blocs de Corsi (Bruyer & Scalquin, 1999 ; Feyereisen & Van Der Linden, 1992). Les résultats de notre étude tendent à préciser que les difficultés se rencontrent principalement lors de la manipulation indirecte d'informations visuo-spatiales.

Le résultat qui montre que les sujets contrôles commettent plus d'omissions lors de la condition indirecte peut se traduire par le fait que les sujets âgés sains vont plus loin dans les essais que les sujets Alzheimer. De ce fait, ils ont plus de grandes séquences à traiter et plus le nombre d'éléments à traiter augmente plus le risque d'en oublier augmente également.

Les analyses réalisées au sein du groupe Alzheimer entre les sujets Alzheimer à un stade léger et les sujets à un stade modéré ne mettent en évidence aucun profil comportemental que ce soit en condition directe ou en condition indirecte. Dégager un profil comportemental de traitements visuo-spatiaux propre à un stade de la maladie d'Alzheimer aurait permis une meilleure compréhension des difficultés visuo-spatiales avec l'évolution de celle-ci. Dans la discussion générale, cette question des difficultés sera reprise. Une interprétation possible de nos résultats est que les sujets Alzheimer modérés traitent la résolution de problèmes visuo-spatiaux comme les sujets à un stade léger ; ils n'ont en moyenne pas plus recours à des traitements visuo-spatiaux qui nécessitent d'abandonner des contraintes inhérentes à la situation-problème.

Le seul résultat significatif obtenu concerne la condition indirecte avec davantage d'oublis de la consigne « inversée ». Les sujets Alzheimer à un stade modéré fournissent un nombre significativement plus élevé de séquences visuo-spatiales reproduites dans le même ordre que celui effectué par l'expérimentateur. Ce résultat témoigne de plus grandes difficultés pour les sujets Alzheimer modérés à se souvenir de la consigne lors de la condition indirecte que les sujets Alzheimer légers. Ce résultat est concordant avec l'aggravation des déficits mnésiques dans l'évolution de la maladie d'Alzheimer (Collette & Van Der Linden,

2005) ou peut renvoyer à l'abandon (inconscient) de la contrainte 'indirecte' qui s'avère trop coûteuse sur le plan cognitif (Richard et *al.*, *ibid.*).

En résumé, les résultats sur le fonctionnement cognitif propre des sujets Alzheimer et des sujets âgés sains ne sont pas tous conformes à nos attentes. Dans un premier temps aucun profil comportemental visuo-spatial n'apparaît avec l'analyse des parcours directs des blocs de Corsi. Dans un second temps il ne ressort de nos analyses aucun profil comportemental de traitements visuo-spatiaux lors des situations d'échec pour notre groupe de sujets Alzheimer.

Enfin, les résultats de l'analyse concernant l'homogénéité intra et inter-tâches des sujets Alzheimer et contrôles n'ont mis en évidence aucune tendance à un mode préférentiel de traitement visuo-spatial. Les sujets ne maintiennent pas un type de traitement visuo-spatial unique lors de la résolution des blocs de Corsi. Au contraire, ils mettent en œuvre différents traitements en fonction des propriétés du contexte externe qui traduit l'expression de flexibilité cognitive lors de la résolution de l'épreuve (Clément, *ibid.*). Conformément à nos attentes, en fonction de la nature de la tâche ou de la complexité de la séquence visuo-spatiale, les sujets utilisent des traitements visuo-spatiaux plus ou moins coûteux en abandonnant une ou plusieurs contraintes inhérentes au formalisme vectoriel. Nous proposons d'interpréter ces traitements cognitifs moins coûteux en analogie avec le modèle des contraintes de Richard et *al.* (1993) et proposons également l'hypothèse que ce modèle peut s'appliquer à des activités de résolution de problèmes plus 'simples' comme celui des blocs de Corsi (Corsi, *ibid.*). Dans notre étude nos deux groupes de sujets (Alzheimer et âgés sains) présentent un profil comportemental 'global' similaire concernant l'expression de flexibilité cognitive lors de la résolution des blocs de Corsi c'est-à-dire, dans le fait d'utiliser des traitements cognitifs moins coûteux lorsque la séquence visuo-spatiale à reproduire est jugée trop complexe pour pouvoir mettre en œuvre le traitement vectoriel (permettant la réussite à l'épreuve). En fonction de la séquence à reproduire ils mettent bien en œuvre des traitements distincts. L'expression de la flexibilité cognitive se traduit dans notre approche par la mise en œuvre de traitements visuo-spatiaux moins coûteux ou plus simples sur le plan cognitif lorsque les sujets sont en difficultés sur la reproduction d'un cheminement visuo-spatial, ce que Clément (*ibid.*) considère comme la manifestation de flexibilité cognitive.

Discussion générale

Les expériences de ce travail de recherche ont toutes les deux eu recours à des analyses qualitatives basées sur la méthodologie des analyses de protocoles individuels.

L'expérience 1 de cette thèse (chapitre 4) a permis de définir les différents types d'erreurs rencontrés lors des échecs à l'épreuve des blocs de Corsi en condition directe : des erreurs de direction, de localisation, d'inversion et de nombre. Identifier la nature des erreurs rencontrées permet de mieux comprendre la nature des difficultés visuo-spatiales lors de la résolution d'un problème visuo-spatial séquentiel. Cette étude a également permis de démontrer que ces différents types d'erreurs traduisent des mécanismes cognitifs distincts. En effet, les erreurs de localisation et d'inversion avec une direction correcte montrent des séquences visuo-spatiales proches de celles à reproduire, alors que des erreurs de direction et d'inversion avec une direction fautive montrent des séquences visuo-spatiales très éloignées de la séquence correcte. Les erreurs de nombre sont plus difficiles à interpréter. Elles pourraient rendre compte de décrochage attentionnels. Analyser les erreurs de manière qualitative a permis de proposer une classification de la sévérité des déficits rencontrés en fonction de la nature de l'erreur.

Cette première étude n'a toutefois pas permis de mettre en évidence un profil comportemental d'erreurs propres à un de nos groupes de sujets. Cette absence de résultats ne permet pas d'en apprendre davantage sur le traitement de l'information visuo-spatiale dans la maladie d'Alzheimer. Une question apparaît importante dans notre approche : qu'appelle-on difficulté ? Nous considérons que toute erreur traduit une difficulté lors de la manipulation de l'information visuo-spatiale mais nous ne parlons plus en terme d'intensité par rapport au niveau échoué mais en terme qualitatif en fonction de la nature de l'erreur commise et cela indépendamment de la longueur de la séquence correctement traitée. Le petit nombre de protocoles analysés peut en partie expliquer cette absence de résultats. Une étude de

Guarnuccio-Barrile, Bastien et Bastien-Toniazzo (2008), reprenant notre modélisation des critères de réussite et s'inspirant de la définition de nos critères d'erreurs de l'épreuve de Corsi (1972) a également essayé de dégager un profil comportemental d'erreurs chez un groupe de sujets Alzheimer à un stade léger. Toutefois, à la différence de notre étude, celle de Guarnuccio-Barrile et *al.* (ibid.), était pilotée par ordinateur et le critère d'arrêt après deux échecs à un même niveau n'a pas été conservé. Les sujets ont donc passé tous les items des blocs de Corsi, ce qui a permis de recueillir un nombre de protocoles plus important. Par ailleurs, une version dite « sémantique » a été ajoutée à la version originale. Dans cette version « sémantique », les blocs ont été remplacés par des images. Un premier résultat intéressant est l'absence d'effet de la version sur la mesure de « l'empan » lorsque celui-ci est exprimé en termes de longueur maximale reproduite sans erreur. Les différents types d'erreurs recensés par les auteurs (ibid.) sont des erreurs de position, des erreurs de rang (ordre séquentiel erroné) ou des erreurs de quantité (nombre faux). Toutefois, les sujets âgés sains commettent moins d'erreurs dans la version sémantique et en particulier moins d'erreurs de type erreurs de position. Comme dans notre étude (chapitre 4), aucun profil comportemental propre aux patients Alzheimer ne peut être mis en évidence lorsque les analyses sont réalisées en utilisant la même règle d'arrêt que notre étude, c'est-à-dire après deux échecs consécutifs. En revanche, lorsque les analyses portent sur l'ensemble des essais, les auteurs (ibid.) dégagent un profil comportemental d'erreurs propre aux sujets Alzheimer concernant les erreurs de position et de quantité.

Notre étude ainsi que celle de Guarnuccio-Barille et *al.* (ibid.) soulèvent la question des traitements cognitifs visuo-spatiaux inhérents aux profils comportementaux observés ? L'expérience 2 (chapitre 5) a voulu répondre à cette question.

L'étude du chapitre 5 a donc voulu identifier les différents traitements cognitifs mis en œuvre lors du traitement de l'information visuo-spatiale. A partir d'un échantillon de sujets plus important (50 sujets Alzheimer et 50 sujets contrôles) nous avons analysé les deux conditions de l'épreuve des blocs de Corsi (conditions directe et indirecte), en nous focalisant à nouveau sur l'analyse des protocoles individuels.

Dans un premier temps, nous avons défini le traitement cognitif visuo-spatial sous-tendant la réussite de la résolution des blocs de Corsi. La réussite à cette épreuve qui nécessite le recours à un traitement visuo-spatial à été formalisé en terme « vectoriel ». En effet, la

réalisation d'une séquence visuo-spatiale (directe ou indirecte) peut être expliquée par un traitement vectoriel cube à cube caractérisé par une direction, une longueur et un sens corrects auxquels doit s'ajouter un nombre correct de cubes.

Dans un second temps, nous avons défini les traitements cognitifs visuo-spatiaux sous-jacents aux erreurs de réalisation de la séquence. Nous avons ainsi dégagé quatre grands traitements visuo-spatiaux : un traitement « visuo-spatial vectoriel partiel », un traitement « visuo-spatial identité stricte », un traitement « visuo-spatial approximatif » et un traitement « visuo-spatial mixte » (combinant plusieurs traitements visuo-spatiaux).

Les traitements 'vectoriel partiel', 'identité stricte' et 'approximatif' sont interprétés à l'aide du modèle des contraintes de Richard et *al.* (1993). Ils peuvent en effet se traduire par un abandon de contraintes inhérentes à la résolution de la tâche rendant le coût cognitif de celle-ci moins élevé. L'abandon peut concerner une contrainte inhérente au formalisme vectoriel (direction ou longueur) pour le traitement vectoriel partiel, l'abandon du formalisme vectoriel complet (direction, sens et longueur) pour le traitement identité stricte puisque seule l'identité des blocs est retenue ou encore l'abandon du formalisme vectoriel complet et de l'identité des blocs pour le traitement approximatif ou seul les zones dans lesquelles se situent les blocs sont restituées.

Cette seconde expérience avait pour objectif de dégager un ou/des profils comportementaux de traitements visuo-spatiaux propres à une population donnée. Nos analyses ont mis en évidence un profil comportemental pour le traitement « vectoriel partiel » et un profil comportemental pour le traitement « identité stricte », uniquement pour les sujets âgés sains et seulement lors de la condition indirecte. Ces profils comportementaux montrent que les sujets contrôles mettent davantage en œuvre des traitements visuo-spatiaux moins coûteux sur le plan cognitif (abandon de contraintes) lors des situations d'impasse de la résolution des blocs de Corsi que les sujets Alzheimer.

Aucun profil comportemental de traitements visuo-spatiaux ne s'observe pour le groupe de sujets Alzheimer (stade léger et stade modéré). Les analyses mettent seulement en évidence en condition indirecte, un recours plus systématique aux traitements qualifiés « d'aléatoires », car considérés comme ne reflétant aucun traitement identifiable. Les sujets Alzheimer ont des difficultés lors de la résolution des blocs de Corsi plus prononcées que le groupe de sujets âgés sains. Ces difficultés accrues se manifestent par des réponses qualifiées

d'aléatoires ne mettant en évidence aucun traitement visuo-spatial 'cohérent', au lieu d'un recours à des traitements visuo-spatiaux moins coûteux sur le plan cognitif (traitement vectoriel partiel, identité stricte et approximatif) comme pour les sujets âgés sains.

Toutefois, l'absence de profil comportemental lors de la condition directe pose question : comment expliquer la présence de profils comportementaux uniquement lors de la condition indirecte ? Plusieurs hypothèses peuvent être proposées : une mobilisation attentionnelle plus importante lors de la condition indirecte pourrait influencer le profil des réponses ou encore le degré de difficulté différent entre les deux conditions pourrait faire que les sujets auraient davantage tendance à utiliser des traitements moins coûteux sur le plan cognitif lors de la condition indirecte.

L'analyse de patterns de réponse que nous avons menée permet d'envisager différemment qu'en terme 'd'empan' (aspect quantitatif des approches structuralistes), mais en termes de processus mis en œuvre (approche fonctionnelle) pour évaluer les performances des sujets. En effet grâce à ces analyses, nous mettons en évidence et analysons les traitements visuo-spatiaux mis en œuvre par les sujets, en accord avec l'approche fonctionnelle de la mémoire et du fonctionnement cognitif. L'analyse des patterns de réponse apporte des arguments pour remettre en cause le concept du calepin visuo-spatial (Baddeley, *ibid.*) mais aussi des conceptions multi-systèmes du fonctionnement mnésique.

Lors de la résolution des blocs de Corsi nous nous attendions à ce que les sujets n'aient pas recours à un traitement visuo-spatial unique pour l'ensemble de la tâche mais au contraire qu'ils utilisent les différents traitements à leur disposition. Nous avons de ce fait analysé l'homogénéité intra et inter-conditions. Les sujets étaient considérés homogènes intra-condition lorsque l'ensemble de leurs protocoles d'erreurs ne montrait qu'un seul traitement mis en œuvre lors des blocs de Corsi. Et ils étaient considérés homogènes inter-conditions lorsqu'ils mettaient en œuvre un traitement unique pour la condition directe et pour celle indirecte. Les résultats ont bien montré qu'en fonction de la séquence visuo-spatiale à reproduire (contexte externe) les sujets utilisent différents traitement visuo-spatiaux. Lorsqu'ils analysent le cheminement visuo-spatial comme trop difficile pour pouvoir mettre en œuvre un traitement vectoriel, ils ont recours aux traitements visuo-spatiaux moins coûteux sur le plan cognitif. En accord avec les propositions de Clément (*ibid.*) nous interprétons ce phénomène comme l'expression de flexibilité cognitive spontanée. A la lumière de nos

résultats nous pouvons donc prétendre que le vieillissement normal et pathologique (Alzheimer) n'altère pas l'expression de la flexibilité spontanée lors d'une épreuve visuo-spatiale séquentielle.

Si notre recherche s'est intéressée à la flexibilité cognitive en situation de résolution de problème lors du vieillissement, cela reste comme le souligne Clément (2009) un domaine encore peu exploré. Les études menées sur l'avancée en âge et la résolution de problème portent essentiellement sur l'étude des stratégies mises en œuvre et leurs variations et elles s'accordent sur le fait que les personnes âgées sont moins efficaces que les jeunes adultes pour trouver la solution d'un problème (Lemaire, 2006). Dans ces recherches ce sont le développement et l'involution des aspects procéduraux de la situation-problème qui sont étudiés (Clément, 2009). En 2005, Guédin et Clément montrent à partir d'analyses de protocoles individuels des comportements rencontrés lors des situations d'impasse que l'expression de la flexibilité spontanée et réactive est moins fréquente pour le groupe de sujets âgés comparé au groupe de sujets jeunes. D'autres travaux montrent des résultats similaires (Clément, 2007 ; Delabarre & Clément, 2003, cités par Clément, 2009). Les résultats de notre seconde expérience rejoignent ceux des études de Clément (2007) et de Delabarre et Clément (*ibid.*), on observe bien l'expression d'une flexibilité cognitive spontanée dans notre groupe de sujets âgés sains mais ce qui apparaît le plus intéressant dans notre analyse globale est l'observation de flexibilité cognitive dans le groupe de sujets Alzheimer. Nos deux groupes de sujets Alzheimer lors de l'analyse globale de l'expression de la flexibilité spontanée présentent des profils comportementaux similaires. Le vieillissement pathologique de type Alzheimer ne supprime pas l'expression de la flexibilité spontanée avec l'évolution à un stade modéré.

S'appuyant sur nos analyses, Arias, Bastien et Bastien-Toniazzo (2009) s'inspirant de notre étude (chapitre 4) et de l'étude de Guarnuccio-Barille et *al.* (2008), ont proposé la version informatisée réalisée lors de l'étude de 2008 (Guarnuccio-Barille et *al.*, *ibid.*) à un groupe de sujets étudiants en littérature et à un groupe de sujets étudiants en mathématiques, sans tenir compte du critère d'arrêt. L'analyse des erreurs a dégagé des profils d'erreurs différents selon la longueur de la séquence à reproduire. Lorsque la séquence augmente en longueur, un changement de stratégie est observé à l'item 7 et se poursuit dans les séquences

suivantes. Ce changement se traduit par le passage à un mode de traitement qualifié de spatial (position des cubes mais non leur ordre) au détriment du traitement qui traduit une position et un ordre correct. Arias et *al.* (ibid.) interprètent ce phénomène en terme de charge cognitive de la tâche liée à la longueur des séquences visuo-spatiales. Nous ne sommes que partiellement d'accord avec cette conclusion. En effet, nous pensons que la complexité des séquences aux blocs de Corsi n'est pas seulement liée au nombre de cubes mais également à la complexité intra-séquence c'est-à-dire, aux nombres de croisements et de chevauchements. La nature de la condition (directe ou indirecte) et la complexité des parcours visuo-spatiaux à reproduire nous apparaissent donc comme des facteurs qui conditionnent et déterminent l'expression de la flexibilité spontanée (mise en œuvre de traitements visuo-spatiaux moins coûteux cognitivement) lors de la résolution des blocs de Corsi.

Conclusion et perspectives

Le travail de recherche présenté dans cette thèse était organisé autour de quatre objectifs principaux : définir les traitements visuo-spatiaux mis en œuvre lors d'une épreuve visuo-spatiale séquentielle (épreuve des blocs de Corsi), essayer de dégager des profils comportementaux de ces traitements visuo-spatiaux chez des sujets âgés atteints de maladie d'Alzheimer et chez des sujets âgés sains, mettre en évidence l'expression de flexibilité cognitive chez des sujets âgés (sains et Alzheimer) lors de ce type de problèmes, et enfin apporter des arguments en faveur de l'approche intégrative de la mémoire.

L'étude des traitements visuo-spatiaux de l'information nous est apparue des plus intéressante en regardant plus en détail la littérature à ce sujet. Le modèle dominant sur cette question, que nous avons présenté dans le chapitre 1, est celui exprimé en terme de calepin visuo-spatial au sein du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986). Nous ne contestons pas la valeur heuristique de ce concept central en psychologie cognitive. Toutefois, en dépit des versions alternatives du modèle originel (Baddeley, 2000 ; Logie, 1996), la définition même du calepin visuo-spatial constitue en soi une limite à ce modèle. En effet, il ne permet pas d'expliquer l'architecture fonctionnelle de ce sous-composant spécialisé dans le traitement de l'information visuo-spatiale nommé le calepin visuo-spatial. La distinction entre un composant passif (« visual cache ») et un composant actif (« inner cache ») proposée par Logie (1995) ne permet pas vraiment de résoudre le problème, en dépit de l'aspect fonctionnel de cette architecture (cf. les critiques de Annett, 1995 ; Klauer & Stegmaier, 1997 ; Postle, Idzikowski, Della Sala, Logie, & Baddeley, 2006). En effet, si pour la boucle phonologique invoquer un composant passif et un composant actif peut s'admettre puisqu'ils ont la même modalité de codage phonologique, invoquer un processus actif de mouvement comme mécanisme de rafraîchissement d'un composant visuel est controversé. Quinn (2008) avance le concept d'attention ou de processus exécutifs pour expliquer le fait que les informations visuo-spatiales soient maintenues en mémoire de travail plutôt qu'à un processus de mouvement au sein de 'l'inner scribe' comme le suggère Logie (ibid.).

Au vu des difficultés rencontrées dans le modèle initial de Baddeley (ibid.) (paragraphe 2.7.1. Chapitre 2) concernant le calepin visuo-spatial et des critiques émises envers les modèles computo-symboliques (paragraphe 2.7.2. Chapitre 2), les modèles système-unique apparaissent mieux rendre compte et expliquer le fonctionnement cognitif humain (Chapitre 3). Selon notre perspective fonctionnelle de la mémoire et de la cognition en générale, nous avons défendu la thèse d'un traitement visuo-spatial et non d'un calepin visuo-spatial. En d'autres termes, une tâche nécessitant un déplacement spatial combiné à un repérage visuel, déclenche un traitement dont le but est idéalement de satisfaire ces deux conditions.

A partir des différents types d'erreurs mis en évidence lors de la première expérience (Chapitre 4), dans une seconde expérience (Chapitre 5) nous avons défini différents traitements de la triple information visuelle, spatiale et séquentielle : un traitement « vectoriel », un traitement « vectoriel partiel », un traitement « identité stricte » et un traitement « approximatif ». Nous avons également défini des traitements « mixtes », c'est-à-dire combinant plusieurs traitements visuo-spatiaux. Le traitement visuo-spatial formalisable en terme de formalisme vectoriel est le traitement qui traduit la réussite à la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. Les traitements vectoriels partiels, identité stricte, approximatifs et mixtes entraînent quant à eux, des erreurs lors du traitement d'informations visuo-spatiales séquentielles. Nous avons défini les traitements 'vectoriels partiel', 'identité stricte' et 'approximatif' par l'abandon de contraintes inhérentes au formalisme vectoriel nécessaires pour résoudre l'épreuve des blocs de Corsi. L'interprétation que nous proposons de ces traitements est mise en rapport avec le modèle de Richard, Poitrenaud et Tijus (1993). Dans leur modèle, lors des situations d'impasse afin de pouvoir fournir une réponse les sujets décident d'abandonner une des contraintes, souvent la moins importante (Richard et *al.*, ibid.) (paragraphe 5.5.1.4. Chapitre 5). Nous définissons les situations d'impasse dans l'épreuve des blocs de Corsi, lorsque la séquence à reproduire s'avère trop complexe pour que le sujet puisse mettre en œuvre un traitement visuo-spatial vectoriel. Pour le traitement vectoriel partiel il s'agit de l'abandon d'une contrainte du formalisme vectoriel (direction ou longueur). Pour le traitement identité stricte il s'agit de la relation vectorielle deux à deux entre les blocs (sens, direction et longueur) qui est abandonnée et pour le traitement approximatif ce sont les trois contraintes du formalisme vectoriel et la localisation précise des blocs qui sont

abandonnées. Notre analyse pose alors question : est-il possible de rendre compte du modèle de Richard et *al.* (ibid.) lors d'une épreuve de résolution de problème simple telle que l'épreuve des blocs de Corsi ? Nos résultats tendent à supposer que oui. En effet, prétendre le contraire reviendrait à interpréter les traitements visuo-spatiaux 'vectoriel partiel', 'identité stricte' et 'approximatif' et l'abandon des contraintes qui les qualifient, comme résultant d'un hasard autrement dit, comme ne traduisant aucun traitement cognitif identifiable.

Pour synthétiser nous proposons donc cinq traitements visuo-spatiaux : les traitements « vectoriels », les traitements « vectoriels partiels », les traitements « identité stricte », les traitements « approximatifs » et les traitements « mixtes » pour rendre compte du traitement cognitif et de la manipulation des informations visuo-spatiales séquentielles. En pratique clinique dans les bilans des évaluations cognitives nous proposons de préciser la nature des traitements visuo-spatiaux rencontrés lorsque les sujets sont en situation d'échec. Une telle proposition remet en question la notion de calepin visuo-spatial (approche multi-système). Un des objectifs de ce travail est d'apporter des arguments en faveur de l'approche intégrative du fonctionnement cognitif et de la mémoire et nos résultats vont dans ce sens.

Un autre objectif était de dégager un profil comportemental de traitements visuo-spatiaux lors de la résolution des blocs de Corsi, propre au vieillissement normal ou au vieillissement pathologique de type Alzheimer. Nos analyses ont permis de dégager deux profils comportementaux de traitements visuo-spatiaux mais seulement pour le groupe de sujets contrôles. Les sujets âgés sains utilisent davantage le traitement « vectoriel partiel » et le traitement « identité stricte » lors de la condition indirecte. Aucun profil comportemental de traitement visuo-spatial ne se dégage de la condition directe pour les sujets contrôles. Par ailleurs, aucun profil comportemental particulier (condition directe et indirecte) n'a pu être mis en évidence chez nos sujets Alzheimer. Le seul résultat observé concerne un nombre plus élevé de traitements « aléatoires » en condition indirecte. Ces traitements sont qualifiés d'aléatoires car aucun traitement visuo-spatial 'cohérent' ne peut être identifié. Les sujets Alzheimer ont également davantage tendance à oublier la consigne lors de la condition indirecte, cette tendance s'accroissant avec l'évolution de la maladie.

En résumé, bien que cette étude apporte peu d'éclairages sur la nature des difficultés visuo-spatiales dans la maladie d'Alzheimer, certains résultats sont toutefois intéressants aussi

bien pour la compréhension de cette maladie et des déficits visuo-spatiaux associés que pour la compréhension du vieillissement normal.

Premièrement, contrairement à nos attentes les sujets Alzheimer n'utilisent pas davantage de traitements visuo-spatiaux 'moins coûteux' sur le plan cognitif (traitement identité stricte et traitement approximatif) comparativement aux sujets contrôles. Ces résultats montrent que les sujets Alzheimer ont plus de difficultés que les sujets contrôles à mettre en œuvre des stratégies de résolution adaptées à la difficulté de la séquence visuo-spatiale à traiter. La maladie d'Alzheimer empêcherait donc la mise en œuvre de stratégies plus adaptées. Une telle conclusion est corroborée par le fait que les analyses montrent un nombre significativement plus élevé de traitements visuo-spatiaux aléatoires. Le traitement « aléatoire » se traduit comme la volonté d'essayer de résoudre la tâche demandée lorsque seul le nombre de cubes composant la séquence à été retenu. Les sujets Alzheimer n'arriveraient donc pas à mettre en œuvre des traitements visuo-spatiaux 'plus simples' (abandon de contraintes) aussi systématiquement que les sujets âgés sains. La maladie d'Alzheimer affecterait la mise en place de stratégies visuo-spatiales alternatives contrairement au vieillissement normal. En effet, les analyses réalisées au sein du groupe de sujets contrôle montrent que les sujets âgés sains s'adaptent à la complexité des séquences visuo-spatiales. Ils utilisent de façon plus systématique, un traitement moins coûteux sur le plan cognitif, en abandonnant une ou des contraintes inhérentes au problème. Le fait que les profils comportementaux concernent uniquement le traitement vectoriel partiel et le traitement identité stricte et non le traitement approximatif montre que la contrainte localisation précise du bloc est maintenue et que l'abandon de contraintes au sein du formalisme vectoriel (une ou les trois) est suffisant pour les sujets contrôles lors de la résolution des blocs de Corsi. Ils ont principalement recours aux traitements visuo-spatiaux qui nécessitent le moins d'abandon de contraintes

En second point, l'absence de résultats significatifs entre les sujets Alzheimer légers et les sujets Alzheimer modérés laisse penser que l'évolution de la maladie n'entraîne pas plus de difficultés lors de la résolution d'une épreuve visuo-spatiale séquentielle. L'évolution de la maladie d'Alzheimer entre un stade léger et un stade modéré n'accentue pas les déficits visuo-spatiaux en situation de résolution des blocs de Corsi.

D'un point de vue neuroanatomique, les résultats concernant le groupe Alzheimer apparaissent logiques. En effet, les données issues des neurosciences mettent en évidence lors

de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi l'implication dominante du cortex pariétal associatif et de l'hippocampe (Bobhot et *al.*, 1998 ; Buck et *al.*, 1997 ; Bullier, 1998 ; Schmidt et *al.*, 2003). Ces zones cérébrales sont décrites comme précocement touchées dans la maladie d'Alzheimer (Grady & Haxby, 1995 ; Pruvlovic et *al.*, 2002). De ce fait, observer des difficultés, lors de la mise en œuvre des traitements visuo-spatiaux plus adaptés (moins coûteux sur le plan cognitif) lors des situations d'impasse, plus prononcées pour le groupe Alzheimer comparées au groupe contrôle n'a rien de surprenant. En revanche, les résultats au sein du groupe Alzheimer le sont davantage. Avec l'avancée dans la maladie, les pertes neuronales s'intensifient ; on aurait alors tendance à supposer que les sujets Alzheimer à un stade modéré soient davantage en difficultés que les sujets à un stade léger dans la mise en œuvre de traitements visuo-spatiaux moins coûteux lors des situations d'impasse. Or, aucun résultat significatif ne s'observe. Contrairement à nos attentes, les sujets à un stade léger ne mettent pas plus en œuvre de traitements visuo-spatiaux moins coûteux sur le plan cognitif que les sujets à un stade modéré lors des situations d'impasse. Lorsque l'on s'intéresse aux erreurs d'un point de vue qualitatif, l'avancée de la maladie sur le plan cérébral c'est-à-dire la destruction neuronale plus prononcée des aires pariétales associatives et de l'hippocampe (entre un stade léger et modéré) ne semble pas affecter la mise en place des traitements visuo-spatiaux lors de la résolution d'une épreuve visuo-spatiale séquentielle comme celle des blocs de Corsi.

L'objectif que nous annonçons dans le cadre théorique était de montrer que les déficits visuo-spatiaux observés dans le vieillissement normal et pathologique sont interprétables en référence aux propositions de Versace et *al.* (*ibid.*). Nos résultats sont compatibles avec les hypothèses interprétatives de déficits des mécanismes d'activation et d'intégration avancées par ces auteurs. En effet, l'altération sensorielle liée au vieillissement normal ainsi que le déficit d'intégration multisensorielle manifesté par les patients Alzheimer, peuvent rendre compte des défauts de mise en œuvre des traitements visuo-spatiaux tels que nous les avons définis.

Notre conception du traitement des informations visuo-spatiales se veut radicalement différente de celle du calepin visuo-spatial de Baddeley (1986, 2000). Si pour les modèles structuralistes l'évaluation du calepin visuo-spatial met en évidence une capacité de traitement de l'information visuo-spatiale généralisable à n'importe quelle autre activité de même sorte,

notre approche au contraire tient compte du contexte situationnel de la tâche. De ce fait, les traitements visuo-spatiaux mis en évidence ne peuvent se généraliser, ils dépendent du contexte situationnel de la situation-problème et des connaissances antérieures des individus.

Pour résumer, le constructivisme psychologique (Inhelder & Cellier, 1992) décrit qu'en fonction du contexte externe les individus se situent dans un contexte interne (cognition située) activant des schèmes d'action différents d'une centration à une autre (centration de l'attention) (Bastien, 1997 ; Bastien & Bastien-Toniazzo, 2004).

Le constructivisme psychologique évoqué ci-dessus permet d'aborder le dernier objectif de cette thèse qui concerne la mise en évidence de l'expression de flexibilité cognitive lors du vieillissement cognitif (normal et pathologique) lors de la résolution d'épreuves visuo-spatiales en fonction de la complexité des informations à traiter. Nous entendons par flexibilité cognitive, le fait que lorsque la séquence est jugée complexe, les sujets mettent en œuvre un traitement visuo-spatial moins coûteux sur le plan cognitif, ce que traduit le choix d'une stratégie cognitive adaptée (Clément, *ibid.*). Le fait de mettre en œuvre un traitement visuo-spatial moins coûteux, lorsqu'un traitement vectoriel (celui de la réussite) n'apparaît pas applicable à un moment donné de la résolution de l'épreuve, témoigne bien d'un comportement cognitif pouvant être qualifié d'adaptatif à la situation. Une partie de nos analyses a porté sur un éventuel traitement visuo-spatial unique lors de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi. Les résultats des analyses intra et inter-conditions n'ont mis en évidence aucune homogénéité dans les traitements visuo-spatiaux que ce soit au sein du groupe Alzheimer ou au sein du groupe contrôle. En accord avec la thèse défendue par Clément (2006, 2008, 2009) nous interprétons le fait que les sujets mettent en œuvre différents traitements en fonction du contexte (difficulté de la séquence à reproduire, condition demandée) comme la manifestation de flexibilité cognitive spontanée. L'expression de la flexibilité spontanée signifie que les sujets utilisent différents traitements visuo-spatiaux en fonction du contexte externe de la tâche c'est-à-dire, de la difficulté de la séquence visuo-spatiale à traiter, sans que ce changement de stratégie cognitive soit clairement énoncé dans la consigne. Nos propres résultats laissent supposer que le vieillissement normal tout comme le vieillissement pathologique de type Alzheimer ne supprime pas, du moins aux stades légers et modérés, l'expression de la flexibilité cognitive spontanée lors du traitement séquentiel d'informations visuo-spatiales. Autrement dit, les sujets Alzheimer mettent en œuvre comme

les sujets âgés contrôles, des traitements visuo-spatiaux moins coûteux sur le plan cognitif lorsqu'ils ne sont pas en mesure de mettre en œuvre un traitement vectoriel, du fait de la complexité du cheminement visuo-spatial à reproduire. A ce jour, très peu d'étude se sont intéressées à l'expression de la flexibilité cognitive en situation de résolution de problème lors du vieillissement normal (Clément, *ibid.*) et encore moins lors du vieillissement pathologique. Une de nos perspectives de recherche serait d'étudier plus en détail l'expression de la flexibilité cognitive avec l'évolution de la maladie d'Alzheimer. Il est démontré que chez les sujets âgés la flexibilité cognitive (réactive et spontanée) est moins fréquente que chez les sujets adultes (Guédin & Clément, 2005). En est-il de même entre le vieillissement normal et le vieillissement pathologique lors de traitements visuo-spatiaux séquentiels ?

Dans nos perspectives de recherche nous aimerions élargir nos analyses qualitatives à une épreuve visuo-spatiale qui bénéficie d'une présentation simultanée. En effet, dans cette thèse nous avons défini les traitements visuo-spatiaux rencontrés lors d'une épreuve séquentielle : il serait intéressant de voir si d'autres traitements visuo-spatiaux se rencontrent lors d'une présentation simultanée. Certaines recherches, comme celle de Lecerf et De Ribaupierre (2005) ont montré un effet du mode de présentation. Ces auteurs ont effectivement mis en évidence un effet du mode de présentation (séquentielle et simultanée) lors de tâches visuo-spatiales. Les auteurs évoquent trois types d'encodage ; un encodage extrafigural (basé sur le placement spatial), un encodage intrafigural (basé sur les relations entre les items) et un encodage visuel (pattern global) qui selon eux dépendent de la nature de la présentation du matériel (simultanée ou séquentielle). L'étude de Lecerf et De Ribaupierre (*ibid.*) va dans le sens de traitements cognitifs distincts en fonction du mode de la présentation des informations visuo-spatiales à traiter.

La population de sujets étudiée dans cette thèse ciblait le vieillissement normal et pathologique avec des patients atteints de maladie d'Alzheimer. Il serait intéressant d'étendre notre dispositif expérimental à d'autres populations avec d'autres pathologies comme la maladie de Parkinson connue notamment pour ses déficits concernant les fonctions 'exécutives' dont l'expression de la flexibilité cognitive (Dujardin & Defebvre, 2007) ou encore à des pathologies psychiatriques.

D'un point de vue développemental il serait intéressant d'étendre cette recherche à des enfants, des adolescents et à de jeunes adultes afin de pouvoir étudier les différents

traitements visuo-spatiaux définis dans cette thèse en fonction du développement cognitif. Concernant les prédictions sur d'éventuels profils comportementaux nous pourrions nous attendre à ce que des sujets jeunes adultes aient un profil comportemental d'erreurs caractérisé par des traitements visuo-spatiaux vectoriels partiels (traitement le plus proche du traitement vectoriel, celui de la réussite). Il serait intéressant dans l'étude des sujets jeunes de faire passer l'ensemble des séquences (ne plus tenir compte du critère d'arrêt). Pour les sujets enfants à l'inverse, nous pourrions nous attendre à des profils comportementaux caractérisés par des traitements visuo-spatiaux identité stricte ou approximatif, moins coûteux sur le plan cognitif.

Certains auteurs (Capitani, Laiacona, & Ciceri, 1991, cités par Farrelle, Busch, Medina, Bartok John & Krikorian, 2006 ; Millet et *al.*, 2009 ; Nichelli, Bulgheroni & Riva, 2001) se sont intéressés à l'effet des différences de genre masculin et féminin lors de la résolution de tâches visuo-spatiales. Une étude menée par Xavier et *al.* (2009) a mis en évidence des effets du genre masculin et féminin lors de différentes épreuves visuo-spatiales, dont celle des blocs de Corsi, chez des sujets atteints de maladie d'Alzheimer. Les sujets masculins Alzheimer ont des performances supérieures à celles des femmes Alzheimer lorsqu'il s'agit de manipuler de manière active de l'information visuo-spatiale. L'étude des traitements visuo-spatiaux mis œuvre lors de la résolution des blocs de Corsi en fonction du genre, masculin ou féminin, des sujets peut-être une poursuite à cette recherche. En effet, existe-il un profil comportemental de traitements visuo-spatiaux selon le sexe des sujets?

Une perspective de recherche qui nous apparaît des plus intéressante, dans l'objectif de confirmer nos hypothèses sur les changements de traitements visuo-spatiaux en fonction du contexte externe, serait de créer un matériel expérimental dans lequel la complexité des séquences visuo-spatiales des blocs de Corsi serait manipulée. Nous prétendons que la difficulté d'une séquence visuo-spatiale résulte de la combinaison de deux facteurs, le nombre de cubes à traiter et la complexité de la séquence c'est-à-dire, le nombre de croisements, de chevauchements et d'allers-retours qui la constituent (Busch, Farrell, Lisdahl-Medina, & Krikorian, 2005 ; Orsini, Pasquadibisceglie, Picone & Tortora, 2001 ; Orsini, Simonetta & Marmorato, 2004). Le matériel expérimental consisterait à créer des séquences visuo-spatiales complexes avec peu de cubes et d'autres plus simples mais composées d'un nombre plus important de cubes. Un tel matériel expérimental permettrait de mettre à l'épreuve des faits nos théories sur la mise en œuvre de traitements visuo-spatiaux moins coûteux sur le plan

cognitif (traitement identité stricte et traitement approximatif) lors de séquences visuo-spatiales complexes (contexte externe considéré comme un facteur exogène de l'expression de la flexibilité cognitive). Rossi-Arnaud, Pieroni et Baddeley (2006) ont montré que des séquences visuo-spatiales symétriques verticales bénéficient de meilleures performances comparées à des séquences non symétriques. La structure interne des séquences visuo-spatiales apparaît donc, bien jouer un rôle dans les résultats observés chez les individus et par conséquent dans les traitements visuo-spatiaux mis en œuvre.

Il serait intéressant dans une prochaine expérience de faire verbaliser les sujets sur la façon dont ils pensent résoudre l'épreuve des blocs de Corsi et cela pour chaque séquence qu'ils reproduisent. Nous pourrions dans un premier temps voir si les sujets arrivent à exprimer avec des mots le formalisme vectoriel de la réussite ainsi que les contraintes inhérentes à celui-ci et dans un second temps voir comment ils traduisent verbalement les autres traitements visuo-spatiaux induisant un échec. Enfin en fonction de la population choisie, analyser les différences de verbalisation des traitements visuo-spatiaux entre des sujets jeunes et âgés ou encore entre des sujets sains et d'autres atteints de diverses pathologies.

Une dernière perspective de recherche serait de proposer d'intégrer nos propositions d'un traitement visuo-spatial dans les modèles actuels en psychologie qui intègrent les interactions entre la cognition et l'émotion (Bastien & Bastien-Toniazzo, 2002 ; Sander, Grangjean & Scherer, 2005 ; Sander & Koenig, 2002, cités par Clément, 2009). Comme le souligne Simon (1967), développer une théorie de la résolution de problème et du raisonnement qui prend en compte la motivation et les émotions est essentiel. Dans la réalisation des buts à atteindre, l'émotion apparaît comme un mécanisme d'interruption régulant les priorités au sein du système cognitif (Simon, *ibid.*). On ne peut étudier la résolution de problème sans prendre en compte la charge émotionnelle induite par le problème lui-même. L'émotion est de plus en plus considérée dans les sciences cognitives comme partie intégrante de la cognition, « Le système de l'émotion pouvant être vu comme un système cognitif particulier (...) qui traite l'information (pas nécessairement de façon symbolique) utile à l'acquisition, l'organisation et l'utilisation des connaissances » (Sander & Koenig, 2002, p.250, cités par Clément, 2009).

Pour résumer, ce travail de recherche s'est appuyé sur une approche qualitative des réponses des sujets avec une méthodologie d'analyse de protocoles individuels et sur l'approche du constructiviste psychologique de la résolution de problème. Il propose une approche différente du traitement de l'information visuo-spatiale que celle classique d'un calepin visuo-spatial au sein de la mémoire de travail indépendante de la mémoire à long terme. En effet, nous défendons une conception système unique de la mémoire ainsi qu'une approche fonctionnelle du fonctionnement cognitif et par conséquent du traitement de l'information visuo-spatiale. Cette thèse a permis de mettre en évidence différents traitements visuo-spatiaux impliqués lors de la manipulation d'informations visuo-spatiales séquentielles, de contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes cognitifs visuo-spatiaux dans le vieillissement normal et pathologique (Alzheimer) en essayant de mettre en évidence des profils comportementaux et de montrer l'expression de flexibilité cognitive spontanée lors de la résolution de l'épreuve des blocs de Corsi en fonction de la complexité du parcours à traiter ou de la condition expérimentale (directe ou indirecte). Cette flexibilité cognitive se manifeste par un recours à des traitements visuo-spatiaux moins coûteux cognitivement, lorsque le parcours à reproduire est jugé complexe et induit alors « une situation de difficultés » pour les sujets.

En choisissant une épreuve d'empan visuo-spatial et en analysant celle-ci différemment de l'approche classique quantitative, caractéristique des modèles multi-systèmes, nous avons pu proposer une autre approche compatible avec les modèles unitaires de la mémoire, validant les conceptions fonctionnelles du fonctionnement cognitif et de surcroît remettre en cause le concept de calepin visuo-spatial (Baddeley, 1986).

Cette approche nous semble prometteuse pour expliquer différemment les déficits rencontrés dans le vieillissement, qu'il soit normal ou pathologique. Au-delà de la remise en question de l'approche modulaire dominante, une telle perspective a aussi des implications importantes pour le praticien, en posant une autre façon d'interpréter les évaluations cognitives qui met en avant les aspects qualitatifs des déficits rencontrés.

Nous concluons ce travail de recherche en citant l'affirmation de Descartes « *Je pense, donc je suis* » réinterprétée par Versace et al. (2002) « *J'agis, donc je suis* ».

Cette citation résume l'approche défendue dans cette thèse, étudier les sujets en action afin de mieux comprendre le fonctionnement cognitif humain.

Références bibliographiques

- A**brahams, S., Pickering, A., Polkey, & Morris, R. G. (1997). Spatial memory deficit inpatients with unilatéral damage to the right hippocampal formation. *Neuropsychologia*, 35, 11-24.
- Amouyel, P. (2008). Le vieillissement et ses pathologies en quelques chiffres. In K. Dujardin & P. Lemaire (Eds.), *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique* (pp. 3-10). Paris : Masson.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, N. J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Andres, P., Van der Linden, M., Collette, F., & Le Gall, D. (1999). Approche neuropsychologique de l'inhibition : une fonction frontale ? In M. Van der Linden, X. Seron, D. Le Gall, P. Andres (Eds.), *Neuropsychologie du lobe frontal* (pp. 115-136). Marseille : Solal.
- Annett, J. (1995). Motor imagery : Perception or action ? *Neuropsychologia*, 33, 1395-1417.
- Arias, A., Bastien, C., & Bastien-Toniazzo, M. (2009). *Mémoire visuo-spatiale et stratégies*. Mémoire de recherche de master 1, Université de Provence.
- Atkinson, R. C., & Schiffrin, R. M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In K. W. Spence (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (pp.89-195). New York: Academic Press.
- Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 119-126.
- B**addeley, A.D. (1966a). The capacity for generating information by randomization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 119-129.
- Baddeley, A.D. (1966b). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 362-365.

- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A.D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1993). Working memory or working attention? In A. D. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness and control. A tribute to Donald Broadbent* (pp. 152-170). Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A.D. (1994). The magic number seven: Still magic after all these years? *Psychology Review*, 101(2), 353-356.
- Baddeley, A.D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5-28.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Baddeley, A.D., Della Sala, S., Papagno, C., & Spinnler, H. (1997). Dual-task performance in dysexecutive and nondysexecutive patients with a frontal lesion. *Neuropsychology*, 11, 187-194.
- Baddeley, A.D, Grant, W., Wight, E., & Thomson, N. (1975). Imagery and visual working memory. In P. M. A. Rabbit & S. Dornic (Eds.), *Attention and Performance*. (pp. 205-217). London: Academic Press.
- Baddeley, A.D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (Eds.), *Recent advances in learning and motivation: vol. 8*. New York: Academic Press.
- Baddeley, A.D., Lewis, V. J., & Vallar, G. (1984). Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 36, 233-251.
- Baddeley, A.D., & Lieberman, K. (1980). Spatial working memory. In R. S. Nickerson (Eds.), *Attention and performance: vol 8*. (pp. 521-539). Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum.
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: the multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory* (pp. 28-61). New-York: Cambridge University Press.
- 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, 490-502.
- Baron, J. C. (2008). Imagerie fonctionnelle. In B. Lechevalier, F. Eustache & F. Viader (Eds.), *Traité de Neuropsychologie clinique* (pp. 195-210). Bruxelles : De Boeck Université.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577-609.

- Bastien, C. (1997). *Les connaissances de l'enfant à l'adulte*. Paris : Armand Colin.
- Bastien, C., & Bastien-Toniazzo, M. (2004). *Apprendre à l'école*. Paris: Armand Colin.
- Baeyens, C., & Bruyer, R. (1999). Dissociating visual and spatial components of the visuo-spatial slave system of working memory. *Current Psychology of Cognition*, 18, 307-320.
- Benton, A. (1968). Differential behavioral effects in frontal lobe disease. *Neuropsychologia*, 6, 53-60.
- Berch, D. B., Krikorian, R., & Huba, E. M. (1998). The Corsi block-tapping task: methodological and theoretical considerations. *Brain and Cognition*, 38, 317-338.
- Bohbot, V., Kalina, M., Stepankova, K., Spackova, N., Petrides, M., & Nadel, L. (1998). Spatial memory deficits in patients with lesions to the right hippocampus and to the right parahippocampal cortex. *Neuropsychologia*, 36, 1217-1238.
- Bourassa, D. C., & Besner, D. (1994). Beyond the articulatory loops: A semantic contribution to serial order recall of subspan lists. *Psychonomic Bulletin Review*, 1, 122-125.
- Boussaoud, D. (1998). Comment le cerveau commande l'action: un immense chantier neuronal. *La Recherche*, 309, 58-61.
- Bower, G. H. (1981). Mood and memory. *American Psychologist*, 36, 129-148.
- Brooks, L. R. (1967). The suppression of visualization by reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 289-299.
- Brooks, L. R. (1968). Spatial and verbal components of the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, 22, 349-368.
- Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 12-21.
- Bruyer, R., & Scalquin, J. C. (1999). Assessment of visuospatial short-term memory and effect of aging. *European Review of Applied Psychology*, 49, 175-180.
- Buck, B., Black, S. E., Berhrmann, M., Caldwell, C., & Bronskill, M. (1997). Spatial and object-based attentional deficits in Alzheimer's disease: Relationship to SPECT measures of parietal perfusion. *Brain*, 120, 1229-1244.
- Busch, R.M., Farrell, K., Lisdahl-Medina, K., & Krikorian, R. (2005). Corsi block-tapping task performance as a function of path configuration. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 127-134.
- Bullier, J. (1998). Architecture fonctionnelle du système visuel. In M. Boucart, A. M. Hénaff, & C. Belin (Eds.), *Vision : Aspects perceptifs et cognitifs* (pp.11-43). Marseille: Solal.

Burglen, F. (2005). *Etudes du mécanisme de binding en mémoire de travail et de la boucle phonologique chez le patient schizophrène*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

Capitani, E., Laiacona, M., & Ciceri, E; (1991). Sex differences in spatial memory: a reanalysis of block tapping long-term memory according to the short-term memory level. *Italian Journal of Neurological Sciences*, 12(5), 461-466.

Camus, J. F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*. Paris: Armand Colin.

Cantor, J., & Engle, R. W. (1993). Working-memory capacity as long term memory activation : An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19 (5), 1101-1114.

Cantone, G., Orsini, A., Grossi, D., & De Michele, G. (1978). Verbal and spatial memory span in dementia (an experimental study of 185 subjects). *Acta Neurologica* (Naples), 33, 175-185.

Caplat, G. (2002). *Modélisation cognitive et résolution de problèmes*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

Carpenter, P.A., Miyake, A., & Just, M. A. (1994). Working memory constraints in comprehension: Evidence from individual differences, aphasia, and aging. In M. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics* (pp. 1075-1122). San Diego, CA: Academic Press.

Carselino, G.A., Fadda, L., Sabbadini, M. & Catagirone, C. (1996). Recency effect in Alzheimer's disease: A reappraisal. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 315-325.

Cermak, L. S. (1984). The episodic-semantic distinction in amnesia, In L. R. Squire & N. Butters, (Eds.), *Neuropsychology of Memory*. New York: Guilford Press.

Charnallet, A. (2006). Deficits visuo-perceptifs dans l'atrophie corticale postérieure et la maladie d'Alzheimer. In C. Belin, A. M. Ergis, & O. Moreaud (Eds.), *Actualités sur les démences: Aspects cliniques et neuropsychologiques*. Marseille : Solal.

Chincotta, D., Underwood, G., Abd Ghani, K., Papadopoulou, E., & Wresinksi, M. (1999). Memory span for Arabic numerals and digits words: Evidence for a limited-capacity visuo-spatial storage system. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2A, 325-351.

Clancey, W. J. (1997). *Situated cognition: On human knowledge and computer representations*. Cambridge, MA : Cambridge University Press.

Clement, E. (2006). Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. *L'Année Psychologique*, 106, 415-434.

- Clément, E. (2007). Défauts de planification ou de flexibilité : Etude auprès d'une population de personnes âgées. In J. M. Hoc & Y. Corson (Eds.), *Actes du congrès National de la SFP* (pp. 317-324). Nantes.
- Clement, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne*, (pp.21-42). Paris : Edition Publibook Université.
- Clément, E. (2009). *La résolution de problème : à la découverte de la flexibilité cognitive*. Paris : Armand Colin.
- Collette, F. (2004). Exploration des fonctions exécutives par imageries cérébrales. In T. Meulemans, F. Collettes & M. Van Der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutive* (pp. 25-51). Marseille: Solal.
- Collette, F., Péters, F., Hogge, M., & Majerus, S. (2007). Mémoire de travail et vieillissement normal. In G. Aubin., F. Coyette., P. Pradat-Diehl & C. Vallat-Azouvi (Eds.), *Neuropsychologie de la mémoire de travail* (pp. 353-380). Marseille: Solal.
- Collette, F., Poncelet, M., & Majerus, S. (2003). L'évaluation des troubles de la mémoire de travail. In Meulemans, B. Desgranges, S. Adam, & F. Eustache (Eds.), *Evaluation et prise en charges des troubles mnésiques* (pp. 99-122). Marseille: Solal.
- Collette, F., & Van der Linden, M. (2005). Mémoire de travail et maladie d'Alzheimer. In A. M. Ergis, M. C. Gély-Nargeot, & M. Van der Linden (Eds.), *Les troubles de la mémoire dans la maladie d'Alzheimer* (pp.35-71). Solal : Marseille.
- Collette, F., Van der Linden, M., Poncelet, M., & Pasquier, F. (1998). Exploration of memory span performance in Alzheimer's disease. In B. Vellas, J. Fitten, & G. Frisoni (Eds.), *Research and Practice in Alzheimer's disease* (pp. 249-262). New-York: Springer Publishing Company.
- Colins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407-428.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning an Verbal Behavior*, 8(2), 240-247;
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusion in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55, 75-84.
- Conrad, R. (1967). Interference or decay over short retention intervals. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 6, 64-54.
- Corkin, S. (1982). Some relationships between global amnesias and the memory impairments in Alzheimer's disease. In S. Corkin, K. L. Davis, J. H. Growden, E. Usdin, & R. J. Wurtman (Eds.), *Alzheimer's disease: A report of research in progress* (pp. 192-207). New York: Raven Press.

- Corsi, P. M., (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. *Dissertation Abstracts International*, 34 (2), 891B. (University microfilms, No. AA 105-77717).
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. Oxford: Oxford University Press.
- Cowan, N. (1999). An embedded-Processes model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenances and executive control* (pp.62-101). Cambridge: Cambridge University Press.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. New York: Psychology Press.
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long term, short term, and working memory? *Progress in brain research*, 169, 323-338.
- Cowan, N., Day, L., Saults, J. S., Keller, T. A., Johnson, T., & Flores, L. (1992). The role of verbal output time in the effects of word length on immediate memory. *Journal of Memory and Language*, 31, 1-17.
- D**'Esposito, M., Aguirre, G.K., Zarahn, E., Ballard, D., Shin, R. K., & Lease, J. (1998). Functional MRI studies of spatial and nonspatial working memory. *Cognitive Brain Research*, 7, 1-13.
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Alsop, D.C., Shin, R.K., Atlas, S., Grossman, M. (1995). The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, 378, 279-281.
- Damasio, A. R. (1995). *L'erreur de Descartes*. Paris: Odile Jacob.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Daneman, M., & Green, I. (1986). Individual differences in comprehending and producing words in context. *Journal of Memory and Language*, 25, 1-18.
- De Keyser, J., Ebinger, G., & Vauquelin, G. (1990). Age-related changes in the human nigrostriatal dopaminergic system. *Annals of Neurology*, 27, 157-161.
- De Renzi, B., & Nichelli, P. (1975). Verbal and non-verbal short term memory impairment following hemispheric damage. *Cortex*, 11, 341-353.

- Delabarre, S., & Clément, E. (2003). Mise en évidence des différences de flexibilité mentale dans la résolution du problème de La tour de Hanoï. In A. Vom Hofe, H. Charvin, J-L. Bernaud & D. Guédon (Eds.), *Psychologie différentielle, Recherches et Réflexions* (pp.247-250). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Delbeuck, X., Collette, F., Van der Linden, M. (2007). Is Alzheimer's disease a disconnection syndrome ? Evidence from a crossmodal audio-visual illusory experiment. *Neuropsychologia*, 45(14), 3315-3323.
- Della Sala S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., & Wilson, L. (1999). Pattern span: A tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37, 1189-1100.
- Della Sala S., Gray, C., Baddeley, A., & Wilson, L. (1997). *The visual pattern Test: A new Test of short-term visual Recall*. Feltham, Suffolk, Thames Valley Test Compagny.
- Done, D. J., & Hajilou, B. B. (2005). Loss of high level perceptual knowledge of objet structure in DTA. *Neuropsychologia*, 43, 60-68.
- Dujardin, K., & Defebvre, L. (2007). *Neuropsychologie de la maladie de Parkinson et des syndromes apparentés*. Elsevier Masson.
- E**bbinghaus, H. (1885). *Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*. Leipzig, Dunker Humbolt (traduction américaine: *Memory: a contribution to experimental psychology*, New York: Dover Publications, 1964).
- Ehrlich M. F., Tardieu, H., & Canazza, M. (1993). Modèles mentaux, modèles de situation et compréhension de textes. In M. F. Ehrlich, H. Tardieu, & M. Cavazza (Eds.), *Les modèles Mentaux : Approche cognitive des représentations*, (pp. 47-78). Paris: Masson.
- Ekman, P. (1984). Expression and the nature of emotion. In K. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to emotion* (pp. 319-343). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Ellis, N. C., & Henneley, R. A. (1980). A bilingual word-length effect: implications for intelligence testing and the relative case of mental calculation in Welsh and English. *British Journal of Psychology*, 71, 43-51.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 19-23.
- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake, & P. Shah (Eds.), *Models working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. London: Cambridge Press.

- Engle, R. W., Cantor, J., & Carullo, J. J. (1992). Individual differences in working memory and comprehension: a test of four hypotheses. *Journal of experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 972-992.
- Ergis, A.M., Van der Linden, M., Boller, F., Degos, JD., & Deweer, B. (1995). Mémoire visuo-spatiale à court et à long terme dans la maladie d'Alzheimer débutante. *Neuropsychologia Latina*, 1, 18-25.
- Eslinger, P. J., & Grattan, L. M. (1993). Frontal lobe and frontal-striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia*, 31, 17-28.
- Eustache, F., & Desgranges, B. (2003). Concepts et modèles en neuropsychologie de la mémoire : entre théorie et pratique clinique. In T. Meulemans, B. Desgranges, S. Adam, & F. Eustache (Eds.), *Evaluation et prise en charge des troubles mnésiques* (pp. 13-49). Marseille : Solal.
- Eustache, F., & Faure, S. (1996). *Manuel de neuropsychologie*. Paris : Dunod.
- Eustache, F., Lechevalier, B., & Viader, F. (1996). *La mémoire : Neuropsychologie clinique et modèles cognitifs*. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.
- F**arrell, P. K., Busch, R. M., Medina, K. L., Bartok John. A., & Krikorian, R. (2006). Developmental normative data for the Corsi block-tapping task. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 28(6), 1043-1052.
- Farmer, E. W., Berman, J. V. F. & Fletcher, Y. L. (1986). Evidence for a visuo-spatial scatch-pad in working memory. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, 38A, 675-688.
- Fayol, M. (1990). *L'enfant et le nombre : du comptage à la résolution de problèmes*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- Feyereisen, P., & Van der Linden, M. (1992). *Performance of young and older adult in four memory span tasks*. Paper presented at the Fifth Conference of the European Society for Cognitive Psychology, Paris.
- Fischer, M. H. (2001). Probing spatial working memory with the Corsi block task. *Brain & cognition*, 45, 143-154.
- Fodor, J. A. (1986). *La modularité de l'esprit : essai sur la psychologie des facultés*. Paris : Editions de Minuit.
- Folstein, M. F., Folstein, S.E., Mc Hugh, P.R. (1975). "Mini- Mental State". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*. 12(3), 189-198.

- Frick, R. W. (1985). Testing visual short-term memory: Simultaneous versus sequential presentations. *Memory and Cognition*, *13*, 346-356.
- Frick, R. W. (1988). Issues of representation and limited capacity in the auditory short-term store. *British Journal of Psychology*, *79*, 213-240.
- Frick, R. W., & De Rose, A. (1986). The suffix effect and preattentive unit-formation in visual short-term memory. *Canadian Journal of Psychology*, *40*, 97-108.
- Friedman, N.P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions : A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology General*, *133*, 101-135.
- Friedman, H. R., & Goldman-Rakic, P. S. (1994). Coactivation of the prefrontal cortex and inferior parietal cortex in working memory tasks revealed by 2DG functional mapping in the rhesus monkey. *Journal of Neurosciences*, *14*(2), 2 775- 2 788.
- Fujimori, M., Imamura, T., Hirono, N., Ishii, K., Sasaki, M., & Mori, E. (2000). Disturbances of spatial vision and object correlate differently with regional cerebral glucose metabolism in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *38*, 1356-1361.
- Funnel, E. (2000). Apperceptive agnosia and the visual recognition of object categories in dementia of the Alzheimer type. *Neurocase*, *6*, 451-463.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex: Anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobe*. New York: Raven.
- G**athercole, S. E. & Baddeley, A. D. (1993). *Working memory and language*. Hove, U. K: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gathercole, S. E. & Hitch, G. (1993). The development of rehearsal: A revised working memory perspective. In A. Collins, S. Gathercole, M. Conway & P. Morris (Eds.), *Theories of memory*. Hove : Lawrence Erlbaum Associates.
- Gaonac'h, D., & Larigauderie, P. (2000). *Mémoire et fonctionnement cognitif : la mémoire de travail*. Paris: Armand Colin.
- Glenberg, A. M. (1997). What is memory is for. *Behavioral & Brain Sciences*, *20*, 1-55.
- Goldman-Rakic, P.S. (1987). Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory ; In F. Plum & V. Mountcastle (Eds.), *Handbook of Physiology: Vol. 5*. (pp. 373-517). The American Physiological Society: Washington, D.C.

- Grady, C. L., & Haxby, J. V. (1995). Functional neuroimaging of the aging brain. In F. Boller, J. Grafman & J. C. Baron (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (pp. 701-715). Amsterdam Elsevier.
- Grossi, D., Becker, J.T., Smith, C., & Trojano, L. (1993). Memory for visuo-spatial patterns in Alzheimer's disease. *Psychological Medicine*, 23, 65-70.
- Grossman, M., & Mickanin, J. (1994). Picture comprehension in probable Alzheimer's disease. *Brain and Cognition*, 26, 43-64.
- Guariglia, C. C. (2007). Spatial working memory in Alzheimer's disease. *Dementia and Neuropsychologia*, 1(4), 392-395.
- Guarnuccio-Barille, G., Bastien, C., & Bastien-Toniazzo, M. (2008). *Mémoire visuo-spatiale dans la démence de type Alzheimer débutante: analyse des types d'erreurs sur l'épreuve des blocs de Corsi*. Mémoire de recherche de master 1, Université de Provence.
- Guédin, C., & Clément, E. (2005). Devenir de la flexibilité au cours du vieillissement normal. In B. Vvicorsi & R. Collet (Eds.), *Handicap, cognition et prose en charge individuelle : des aspects de la recherche au respect de la personne* (pp. 152-168), Rouen : Presses Universitaires de Rouen et du Havre.
- Gussekloo, J., De Craen, A.J., Oduber, C., Van Boxtel, M.P., Westendorp, R.G. (2005). Sensory impairment and cognitive functioning in oldest-old subjects: The Leiden 85+ Study. *American Journal of Geriatric psychiatry*, 13(9): 781-786.
- H**ajilou, B. B., Done, D.J., & Gale, T. M. (2000). Investigating visual knowledge in dementia of the Alzheimer type (DTA): Evidence for a structured organization *Brain and Cognition*, 43, 238-246.
- Hanley, J. R., Young, A. W., & Pearson, N. A. (1991). Impairment of the visuo-spatial shetchpad. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 101-125.
- Haxby, J. V., Grady, C. L., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mishkin, M., Carson, R. E., Herscovitch, P., Shapiro, M. B., & Rapoport, S. I. (1991). Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extratriates cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88, 1621-1625.
- Hebb, D. O. (1961). Distinctive features of learning in the higher animal. In J. F. Delafresnaye (Eds.), *Brain mechanisms and learning* (pp. 37-46). New York: Oxford University Press.
- Hecker, R., & Mapperson, B. (1997). Dissociation of visual and spatial processing in working memory. *Neuropsychologia*, 35, 599-603.

- Hintzman, D. L. (1984). MINERVA 2: A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 16, 96-101.
- Hintzman, D. L. (1986). "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 93, 411-428.
- Hugonot-Diener, L. (2007). The mini mental status examination or MMSE consensual version of Greco. *La revue de Gériatrie*, 32(3), 225-229.
- Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D.A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30, 685-701.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Brown, G., & Mercer, R. (1995). The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86, 527-536.
- Hutchinson, S., Lee, L. H. L., Gaab, N., & Schlaug, G. (2003). Cerebellar volume of musicians. *Cerebral Cortex*, 13, 943-949.
- I**nhelder, B., & Cellier, G. (1992). *Le cheminement des découvertes de l'enfant*. Neuchâtel, Paris: Delachaux et Niestlé.
- Inhelder, B., & De Caprona, D. (1992). Vers le constructivisme psychologique : Structures ? Procédures ? Les deux indissociables. In B. Inhelder & G. Cellier (Eds.), *le cheminement des découvertes de l'enfant* (pp. 19-50), Neuchâtel, Paris: Delachaux et Niestlé.
- J**acoby, L. L., & Dallas, M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 306-340.
- James, W. (1890). *The principles of Psychology*. London: Macmillan and Co.
- Jenkins, L., Myerson, J., Joerding, J. A., & Hale, S. (2000). Converging evidence that visuospatial cognition is more age-sensitive than verbal cognition. *Psychology and aging*, 15, 157-175.
- Jones, D. M., Farrand, P., Stuart, G., & Morris, N. (1995). Functional equivalence of verbal and spatial information in serial shorter memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 1008-1018.
- Jonides, J., Smith, E.E., Koeppe, R.A., Awh, E., Minoshima, S., Mintun, M. A. (1993). Spatial working memory in humans as revealed by PET. *Nature*, 363, 623-625.

- K**aplan, E., Fein, D., Morris, R., & Delis, D. (1991). *WAIS-R as a neuropsychological instrument*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Kessels, R. P. C, Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J., & Haan, E. H. (2000). The corsi block-tapping task: standardization and normative data. *Applied Neuropsychology*, 7(4), 252-258.
- Klauer, K. C., Stegmaier, R. (1997). Interference in immediate spatial memory: shifts of spatial attention or central-executive involvement? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 79-99.
- Kolb, B., & Wishaw (2008). *Fundamentals of human neuropsychology*, 6th Ed. New York: Worth Publishers.
- Kurylo, D. D., Corkin, S., Rizzo, J. F., & Growdon, J. H. (1996). Greater impairment of object recognition than of visuospatial abilities in Alzheimer disease. *Neuropsychology*, 10, 74-81.
- Kyllonen, P. C., & Stephens, L. (1990). Cognitive abilities as determinants of success in acquiring logic skill. *Learning and Individual Differences*, 2, 129-160.
- L**aatu, S., Revonsua, A., Jäykkä, H., Portin, R., & Rinne, J.O. (2003). Visual object recognition in early Alzheimer disease: Deficits in semantic processing. *Acta neurologica scandinavica*, 108, 82-89.
- Laroche, S. (2001). Neuro-modelage des souvenirs. *La Recherche*, 1108, 20-24.
- Lawrence, B.M., Myerson, J., & Abrams, R.A. (2004). Interference with spatial working memory: An eye movement is more than shift of attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 488-494.
- Le Compte, D. C., & Shaibe, D. M. (1997). On the irrelevance of phonological similarity to the irrelevant speech effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 100-118.
- Lecerf, T., & De Ribaupierre, A. (2005). Recognition in a visuo-spatial memory task : The effect of presentation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17, 47-75.
- Lecerf, T., & Roulin, J.L. (2001). Mémoire de travail visuo-spatiale: une nouvelle épreuve. In A. Flieller, C. Bocéran, J. L. Kop, E. Thiébaud, A. M. Toniolo & J. Tournois (Eds.), *Questions de psychologie différentielle* (pp. 95-100). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Ledoux, J. E. (1989). Cognitive-emotional interaction in the brain. *Cognition and Emotion*, 3, 267-289.

- Ledoux, J. E. (1994). Emotion, mémoire et cerveau. *Pour la Science*, 202, 50-57.
- Ledoux, J. E. (1995). Emotion: clues from the brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209-235.
- Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependent on working memory capacity? *The Quarterly Journal of Psychology*, 49A, 29-50.
- Lemaire, P. (2006). *Psychologie cognitive*, Paris, Bruxelles : De Boeck Université.
- Le Ny, J. F. (1989). *Science cognitive et compréhension du langage*. Paris: PUF.
- Levy, R., Goldman-Rakic, P. S. (1999). Association of storage and processing functions in the dorsolateral prefrontal cortex of the nonhuman primate. *Journal of Neuroscience*, 19, 5149-5158.
- Levy, R., Goldman-Rakic, P. S. (2000). Segregation of working memory functions within the dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 133, 23-32.
- Levy, R., & Volle, E. (2007). Anatomie fonctionnelle du cortex préfrontal pour la mémoire de travail. In G. Aubin, F. Coyette, P. Pradat-Dielh, & C. Vallat-Azouvi (Eds), *Neuropsychologie de la mémoire de travail* (pp. 35-53). Marseille: Solal.
- Lezak, M., Howieson, B., & Loring, W. (2004). *Neuropsychological assessment* (4ième édition). Oxford: University Press.
- Logan, G. D. (1988). What is learned during automatization? Obligatory encoding of spatial location. *Journal of Experimental psychology human perception and performance*, 24, 1720-1736.
- Logie, R.H., (1986) Visuo-spatial processing in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 229-247.
- Logie, R.H., (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove, U.K: Erlbaum.
- Logie, R. H. (1996). The seven ages of working memory, In T.E. Ridcharson, R. W. Engle, L. Hasher, R.H. Logie, E. R. Stoltzfus & R. T. Zacks (Eds.), *Working memory and human cognition, Counterpoints: Cognition, Memory & Language* (pp. 31-65). Oxford: Oxford University Press.
- Logie, R.H., Della Sala, S., Laiacona, M., Chalmers, P., & Wynn, V. (1996). Group aggregates and individual reliability: The case of verbal short-term memory. *Memory and Cognition*, 24(3), 305-321.
- Logie, R.H., & Marchetti, C. (1991). Visuo-spatial working memory: Visual, spatial or central executive? In R.H. Logie & M. Denis (Eds.), *Mental images in human cognition* (pp. 105-115). Amsterdam: Elsevier.

- Logie, R.H., & Pearson, D.G. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 241-257.
- Logie, R.H., Zucco, G. M., & Baddeley, A. D. (1990). Interference with visual short term memory. *Acta Psychologica*, 75, 55-74.
- Loisy, C., & Roulin, J. L. (1992). *Multiple short-term storage in working memory : A new experimental approach*, The fifth conference of the European Society for Cognitive Psychology, Paris.
- M**aguire, E. A., Burke, T., Phillips, J., & Staunton, H. (1996). Topographical disorientation following unilateral temporal lobe lesions in humans, *Neuropsychologia*, 34, 993-1001.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 4398-4403.
- Mazaux, M. (1997). Deficits visuo-spatiaux et dyspraxia de l'enfant cérébro-lésé. Communication aux journées scientifiques de l'école d'Orthophonie de Lyon. In. *Orthophonie et neuropsychologie*. Medcom.
- McCarthy, G., Blamire, A. M., Puce, A., Nobre, A. C., Bloch, G., Hyder, F., Goldman-Rakic, P., Shulman, R. G. (1994). Functional MR imaging of human prefrontal cortex activation during a spatial working memory task. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 8690-8694.
- MacDonald, M. E., & Gusela, J. F. (1996). Huntington's disease= translating a GAG repeat into a pathogenic mechanism. *Current Opinion in Neuropsychology*, 6, 638-643.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1986). A distributed model of human learning and memory. In J. L. McClelland, D. E. Rumelhart, & the PDP Research Group (Eds.), *Parallel Distributed Processing* (pp. 170-215). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Medin, D. L., & Schaffer, M.M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207-238.
- Mendez, M. F., Mendez, M. A., Martin, R., Smyth, K. A., & Whitehouse, P. J. (1990). Complex visual disturbances in Alzheimer disease. *Neurology*, 40, 439-444.
- Metcalf, J. (1991). Recognition failure and the composite memory trace in CHARM. *Psychological Review*, 98, 529-553.
- Miller, E. K. (1999). The prefrontal cortex: complex neural properties for complex behavior. *Neuron*, 24, 15-17.

- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K.H. (1960). *Plans and the structure of Behavior*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Millet, X., Raoux, N., Le Carret, N., Bouisson, J., Dartigues, J-F., Amieva H. (2009). Gender-related Differences in Visuospatial Memory Persist in Alzheimer's disease. *Archives of clinical neuropsychology*, 24, 783-789.
- Milner, B. (1964). Some effects of frontal lobectomy in man. In J. M. Warren & K. Abert (Eds.), *The frontal granular cortex and behavior* (pp. 313-334). New York: McGraw-Hill.
- Milner, B. (1966). Amnesia following operations on the temporal lobes. In C. W. M. Whitty, & O. L. Zangwill (Eds.), *Amnesia*. London: Butterworth.
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27, 272-277.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witski, A.H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex "frontal lobe" task. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). Toward unified theories of working memory: Emerging general consensus, unresolved theoretical issues and future directions. In A. Miyake and P. Shah (Eds.), *Models of Working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 442-481) Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Monnier, C., & Roulin, J.L. (1994). A la recherche du calepin visuo-spatial en mémoire de travail. *L'année Psychologique*, 94, 425-460.
- Morris, N. (1987). Exploring the visuo-spatial scratch pad. *The quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 409-430.
- Morris, R. G. (1981). Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and motivation*, 12, 239-260.
- Morris, R. G. (1994). Working memory in Alzheimer-type dementia. *Neuropsychology*, 8(4), 544-554.
- Morris, R. G., Downes, J. J., Sahakian, B. J., Evenden, J. L., Heald, A., & Robbins, T. W. (1988). Planning and spatial working memory in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 51, 757-766.

- Morse, C. K. (1993). Does variability increase with age? An archival study of cognitive measures. *Psychology and aging*, 8(2), 156-164.
- Moscovitch, M., & Melo, B. (1997). Strategic retrieval and the frontal lobes: Evidence from confabulation and amnesia. *Neuropsychologia*, 35, 1017-1034.
- Murdock, B. B. Jr. (1982). A theory for the storage and retrieval of item and associative information. *Psychological Review*, 89, 609-626.
- Neath, I. (1999). Modeling the disruptive effects of irrelevant speech on order information. *International Journal of Psychology*, 34, 410-418.
- Neath, I. (2000). Modeling the effects of irrelevant speech on memory. *Psychonomic bulletin and Review*, 7, 403-423.
- Nelson, H. E. (1976). A modified Card Sorting Test sensitive to frontal lobe defect. *Cortex*, 12, 313-324.
- Nelson, R. E., Dickson, A. L., & Banos, J. H. (2000). An automated administration of Corsi's block-tapping test. *Perceptual & motor Skills*, 91, 578-580.
- Nesselroade, J. R. (2001). Intraindividual variability in development within and between individuals. *European psychologist*, 6, 187-193.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Nichelli, F., Bulgheroni, S., & Riva, D. (2001). Developmental patterns of verbal and visuospatial spans. *Neurological Sciences*, 22, 377-384.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1980). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (vol.4, pp. 1-18). New York: Plenum.
- Nosofsky, R. M. (1984). Choice, similarity, and the context theory of classification. *Journal of Experimental Psychology: learning, Memory, and Cognition*, 10, 89-91.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 414-432.
- Nosofsky, R. M. (1998). Optimal performance and exemplar models of classification. In M. Oaksford & N. Chater (Eds.), *Rational Models of Cognition*. London: Oxford University Press.
- Nyberg, L., & Tulving, E. (1996). Classifying human long term memory: Evidence from converging dissociations. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 163-184.

- O**h, S., & Kim, M. (2004). The role of spatial memory in visual search efficiency. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*, 275-281.
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- Orsini, A., Chiacchio, L., Cinque, M., Cocchiaro, C., Schiappa, O., & Grossi, D. (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.
- Orsini, A., Pasquadibisceglie, M., Picone, L., & Tortora, R. (2001). Factors which influence the difficulty of the spatial path in Corsi's block-tapping test. *Perceptual and motor skills*, *92*, 732-738.
- Orsini, A., Simonetta, S., & Marmorato, M. S. (2004). Corsi's block-tapping test: Some characteristics of the spatial path which influence memory. *Perceptual and motor skills*, *98*, 382-388.
- Orsini, A., Trojano, L., Chiacchio, L., & Grossi, D. (1988). Immediate memory spans in dementia. *Perceptual and Motor Skills*, *67*, 267-272.
- Owen, A. M., Evans, A. C., Petrides, M. (1996). Evidence for a two-stage model of spatial working memory processing within the lateral frontal cortex: a positron emission tomography study. *Cerebral Cortex*, *6*, 31-38.
- Owen, A.M., McMillan, K. M., Laird, A. R., Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, *25*, 46-59.
- P**avio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Pearson, D.G., & Sahraie, A. (2003). Oculomotor control and the maintenance of spatially and temporally distributed events in visuo-spatial working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *56A*, 1089-1111.
- Peterson, L.R., & Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, *58*, 193-198.
- Petrides, M. (1995). Impairments on nonspatial self-ordered and externally ordered working memory tasks after lesions of the mid-dorsal part of the lateral frontal cortex in the monkey. *Journal of Neuroscience*, *15*, 359-375.
- Petrides, M. (2005). Lateral prefrontal cortex: architectonic and functional organization. *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, *360*, 781-795.

- Petrides, M., Alivisatos, B., Evans, A. C., Meyer, E. (1993). Dissociation of human mid-dorsolateral from posterior dorsolateral frontal cortex in memory processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90, 873-877.
- Phillips, W. A., & Christie, D.E. (1977). Components of visual memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 117-133.
- Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Hall, M., & Lloyd, S.A. (2001). Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 397-420.
- Poirier, M., & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: further evidence on the influence of semantic factors in immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48(2), 384-404.
- Posner, M. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Eds.), *Information processing and cognition*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Postle, B., Idzikowski, C., Della Sala, S., Logie, R., & Baddeley, A. (2006). The selective disruption of spatial working memory by eye movements. *The Quarterly Journal of experimental psychology*, 59(1), 100-120.
- Pruvlovic, D., Hulb, D., Sack, A. T., Melillo, L., Maurer, K., Frölich, L., Lanfermann, H., Zanella, F. E., Goebel, R., Linden, D. E., & Dierks, T. (2002). Functional imaging of visuospatial processing in Alzheimer's disease. *Neuroimage*, 17, 1403-1414.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., & Hall, W. C. (2005). *Neurosciences*, 3ième édition, Bruxelles: De Boeck Université.
- Q**uinn, J.G. (1994). Toward a clarification of spatial processing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A, 465-480.
- Quinn, J.G. (2008). Movement and visual coding: the structure of visuo-spatial working memory. *Cognitive Processing*, 9, 35-43.
- Quinn, J. G., & McConnell, J. (1996). Irrelevant pictures in visual working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 200-215.
- R**abbitt, P., Osman, P., Moore, B., Stollery, B. (2001). There are stable individual differences in performance variability, both from moment to moment and from day to day. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A (4), 981-1003.

- Rainer, G., Asaad, W. F., Miller, E. K. (1998). Memory fields of neurons in the primate prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 15008-15013.
- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neurosciences*, 139, 5-21.
- Reuter-Lorenz, P. A., Jonides, J., Smith, E. E., Hartley, A., Miller, A., Marshuetz, C., et al. (2000). Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 12, 174-187.
- Richard, J. F. (1993). Le rôle de la modélisation dans la simulation des comportements et l'analyse des données expérimentales. In M. Denis & G. Sabah (Eds.), *Modèles et concepts pour la science cognitive : hommage à J. F. Le Ny* (pp. 25-36). Grenoble: Press Universitaire de Grenoble.
- Richard, J. F. (1999). Comportements, buts et représentations. *Psychologie française*, 44, 75-90.
- Richard, J. F. (2004). *Les activités mentales*. Paris : Armand Colin.
- Richard J. F. & Poitrenaud, S. (1988). Problématique de l'analyse des protocoles individuels d'observations comportementales. In Caverni J. P. *Psychologie cognitive, modèles et méthodes*. PUG.
- Richard J. F., & Poitrenaud, S., & Tijus, C. A. (1993). Problem-solving restructuration: Elimination of implicit constraints. *Cognitive Sciences*, 17, 497-529.
- Roediger, H. L., III, Weldon, M. S., & Challis, B. H. (1989). Explaining dissociations between implicit and explicit measure of retention: A processing account. In H. L. III. Roediger, & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 3-41). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rosch, E. (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4(3), 231-235.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch & B. Lloyd (Eds.), *Cognition and Categorization*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum Associated.
- Rossi-Arnaud, C., Pieroni, L., & Baddeley, A. D. (2006). Symmetry and binding in visuo-spatial working memory. *Neurosciences*, 139, 393-400.
- Rousset, S. (2000). Les conceptions « système unique » de la mémoire : aspect théorique. *Revue de neuropsychologie*, 10(1), 27-51.
- Rousset, S., & Schreiber, A. C. (1992). *Une mémoire non-abstractive envisagée : FACENET ou une modélisation connexionniste de l'identification des personnes*. Thèse de Doctorat, Université Pierre-Mendes France, Grenoble.

- Rowe, G., Hasher, L., & Turcotte (2008). Age differences in visuospatial working memory. *Psychology and Aging, 23*(1), 79-84.
- Russell, J. A., & Feldman Barrett, L. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal of Experimental Psychology, 5*, 805-819.
- S**aito, S. (1997). When articulatory suppression does not suppress the activity of the phonological loop. *British Journal of Psychology, 88*, 565-578.
- Salamé, P., & Baddeley, A. D. (1989). Effects of background music on phonological short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 41A*, 107-122.
- Salmon, E., Van der Linden, M., Collette, F., Delfiore, G., Maquet, P., Degueldre, C., Luxen, A., & Franck, G. (1996). Regional brain activity during working memory tasks. *Brain, 119*, 1617-1625.
- Salthouse, T. A. (1994). The aging of working memory. *Neuropsychology, 8*, 535-543.
- Sander, D., & Koenig, O. (2002). No inferiority complex in the study of emotion complexity: A cognitive neuroscience computational architecture of emotion. *Cognitive Sciences Quarterly, 2*, 249-272.
- Sander, D., Grandjean, D., & Scherer, K. R. (2005). A system approach to appraisal mechanism in emotion. *Neural Networks, 18*, 317-352.
- Sander, E. (2000). *L'analogie, du naïf au créatif*, Paris : L'Harmattan.
- Sander, E. (2002). *Méthodologie d'analyse des protocoles individuels: Le cas des erreurs dans la soustraction*. Journée Méthodologique de recherche et changement conceptuel organisée par le laboratoire Education, Didactique et Psychologie. Institut supérieur de la formation continue.
- Sander, E. (2006). Penser par analogie. *Grand Dossier Sciences Humaines N°3. Les Nouvelles Psychologies, 3*, 44-47.
- Sander, E., & Richard, J. F. (1997). Analogical transfer as guided by doing in text editing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 23*, 1459-1483;
- Save, E., Buhot, M.-C., Foreman, N., & Thinus-Blanc, C. (1992). Exploratory activity and response to a spatial change in rats with hippocampal or posterior parietal cortical lesions. *Behavioural Brain Research, 47*, 113-127.

- Schacter, D.L. (1994). Priming and non declarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. In D. L. Schacter & E. Tulving, *Memory systems* (pp. 233-268). Cambridge: MA, USA, MIT Press.
- Schacter, D. L. (1999). *A la recherche de la mémoire*. Traduction B. Desgranges & F. Eustache. Paris, Bruxelles: De Boeck, Université.
- Scherer, K. R. (1997). The role of culture in emotion-antecedent appraisal. *Journal of Personality and Social Psychology*, 73, 902-922.
- Schmidt, D., Weiss, P. H., Amorin, M. -A., Shah, J., Fink, G. R., Berthoz, A., Krause, B.J., & Müller, H.-W. (2003). *Cerebral representation of visuospatial working memory by changing the point of view in 3D space*. Meeting of the Society for Neurosciences, New Orleans, November 2003.
- Seigneuric, A. (1998). *Mémoire de travail et compréhension de l'écrit chez l'enfant*. Thèse de Doctorat. Université René Descartes, Paris.
- Seron, X. (2007). La mémoire de travail : Du modèle initial au buffer épisodique. In G. Aubin., F. Coyette., P. Pradat-Diehl & C. Vallat-Azouvi (Eds.), *Neuropsychologie de la mémoire de travail* (pp. 13-33). Marseille : Solal.
- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1970); Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.
- Sherry, D. F., Jacobs, L. F., & Gaulin, S. J. C. (1992). Spatial memory and adaptive specialization of the hippocampus. *Trends in Neurosciences*, 15, 298-303.
- Signoret, J-L. (1991). *Batterie d'efficiency mnésique*. Amsterdam: Elsevier.
- Simon, H. A. (1967). Motivational and emotional controls of cognition. *Psychological Review*, 74, 29-39.
- Smirni, P., Vallardita, C., & Zappala, G (1983). Influence of different paths on spatial memory performance in the block-tapping test. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 5, 355-359.
- Smith, E. E., Jonides, J., Koeppe, R. A., Awh, E., Schumacher, E. H., & Minoshima, S (1995). Spatial vs object working memory: PET investigations. *Journal of cognitive neuroscience*, 7, 337-356.
- Smith, E. E., Jonides, J., Koeppe, R. A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, 6, 11-20.
- Smith, E. E., Shoben, E. J., & Rips, L. J. (1974). Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. *Psychological Review*, 81(3), 214-241.

- Smyth, M. M., Pearson, N. A., & Pendleton, L. R. (1988). Movement and working memory: Patterns and positions in space. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 497-514.
- Smyth, M.M., & Scholey, K.A. (1994). Interference in spatial immediate memory. *Memory and Cognition*, 22, 1-13.
- Spatt, J., & Goldenberg, G. (1993). Component of random generation by normal subjects and patients with dysexecutive syndrome. *Brain and Cognition*, 23, 231-242.
- Spinnler, H., Della Sala, S., Bandera, R., & Baddeley, A. D. (1988). Dementia, aging and the structure of human memory. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 193-211.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99, 195-231.
- Sullivan, E. V., Corkin, S., & Growdon, J. H. (1986). Verbal and nonverbal short-term memory in patients with Alzheimer's disease and in healthy elderly subjects. *Developmental Psychology*, 2, 387-400.
- Surprenant, A. M., Neath, I., & LeCompte, D. C. (1999). Irrelevant speech, phonological similarity, and presentation modality. *Memory*, 7, 405-420.
- T**anaka, K. (1996). Inferotemporal cortex and object vision. *Annuals Review of Neuroscience*, 19, 109-139.
- Tiberghien, G. (1997). *La mémoire oubliée*. Liège: Mardaga.
- Tiberghien, G., & Lecocq, P. (1983). *Rappel et reconnaissance*. Lille: Presses Universitaires de Lille.
- Toms, M., Morris, N., & Foley, P. (1994). Characteristics of visual interference with visuospatial working memory. *British Journal of experimental Psychology*, 85, 131-144.
- Trojano, L., Chiacchio, L., De Luca, G., Fragassi, N.A., Grossi, D. (1994). Effect of testing procedure on Corsi's block-tapping task in normal subjects and Alzheimer-type dementia. *Perceptual and motor skills*, 78(3), 859-863.
- Trojano, L., Chiacchio, L., De Luca, G., & Grossi, D. (1994). Exploring visuo-spatial short term memory defect in Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16, 911-915.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. Oxford: Oxford University Press.

- Tulving, E. (1995). Organization of memory: Quo vadis? In M. Gazzaniga (Eds.), *The cognitive neurosciences* (pp. 839-847). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Tulving, E. (2001). The origin of autoeosis in episodic memory. In H. L. Roediger, J. S. Nairne, I. Neath, & A. M. Suprenant (Eds.), *The nature of remembering: Essays in honor of Robert G. Crowder* (pp. 17-34). Washington, D. C: American Psychological Association.
- Tulving, E., Schacter, D. L., & Stark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent of recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 8, 336-342.
- Turcotte, J., Gagnon, S., & Poirier, M. (2005). The effect of old age on the learning of supraspan sequences. *Psychology and aging*, 20, 251-260.

- V**allar, G., & Baddeley, A.D. (1984). Fractionation of working memory: neuropsychological evidence for a phonological store. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 151-161.
- Vallet, G. (en cours). *Approche neuropsychologique d'une modélisation de la mémoire à traces multiples: compréhension et remédiation des troubles mnésiques dans le vieillissement normal et pathologique*. Thèse de Doctorat, Université Lumière, Lyon 2.
- Van der Linden, M. (1998). The relationships between working and long term memory. *Académie des Sciences, Paris, Sciences de la vie*, 321, 175-177.
- Vandierendonck, A., Kemps, E., Fastame, M. C., & Szmalec, A. (2004). Working memory components of the Corsi blocks task. *British Journal of Psychology*, 95, 57-79.
- Versace, R., Nevers, B., & Padovan, C. (2002). *La mémoire dans tous ses états*. Marseille: Solal.
- Versace, R., & Rose, M. (2007). The role of emotion in multimodal integration. *Current Psychology Letters, Behaviour, Brain and Cognition*, 21, 16-25.
- Volle, E., Pochon, J. B., Léhéricy, S., Pillon, B., Levy, R. (2005). Specific cerebral networks for maintenance and response organization within working memory as evidenced by the « double delay/double response » paradigm. *Cerebral Cortex*, 15, 1064-1074.

- W**augh, N. C., & Norman, D. A. (1965). Primary memory. *Psychological Review*, 72(2), 89-104.
- Weschler, D. (1981). *Echelle d'intelligence de Weschler pour adultes (WAIS-R)*. New York (NY): Psychological Corporation.

- Weschler, D. (1991). *Weschler Intelligence Scale for children* (3^{ème} édition). Toronto: Psychological Corporation.
- Weschler, D. (1997). *Weschler Memory Scale- third Edition*. The psychological Corporation, San Antonio.
- Whittlesea, B. W.A. (1987). Preservation of spécific experiences in the representation of general knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 3-17.
- Whittlesea, B. W.A. (1989). Selective attention, variable processing, and distributed representation: Preserving particular experiences of general structures. In R. G. M. Morris (Ed.), *Parallel distributed processing: Implications for psychology and neurobiology*. Oxford, England: University Press.
- Wilson, J.T.L., Scott, J.H., & Power, K. G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *British Journal of Developmental Psychology*, 5, 249-255.
- Witherspoon, D., & Moscovitch, M. (1989). Stochastic independence between two implicit memory tasks. *Journal of experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 22-30.
- Woodman, G.F., & Luck, S.J. (2004). Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 269-274.
- X**avier, M., Raoux, N., Le Carret, N., Bouisson, J., Dartigues, J.F., & Amieva. H. (2009). Gender-related differences in visuospatial memory persist in Alzheimer's disease. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 8, 783-789.
- Y**eh, W., & Barsalou, L. W. (2006). The situated nature of concepts. *American Journal of Psychology*, 119, 349-384.

Annexes

Annexe 1.

Lobe frontal

Extrait de Neurosciences, Purves et *al.*, 2005

Annexe 2.

Aires de Brodmann

Korbinian Brodmann, *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1909.

Annexe 2a- aire 8

Annexe 2b- aire 9

Annexe 2c- aire 17

Annexe 2d- aire 46

Annexe 2e- aire 47

Annexe3.

Feuille de réponses dans l'expérience de Brooks (1968)

Annexe 4.

Exemple de stimulus dans l'expérience de Brooks (1968)

Annexe 5.

Différentes configurations de l'épreuve des blocs de Corsi (Berch et *al.*, 1998)

Annexe 6.

DSM IV, critères diagnostiques de la maladie d'Alzheimer.

American Psychiatric Association (1995). DSM : *manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*, 4^{ème} édition, Paris: Masson.

Annexes. 7, 8, 10, 11 et 12 : expérience 1

Annexe 7.

Descriptif des sujets Alzheimer de l'expérience 1.

Annexe 8.

Descriptif des sujets contrôles de l'expérience 1.

Annexe 9.

MMSE de Folstein et *al.*, 1975

Folstein, M. F., Folstein, S.E., Mc Hugh, P.R. (1975). "Mini- Mental State". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*. 12(3), 189-198.

Annexe 10.

Scores au MMSE des sujets Alzheimer et des sujets contrôles de l'expérience 1.

Annexe 11.

Résultats à la condition directe des blocs de Corsi des sujets Alzheimer et des sujets contrôles de l'expérience 1.

Annexe 12.

Tableau récapitulatif des analyses de protocoles individuels de l'expérience 1.

Annexes. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21,22 : expérience 2

Annexe 13.

Descriptif des sujets Alzheimer et contrôles de l'expérience 2.

Annexe 14.

Scores au MMSE pour les sujets Alzheimer et les sujets contrôles de l'expérience 2.

Annexe 15.

Expérience sur les zones.

Annexe 16.

Descriptif des traitements visuo-spatiaux mixtes.

Annexe 17.

Scores des deux groupes de sujets à la condition directe et indirecte des blocs de Corsi.

Annexe 18.

Scores des deux groupes de sujets Alzheimer à la condition directe et indirecte des blocs de Corsi.

Annexe 19.

Analyses qualitatives (API) des sujets Alzheimer et des sujets contrôles de l'expérience 2.

Annexe 20.

Tableau récapitulatif des traitements visuo-spatiaux pour le groupe Alzheimer et pour le groupe contrôle.

Annexe 21.

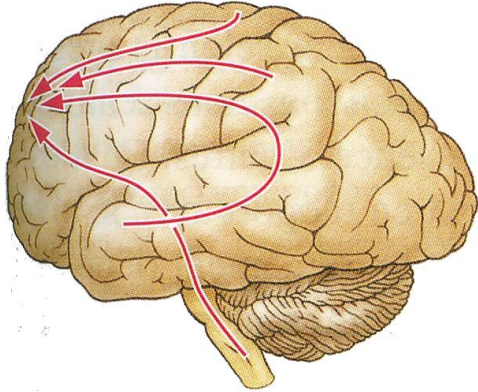
Tableau récapitulatif des traitements visuo-spatiaux au sein du groupe Alzheimer.

Annexe.22.

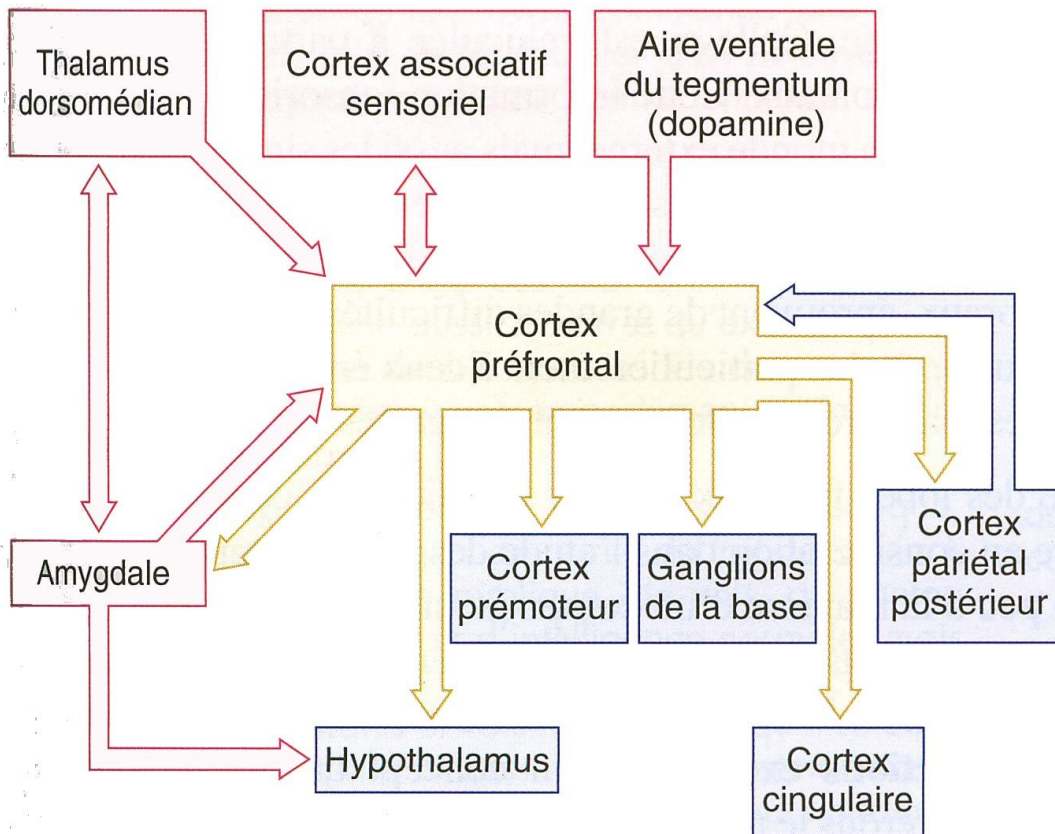
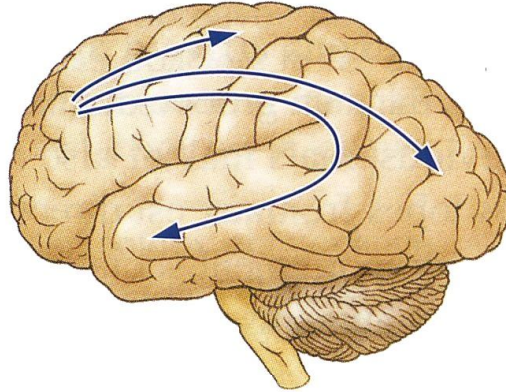
Sujets ayant un protocole d'erreurs lors de la condition indirecte au niveau 3 essai 1.

Annexe 1. Connexions du lobe frontal

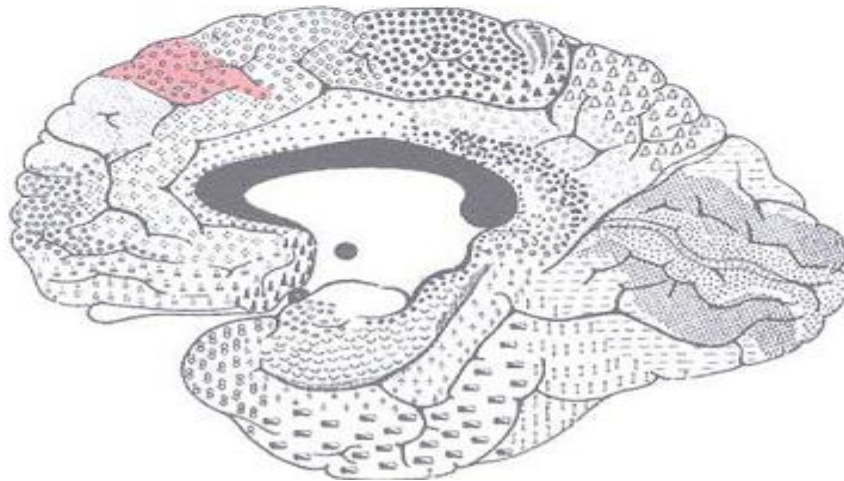
Afférences du cortex préfrontal



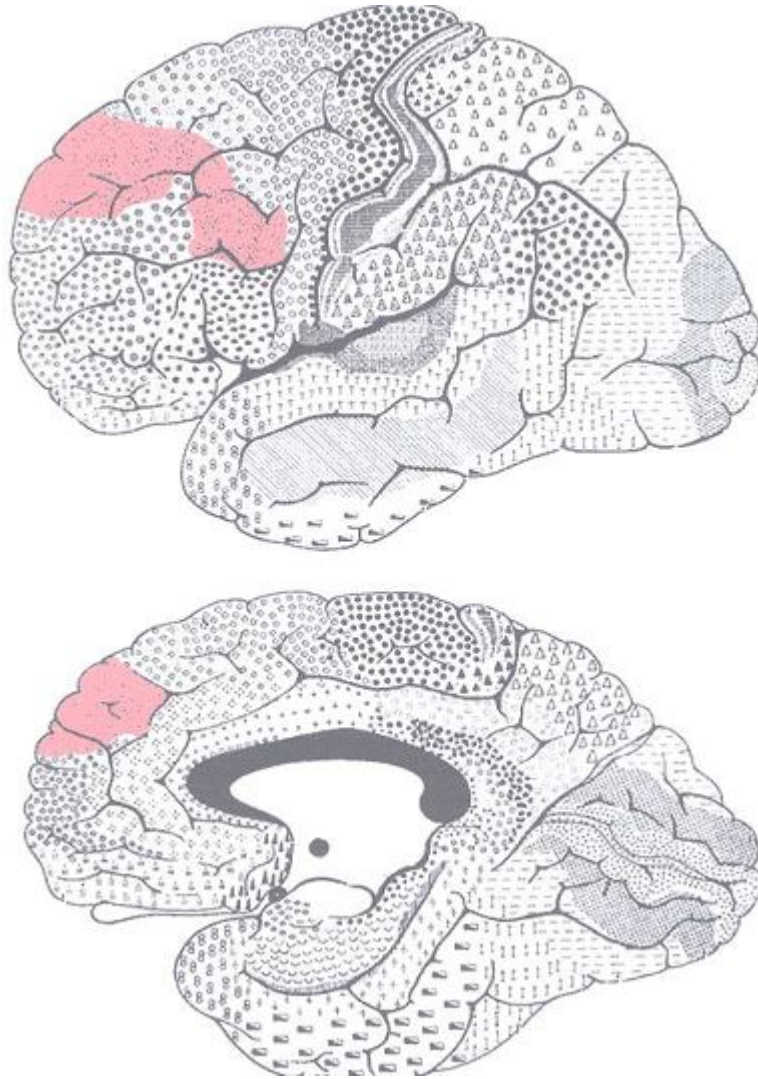
Efférences du cortex préfrontal



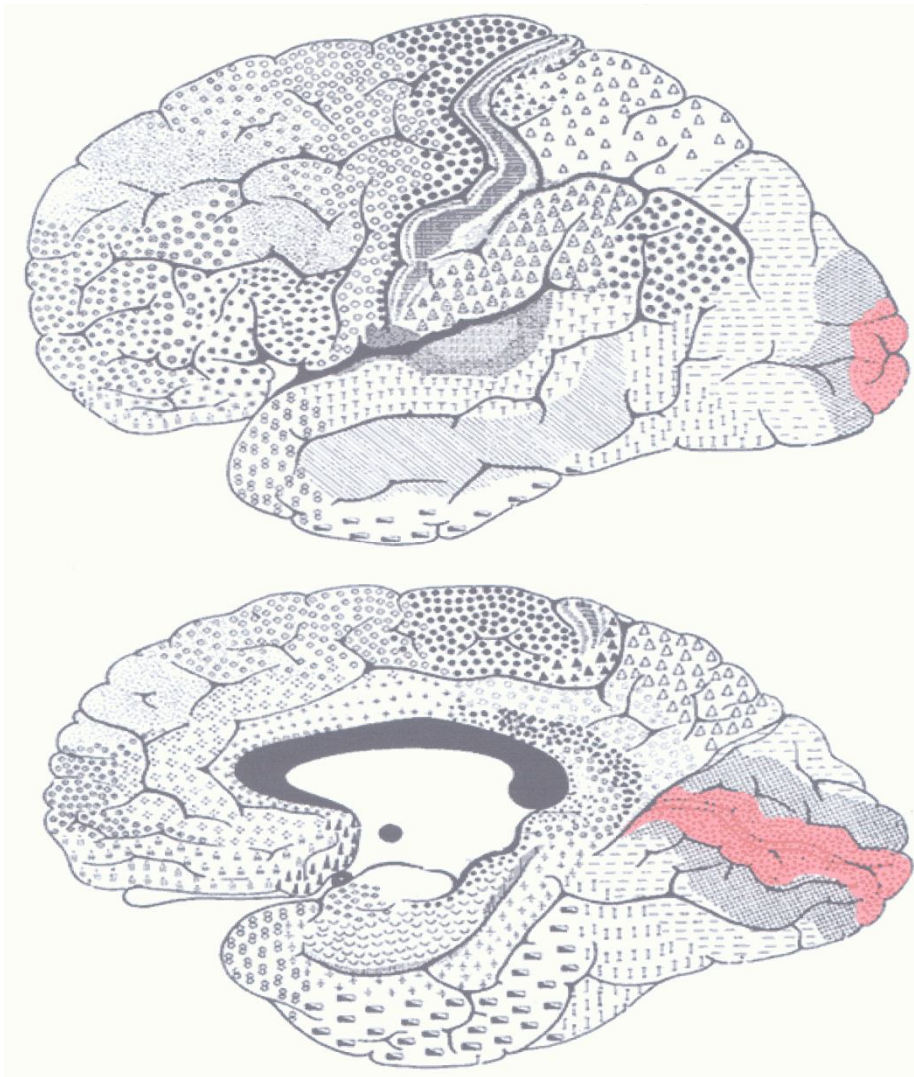
Annexe 2a. Aire 8 de Brodmann



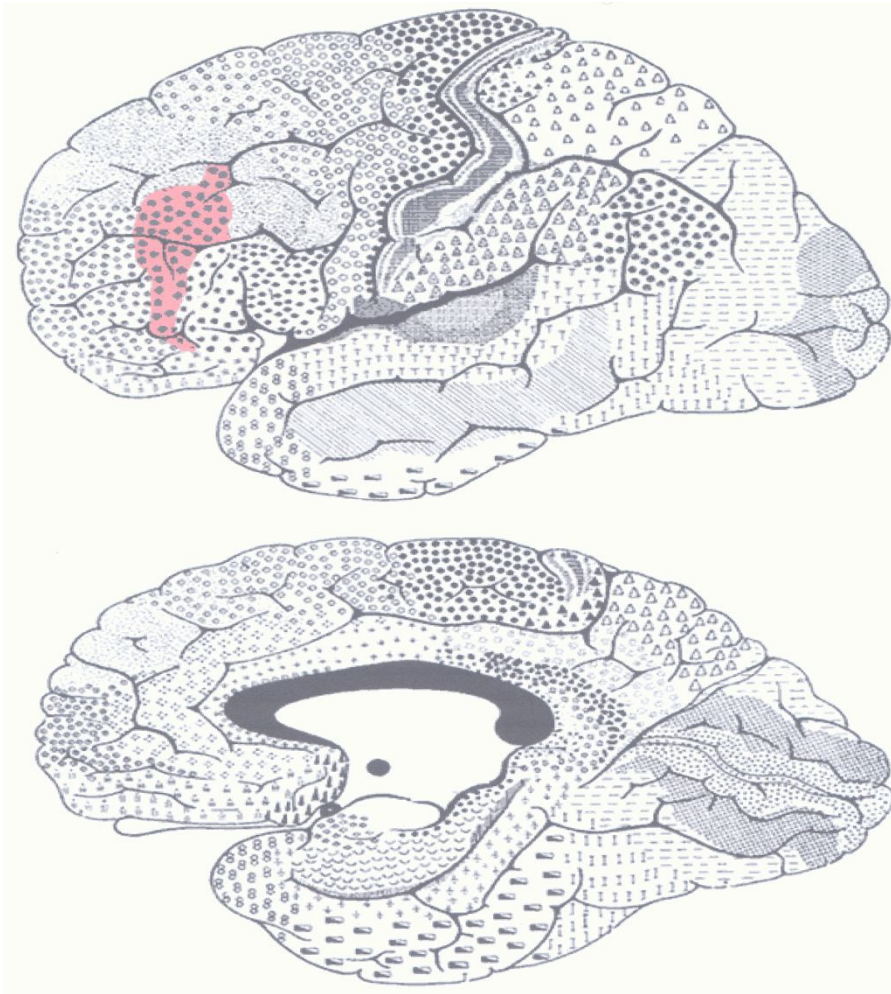
Annexe 2b. Aire 9 de Brodmann



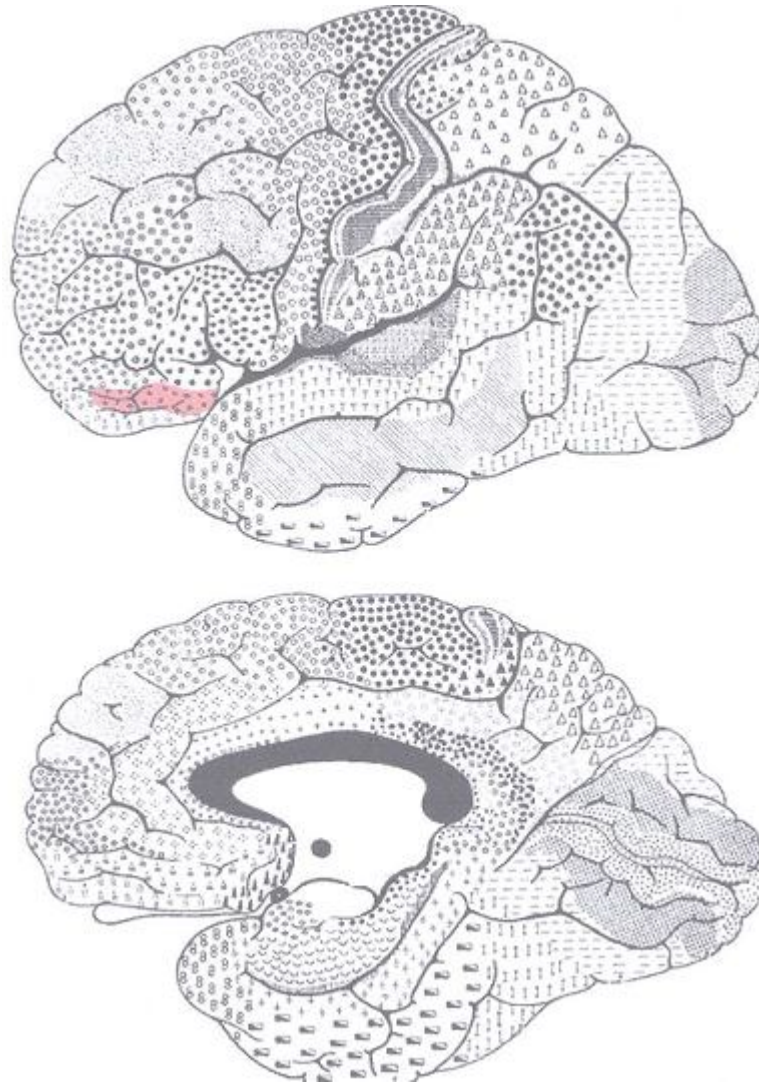
Annexe 2c. Aire 17de Brodmann



Annexe 2d. Aire 46 de Brodmann



Annexe 2e. Aire 47 de Brodmann

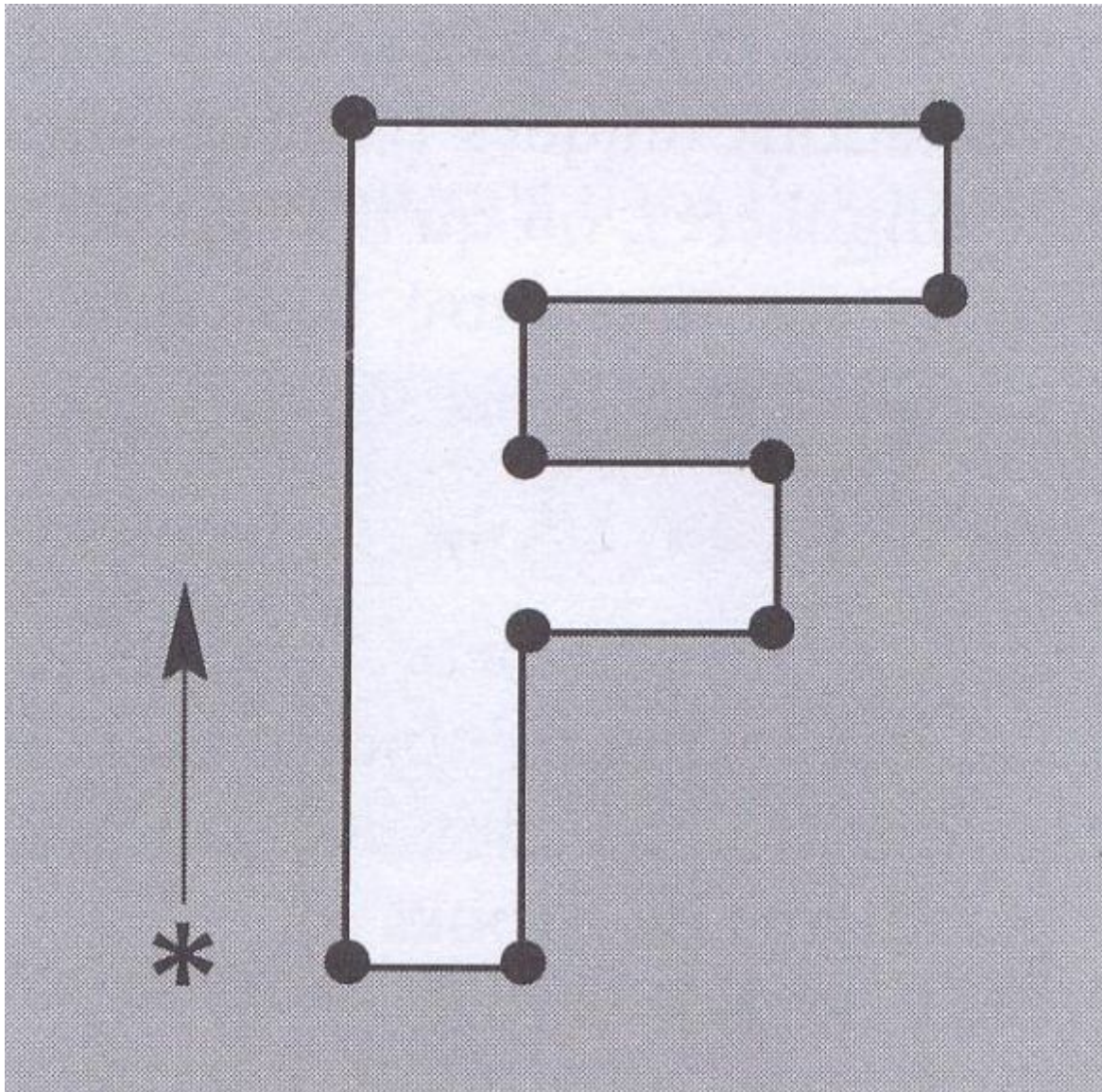


Annexe 3. Feuille de réponses dans l'expérience de Brooks (1968).

The image shows a grid of 15 response pairs, arranged in 5 rows and 3 columns. Each pair consists of the word 'Oui' (Yes) and the word 'Non' (No). The pairs are distributed as follows:

Oui		Non
	Oui	Non
	Oui	Non
Oui		Non
	Oui	Non
	Oui	Non
Oui		Non
	Oui	Non
Oui		Non
	Oui	Non
	Oui	Non

Annexe 4. Exemple de stimulus dans l'expérience de Brooks (1968).



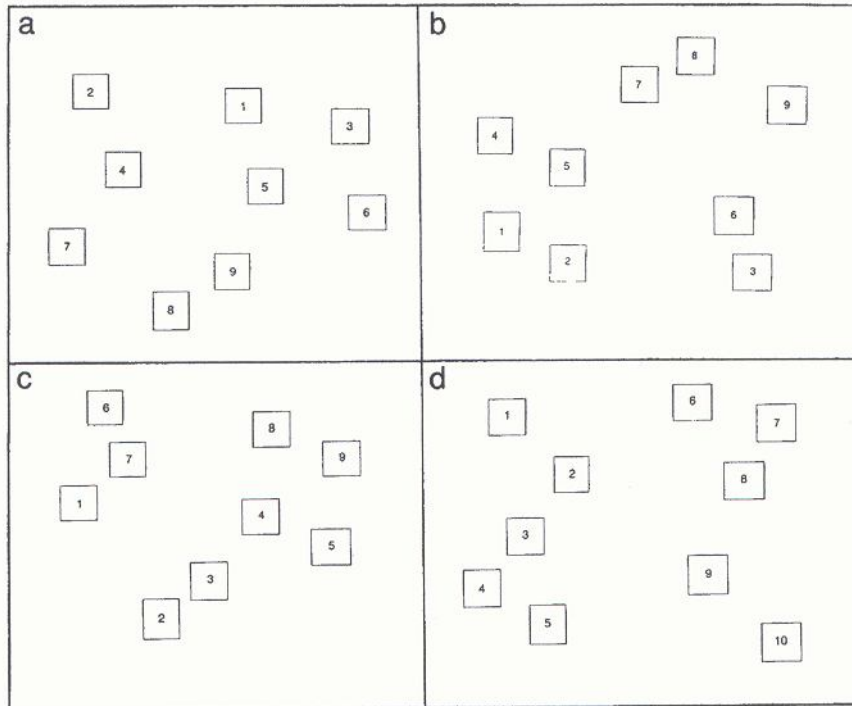
Annexe 5. Différentes configurations de l'épreuve des blocs de Corsi (Berch et al., 1998).

FIG. 2. Illustrations of four variants of block placements in the Corsi task as viewed from an aerial perspective and from the vantage point of the examiner: (a) the standard display, (b) the display used by De Renzi and Nichelli (1975), (c) the display used by De Renzi, Faglioni, and Previdi (1977) and (d) the display used in the WAIS-R NI battery (Kaplan et al., 1991).

Annexe 6. DSM IV, critères diagnostiques de la maladie d'Alzheimer.

A Apparition de déficits cognitifs multiples, comme en témoignent à la fois :

1- Une altération de la mémoire (altération de la capacité à apprendre des informations nouvelles ou à se rappeler les informations apprises antérieurement).

2 -Une (ou plusieurs) des perturbations cognitives suivantes :

a) aphasie (perturbation du langage)

b) apraxie (altération de la capacité à réaliser une activité motrice malgré des fonctions motrices intactes),

c) agnosie (impossibilité de reconnaître ou d'identifier des objets malgré des fonctions sensorielles intactes),

d) perturbation des fonctions exécutives (faire des projets, organiser, ordonner dans le temps, avoir une pensée abstraite).

B Les déficits cognitifs des critères A1 et A2 sont tous les deux à l'origine d'une altération significative du fonctionnement social ou professionnel et représentent un déclin significatif par rapport au niveau de fonctionnement antérieur.

C L'évolution est caractérisée par un début progressif et un déclin cognitif continu.

D Les déficits cognitifs de critères A1 et A2 ne sont pas dus :

1 -A d'autres affections du système nerveux central qui peuvent entraîner des déficits progressifs de la mémoire et du fonctionnement cognitif (p. ex. : maladie cérébro-vasculaire, maladie de Parkinson, maladie de Huntington, hématome sous-dural, hydrocéphalie à pression normale, tumeur cérébrale).

2- A des affections générales pouvant entraîner une démence (p. ex. : hypothyroïdie, carence en vitamine B12 ou en folates, pellagre, hypercalcémie, neurosyphilis, infection par le VIH).

3- A des affections induites par une substance.

E Les déficits ne surviennent pas de façon exclusive au cours de l'évolution d'une confusion mentale.

F La perturbation n'est pas mieux expliquée par un trouble de l'axe 1 (p. ex. : trouble dépressif majeur, schizophrénie).

Avec début précoce : si l'âge de début est inférieur ou égal à 65 ans

- 290.11 Avec confusion mentale: si une confusion mentale est surajoutée à la démence.
- 290.12 Avec idées délirantes : si les idées délirantes sont le symptôme prédominant.
- 290.13 Avec humeur dépressive : si l'humeur dépressive (notamment les tableaux cliniques comportant tous les critères symptomatiques d'un épisode dépressif majeur) est la caractéristique principale. On ne fait pas un diagnostic séparé de trouble de l'humeur dû à une condition médicale générale.
- 290.10 Non compliquée : si aucun des éléments précédents ne prédomine dans la présentation clinique.

Avec début tardif : si l'âge de début est supérieur à 65 ans

- 290.11 Avec confusion mentale: si une confusion mentale est surajoutée à la démence.
- 290.20 Avec idées délirantes : si les idées délirantes sont le symptôme prédominant.
- 290.21 Avec humeur dépressive : si l'humeur dépressive (notamment les tableaux cliniques comportant tous les critères symptomatiques d'un épisode dépressif majeur) est la caractéristique principale. On ne fait pas un diagnostic séparé de trouble de l'humeur dû à une condition médicale générale.
- 290.0 Non compliquée : si aucun des éléments précédents ne prédomine dans la présentation clinique.

Annexe 7. Données démographiques des sujets Alzheimer de l'expérience 1.

Sujet	sexe	Age	Latéralité	NCS
1	H	71	D	2
2	F	84	D	2
3	F	81	D	2
4	H	75	D	2
5	H	77	D	2
6	H	82	D	2
7	F	71	D	2
8	F	77	D	2
9	H	87	D	2
10	H	84	D	2
11	H	79	D	2

H : homme ; F : femme ; D : droitier ; NCS : niveau socioculturel ; 2 : certificat d'études

Annexe 8. Données démographiques des sujets contrôles de l'expérience 1.

Sujet	sexe	Age	Latéralité	NCS
1	F	75	D	2
2	F	76	D	2
3	H	75	D	2
4	F	70	D	2
5	H	73	D	2
6	H	78	D	2
7	F	83	D	2
8	H	78	D	2
9	H	78	D	2
10	F	81	D	2
11	H	76	D	2

H : homme ; F : femme ; D : droitier ; NCS : niveau socioculturel ; 2 : certificat d'études

Annexe 9. MMSE de Folstein et al., 1975

MMS

(Mini Mental State) ⁽¹⁾

Cachet du médecin

Date :

Nom du patient :

✓ **Orientation** ___ /10

Je vais vous poser quelques questions pour apprécier comment fonctionne votre mémoire. Les unes sont très simples, les autres un peu moins. Vous devez répondre du mieux que vous pouvez.

Quelle est la date complète d'aujourd'hui ? _____

Si la réponse est incorrecte ou incomplète, poser les questions restées sans réponse, dans l'ordre suivant :

1. En quelle année sommes-nous ? _____
2. En quelle saison ? _____
3. En quel mois ? _____
4. Quel jour du mois ? _____
5. Quel jour de la semaine ? _____

✓ **Je vais vous poser maintenant quelques questions sur l'endroit où nous trouvons.**

6. Quel est le nom de l'hôpital où nous sommes ? _____
7. Dans quelle ville se trouve-t-il ? _____
8. Quel est le nom du département dans lequel est située cette ville ? _____
9. Dans quelle province ou région est située ce département ? _____
10. A quel étage sommes-nous ? _____

✓ **Apprentissage** ___ /3

Je vais vous dire trois mots ; je voudrais que vous me les répétiez et que vous essayiez de les retenir car je vous les redemanderai tout à l'heure.

11.	Cigare		Citron	<input type="checkbox"/>
12.	Fleur	ou	Clé	<input type="checkbox"/>
13.	Porte		Ballon	<input type="checkbox"/>

Répéter les 3 mots.

✓ **Attention et calcul** ___ /5

Voulez-vous compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois ?

14.	93			<input type="checkbox"/>
15.	86			<input type="checkbox"/>
16.	79			<input type="checkbox"/>
17.	72			<input type="checkbox"/>
18.	65			<input type="checkbox"/>

Pour tous les sujets, même pour ceux qui ont obtenu le maximum de points, demander :
 Voulez-vous épeler le mot MONDE à l'envers : EDNOM.
 Le score correspond au nombre de lettres dans la bonne position. (Ce score ne doit pas figurer dans le score global).

✓ **Rappel** ___ /3

Pouvez-vous me dire quels étaient les 3 mots que je vous ai demandés de répéter et de retenir tout à l'heure ?

19.	Cigare		Citron	<input type="checkbox"/>
20.	Fleur	ou	Clé	<input type="checkbox"/>
21.	Porte		Ballon	<input type="checkbox"/>

✓ **Langage** ___ /8

Montrer un crayon 22. Quel est le nom de cet objet ? _____

Montrer votre montre 23. Quel est le nom de cet objet ? _____

24. Ecoutez bien et répétez après moi : « pas de mais, de si, ni de et »

Poser une feuille de papier sur le bureau, la montrer au sujet en lui disant : « Ecoutez bien et faites ce que je vais vous dire :

25. Prenez cette feuille de papier avec votre main droite,

26. Pliez-la en deux,

27. Et jetez-la par terre ».

Tendre au sujet une feuille de papier sur laquelle est écrit en gros caractère : « FERMEZ LES YEUX » et dire au sujet :

28. « Faites ce qui est écrit ».

Tendre au sujet une feuille de papier et un stylo, en disant :

29. « Voulez-vous m'écrire une phrase, ce que vous voulez, mais une phrase entière. »
 Cette phrase doit être écrite spontanément. Elle doit contenir un sujet, un verbe et avoir un sens.

✓ **Praxies constructives** ___ /1

Tendre au sujet une feuille de papier et lui demander :

30. « Voulez-vous recopier ce dessin ? »

Score total (0 à 30) : _____ /30

Annexe 10. Scores au MMSE des sujets Alzheimer et des sujets contrôles de l'expérience 1.

Scores des sujets Alzheimer de l'expérience 1 au MMSE

Sujets	Score MMSE	Stade
1	23	Léger
2	21	Léger
3	17	Modéré
4	23	Léger
5	23	Léger
6	17	Modéré
7	23	Léger
8	22	Léger
9	20	Léger
10	23	Léger
11	17	Modéré

Scores des sujets Contrôles de l'expérience 1 au MMSE

Sujet	Score MMSE
1	30
2	29
3	29
4	29
5	29
6	30
7	30
8	30
9	29
10	30
11	30

Annexe 11. Résultats de la condition directe de l'épreuve des blocs de Corsi des sujets Alzheimer et des sujets contrôles de l'expérience 1.

Résultats des sujets Alzheimer de l'expérience 1 à la condition directe des blocs de Corsi

Sujet	Niveau d'arrêt à la condition directe des blocs de Corsi
1	Niveau 6
2	Niveau 6
3	Niveau 5
4	Niveau 5
5	Niveau 6
6	Niveau 4
7	Niveau 6
8	Niveau 5
9	Niveau 4
10	Niveau 6
11	Niveau 5

Résultats des sujets contrôles de l'expérience 1 à la condition directe des blocs de Corsi

Sujet	Niveau d'arrêt à la condition directe des blocs de Corsi
1	Niveau 6
2	Niveau 6
3	Niveau 7
4	Niveau 7
5	Niveau 5
6	Niveau 6
7	Niveau 6
8	Niveau 6
9	Niveau 6
10	Niveau 6
11	Niveau 5

Annexe 12. Tableaux récapitulatifs des analyses de protocoles individuels de l'expérience 1.

Nombre d'erreurs de chaque type pour le groupe des sujets Alzheimer de l'expérience 1

Sujet	Erreur de Direction	Erreur de localisation	Erreur d'inversion	Erreur de positionnement	Erreur de nombre
1	5	2	2	0	1
2	0	1	2	0	0
3	2	0	1	0	0
4	2	2	0	0	0
5	4	0	1	0	1
6	1	0	1	2	0
7	2	0	1	0	2
8	1	0	3	3	0
9	0	1	1	0	1
10	2	2	2	3	0
11	1	3	1	0	0

Nombre d'erreurs de chaque type pour le groupe des sujets contrôles de l'expérience 1

Sujet	Erreur de Direction	Erreur de localisation	Erreur d'inversion	Erreur de positionnement	Erreur de nombre
1	0	1	2	2	0
2	0	1	2	1	1
3	2	3	3	2	2
4	0	1	1	1	1
5	2	1	1	4	2
6	1	0	2	0	0
7	2	2	0	1	1
8	0	2	2	0	0
9	3	0	1	0	0
10	3	3	0	1	1
11	0	0	2	0	0

Annexe 13. Descriptif des sujets Alzheimer et contrôles de l'expérience 2.

Données démographiques des sujets Alzheimer de l'expérience 2

sujet	Grp	Age	Sexe	NCS	La	sujet	Grp	Age	Sexe	NCS	La
1	A	68	F	2	D	44	A	80	M	2	D
2	A	79	M	2	D	45	A	79	F	3	D
3	A	78	F	2	D	46	A	82	F	2	D
4	A	78	M	2	D	47	A	77	M	3	D
5	A	79	F	2	D	48	A	79	F	3	D
6	A	79	F	2	D	49	A	79	F	2	D
7	A	77	M	3	D	50	A	78	F	2	D
8	A	78	M	3	D						
9	A	77	F	2	D						
10	A	82	F	2	D						
11	A	77	M	4	D						
12	A	77	M	3	D						
13	A	80	F	2	D						
14	A	74	F	2	D						
15	A	77	F	1	D						
16	A	80	F	2	D						
17	A	78	M	1	D						
18	A	80	F	1	D						
19	A	77	F	3	D						
20	A	79	F	1	D						
21	A	80	F	2	D						
22	A	82	F	1	D						
23	A	78	M	2	D						
24	A	80	F	1	D						
25	A	81	F	1	D						
26	A	75	M	3	D						
27	A	77	M	2	D						
28	A	72	F	1	D						
29	A	79	F	2	D						
30	A	75	F	1	D						
31	A	80	M	2	D						
2	A	81	F	2	D						
33	A	79	F	1	D						
34	A	81	F	2	D						
35	A	77	F	3	D						
36	A	65	M	2	D						
37	A	81	F	2	D						
38	A	72	F	1	D						
39	A	77	F	2	D						
40	A	80	F	3	D						
41	A	74	F	2	D						
42	A	82	F	2	D						
43	A	78	F	1	D						

Données démographiques des sujets Alzheimer de l'expérience 2 en fonction du stade de la maladie

Sujet	Stade	Age	Sexe	NCS	La
1	L	78	F	2	D
2	L	79	F	2	D
3	L	77	M	3	D
4	L	78	M	3	D
5	L	77	F	2	D
6	L	77	M	4	D
7	L	77	M	3	D
8	L	75	M	3	D
9	L	77	M	2	D
10	L	80	M	2	D
11	L	79	F	1	D
12	L	77	F	3	D
13	L	65	M	2	D
14	L	81	F	2	D
15	L	72	F	1	D
16	L	77	F	2	D
17	L	80	F	3	D
18	L	74	F	2	D
19	L	82	F	2	D
20	L	78	F	1	D
21	L	80	M	2	D
22	L	79	F	3	D
23	L	82	F	2	D
24	L	77	M	3	D
25	L	79	F	3	D
26	L	79	F	2	D
27	M	68	F	2	D
28	M	79	M	2	D
29	M	78	M	2	D
30	M	79	F	2	D
31	M	82	F	2	D
32	M	80	F	2	D
33	M	74	F	2	D
34	M	77	F	1	D
35	M	80	F	2	D
36	M	78	M	1	D
37	M	80	F	1	D
38	M	77	F	3	D
39	M	79	F	1	D
40	M	80	F	2	D
41	M	82	F	1	D

Annexes

42	M	78	M	2	D
43	M	80	F	1	D
44	M	81	F	1	D
45	M	72	F	1	D
46	M	79	F	2	D
47	M	75	F	1	D
48	M	81	F	2	D
49	M	81	F	2	D
50	M	78	F	2	D

Nota. A : groupe Alzheimer ; L : stade léger ; M : stade modéré ; D : droitier ; F : femme ; H : homme ; NCS : niveau socioculturel (1 : aucun diplôme ; 2 : certificat d'études ; 3 : Brevet/ CAP ; 4 : BAC ; 5 : BAC+).

Données démographiques des sujets contrôles de l'expérience 2.

Sujet	groupe	Age	Sexe	NCS	La
1	C	69	F	2	D
2	C	75	F	2	D
3	C	80	M	3	D
4	C	84	F	2	D
5	C	78	M	2	D
6	C	84	M	4	D
7	C	85	M	2	D
8	C	89	M	2	D
9	C	78	F	3	D
10	C	62	F	1	D
11	C	81	F	3	D
12	C	69	M	2	D
13	C	84	F	2	D
14	C	61	M	3	D
15	C	79	F	3	D
16	C	78	M	2	D
17	C	75	F	2	D
18	C	74	F	1	D
19	C	80	M	2	D
20	C	67	M	3	D
21	C	81	M	2	D
22	C	81	F	3	D
23	C	70	M	2	D
24	C	71	M	3	D
25	C	78	F	1	D
26	C	73	F	2	D
27	C	77	F	1	D
28	C	77	M	2	D
29	C	82	F	2	D
30	C	80	M	2	D
31	C	81	F	3	D
32	C	81	F	2	D
33	C	73	F	2	D
34	C	77	F	1	D
35	C	65	M	1	D
36	C	66	M	1	D
37	C	72	M	1	D
38	C	80	M	2	D
39	C	80	M	2	D
40	C	81	F	3	D
41	C	65	F	2	D

Annexes

42	C	85	F	2	D
43	C	67	F	2	D
44	C	74	F	2	D
45	C	71	M	3	D
46	C	74	F	2	D
47	C	69	F	3	D
48	C	31	F	2	D
49	C	79	M	2	D
50	C	75	F	2	D

Nota. C : groupe contrôle ; D : droitier ; F : femme ; H : homme ; NCS : niveau socioculturel (1 : aucun diplôme ; 2 : certificat d'études ; 3 : Brevet/ CAP ; 4 : BAC ; 5 : BAC+).

Annexe 14. Scores au MMSE pour les sujets Alzheimer et les sujets contrôles de l'expérience 2.

Scores au MMSE du groupe Alzheimer

Sujet	MMSE	Sujet	MMSE
1	20	40	21
2	20	41	22
3	24	42	21
4	20	43	25
5	23	44	24
6	20	45	25
7	24	46	24
8	22	47	24
9	21	48	24
10	18	49	22
11	23	50	18
12	21		
13	19		
14	19		
15	18		
16	18		
17	18		
18	18		
19	18		
20	17		
21	17		
22	16		
23	15		
24	15		
25	15		
26	23		
27	22		
28	20		
29	15		
30	18		
31	23		
32	19		
33	21		
34	19		
35	24		
36	22		
37	24		
38	21		
39	22		

Scores au MMSE du groupe contrôle

Sujet	MMSE	Sujet	MMSE
1	29	40	30
2	30	41	30
3	29	42	29
4	30	43	30
5	29	44	30
6	29	45	30
7	29	46	30
8	29	47	30
9	29	48	30
10	29	49	29
11	29	50	29
12	29		
13	29		
14	30		
15	29		
16	29		
17	29		
18	29		
19	30		
20	29		
21	29		
22	30		
23	30		
24	29		
25	29		
26	30		
27	29		
28	29		
29	29		
30	29		
31	30		
32	30		
33	30		
34	30		
35	30		
36	29		
37	29		
38	30		
39	29		

Annexe 15. Expérience sur les zones.

La planche des bocs de Corsi est présentée aux sujets et ils reçoivent la consigne suivante :
 « Cette planche représente une ville, les cubes sont des infrastructures et vous devez à partir de ces cubes créer des quartiers. Il n'y a pas de nombre minimal de cubes pour constituer un quartier par contre chaque quartier ne doit pas être constitué de plus de 4 cubes ».

Sujet	Sexe	Age	NCS
1	H	31	5
2	F	60	3
3	F	91	3
4	F	58	3
5	H	59	3
6	F	35	5
7	F	34	5
8	H	62	2
9	F	57	2
10	F	56	2
11	H	60	2
12	H	33	4
13	H	23	5
14	F	27	3
15	H	29	3
16	F	30	4
17	H	42	4
18	F	18	4
19	H	37	5
20	F	83	2

H : homme ; F : femme ; NCS : niveau socioculturel (1 : aucun diplôme ; 2 : certificat d'études ; 3 : Brevet/CAP ; 4 : BAC ; 5 : BAC+).

Sujet n°18 a défini 4 quartiers : quartier 1 : cubes 2, 4 et 7 ; quartier 2 : cube 8 ; quartier 3 : cubes 1, 5 et 9 et quartier 4 : cubes 3 et 6.

Sujet n°19 a défini 4 quartiers : quartier 1 : cubes 2, 4 et 7 ; quartier 2 : cube 8 ; quartier 3 : cubes 1, 5 et 9 et quartier 4 : cubes 3 et 6.

Sujet n°20 a défini 4 quartiers : quartier 1 : cubes 2, 4 et 7 ; quartier 2 : cube 8 ; quartier 3 : cubes 1, 5 et 9 et quartier 4 : cubes 3 et 6.

Résultats

Les résultats montrent que 17 sujets découpent la planche des blocs de Corsi en 4 zones identiques aux nôtres (zone 1 : cubes 2, 4 et 7 ; zone 2 : cube 8 ; zone 3 : cubes 1, 5 et 9 et zone 4 : cubes 3 et 6 et 3) et 3 sujets en 4 autres zones (zone 1 : cubes 2, 4 et 7 ; zone 2 : cube 8 ; zone 3 : cubes 1, 5 et 3 et zone 4 : cubes 9 et 6).

En résumé, 85% des sujets découpent la planche des blocs de Corsi en 4 zones identiques aux nôtres, avec pour zone 1 les blocs 2 et 4, pour zone 2 le bloc 8, pour zone 3 les blocs 1, 5 et 9 et pour zone 4 les blocs 3 et 6.

Annexe 16. Descriptif des traitements visuo-spatiaux mixtes.

Sujets Alzheimer légers

Sujet n°9, condition indirecte niveau 5 essai 1 : traitement visuo-spatial strict + oubli de consigne

Sujet n°12, condition directe niveau 5 essai 1 : traitement visuo-spatial strict + traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n°42, condition indirecte niveau 5 essai 2 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n°43, condition indirecte niveau 5 essai 2 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujet n°44, condition directe niveau 7 essai 1 : traitement visuo-spatial identité stricte + traitement visuo-spatial approximatif

Condition directe, niveau 7 essai 2 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujet n° 48, condition directe, niveau 7 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial approximatif

Sujets Alzheimer modérés

Sujet n° 1, condition directe niveau 4 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujets n°14, condition directe niveau 6 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial approximatif

Condition directe niveau 6 essai 2 : traitement visuo-spatial approximatif + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujet n°17 condition indirecte niveau 6 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n°24 condition indirecte niveau 5 essai 2 : traitement visuo-spatial identité stricte + oubli de consigne

Sujet n°25 condition directe niveau 7 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujet n°30 condition indirecte niveau 5 essai 2 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial approximatif

Sujets contrôles

Sujet n°2 condition indirecte niveau 6 essai 2 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujet n° 16 condition directe niveau 7 essai 2 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel+ traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n°17 condition directe niveau 4 essai 2 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujet n° 18 condition indirecte niveau 5 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Sujet n° 27 condition indirecte niveau 6 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel+ traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n° 35 condition directe niveau 6 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n°43 condition directe niveau 7 essai 2 : traitement visuo-spatial identité stricte + traitement visuo-spatial approximatif

Condition indirecte niveau 7 essai 2 : traitement visuo-spatial identité stricte + traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n°45 condition indirecte niveau 6 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + oubli de consigne

Sujet n°47 condition indirecte niveau 7 essai 1 : traitement visuo-spatial vectoriel partiel + traitement visuo-spatial identité stricte

Annexe 17. Scores des deux groupes de sujets à la condition directe et indirecte de l'épreuve des blocs de Corsi.

Résultats des sujets Alzheimer condition directe et indirecte des blocs de Corsi

Sujet	Niveau d'arrêt à la condition directe des blocs de Corsi	Niveau d'arrêt à la condition indirecte des blocs de Corsi
1	3	3
2	4	4
3	5	3
4	5	3
5	4	4
6	4	3
7	4	3
8	3	3
9	3	4
10	4	3
11	5	4
12	4	4
13	4	4
14	5	4
15	6	4
16	5	3
17	4	5
18	3	3
19	3	4
20	3	3
21	6	4
22	5	3
23	4	4
24	4	4
25	6	3
26	5	5
27	5	3
28	4	3
29	4	4
30	6	4
31	6	5
32	4	4
33	4	4
34	4	4
35	5	3
36	5	4

37	5	5
38	6	5
39	4	3
40	5	5
41	5	4
42	5	4
43	5	4
44	6	5
45	5	5
46	4	5
47	6	4
48	4	3
49	5	4
50	4	3

Résultats des sujets contrôles condition directe et indirecte des blocs de Corsi

 sujet	 Niveau d'arrêt à la condition directe des blocs de Corsi	 Niveau d'arrêt à la condition indirecte des blocs de Corsi
1	5	4
2	5	5
3	4	4
4	5	5
5	5	5
6	5	5
7	5	4
8	4	3
9	5	4
10	5	4
11	5	4
12	4	5
13	6	4
14	6	6
15	6	4
16	6	6
17	5	6
18	5	4
19	6	4
20	5	5
21	5	4
22	5	5
23	6	5

Annexes

24	5	4
25	6	5
26	6	6
27	5	5
28	5	6
29	4	5
30	6	4
31	5	5
32	6	5
33	6	4
34	5	4
35	5	4
36	5	4
37	5	5
38	5	4
39	6	4
40	5	5
41	5	5
42	5	6
43	6	6
44	5	5
45	5	5
46	5	4
47	6	6
48	5	5
49	5	5
50	5	5

Annexe 18. Scores des deux groupes de sujets Alzheimer à la condition directe et à la condition indirecte de l'épreuve des blocs de Corsi.

Résultats des sujets Alzheimer légers et modérés condition directe et indirecte des blocs de Corsi

sujet	stade	Niveau d'arrêt à la condition directe des blocs de Corsi	Niveau d'arrêt à la condition indirecte des blocs de Corsi
1	M	5	3
2	M	4	4
3	L	4	3
4	M	3	3
5	L	3	4
6	M	5	4
7	L	4	4
8	L	5	5
9	L	4	3
10	M	4	5
11	L	4	4
12	L	5	3
13	M	5	4
14	M	6	5
15	M	4	5
16	M	4	3
17	M	5	5
18	M	5	4
19	M	5	4
20	M	5	4
21	M	6	5
22	M	5	5
23	M	4	5
24	M	6	4
25	M	4	3
26	L	5	4
27	L	3	3
28	M	4	4
29	M	5	3
30	M	4	3
31	L	4	3
32	M	4	4
33	L	5	4
34	M	6	4

Annexes

35	L	5	3
36	L	4	5
37	L	3	3
38	L	3	4
39	L	3	3
40	L	6	4
41	L	5	3
42	L	4	4
43	L	4	4
44	L	6	3
45	L	4	3
46	L	6	4
47	M	6	4
48	L	4	4
49	L	5	4
50	M	4	3

Nota : L : stade léger ; M : stade modéré.

Annexe 19. Analyses qualitatives (API) des sujets Alzheimer et des sujets contrôles de l'expérience 2.

Analyses des protocoles individuels pour le groupe des sujets Alzheimer

<u>Sujet n°1 :</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitements visuo-spatial mixte niveau 4 (2) traitement visuo-spatial stricte
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3 (2) traitement visuo-spatial approximatif niveau 4(1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>sujet n° 2</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial stricte niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5(1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 5(2) traitement visuo-spatial stricte
<u>sujet n° 3</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire) niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 4(2) traitement visuo-spatial stricte
<u>sujet n° 4</u>	<u>condition directe</u> (lacunaire)	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 4(2) traitement visuo-spatial stricte
<u>sujet n° 5</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(1) non traité niveau 4(2) traitement visuo-spatial stricte

		niveau 5(2) traitement ‘ directe’ oubli de consigne
		niveau 5(2) traitement visuo-spatial stricte
<u>sujet n° 6</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 4(2) traitement visuo-spatial stricte
<u>sujet n° 7</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 4(2) traitement ‘direct’ oubli de consigne
<u>sujet n° 8</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 4(2) traitement visuo-spatial stricte (lacunaire)
<u>sujet n°9</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5(1) traitement visuo-spatial mixte (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>sujet n° 10</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement ‘direct’ oubli de consigne
		niveau 4(2) traitement visuo-spatial stricte
<u>sujet n°11</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5(1) traitement visuo-spatial strict

		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°12</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (1) traitement visuo-spatial mixte
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire) niveau 4(2) traitement visuo-spatial approximatif niveau 5(1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>sujet n°13</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5(1) traitement 'direct' oubli de consigne niveau 5(2) traitement 'direct' oubli de consigne
<u>sujet n°14</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial mixte niveau 6 (2) traitement visuo-spatial mixte
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(2) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (1) traitement 'direct' oubli de consigne niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°15</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif niveau 7 (1) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 7 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5(1) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 5(2) traitement 'direct' oubli de consigne
<u>sujet n°16</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(1) non traité

		niveau 4 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
<u>sujet n° 17</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5(1) traitement ‘visuo-spatial strict
		niveau 6(1) traitement visuo-spatial mixte
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>sujet n° 18</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial aléatoire (lacunaire)
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(1) non traité
		niveau 4(1) traitement direct’ oubli de consigne (lacunaire)
		niveau 4(2) traitement visuo-spatial stricte (lacunaire)
<u>sujet n° 19</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement ‘direct’ oubli de consigne (lacunaire)
		niveau 4(2) traitement ‘direct’ oubli de consigne (lacunaire)
<u>sujet n° 20</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 4(2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>sujet n°21</u>	<u>condition directe</u>	niveau 3 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict

		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°22</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire) niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°23</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire) niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire) niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n° 24</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(2) traitement 'direct' oublié de consigne (lacunaire) niveau 5(1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial mixte
<u>sujet n°25</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial aléatoire (lacunaire) niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict niveau 7 (1) traitement visuo-spatial mixte niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(1) non traité niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict

<u>sujet n°26</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>sujet n° 27</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4(1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 4(2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°28</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(1) non traité
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement 'direct' oubli de consigne
<u>sujet n°29</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°30</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(2) non traité
		niveau 5 (1) traitement 'direct' oubli de consigne
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial mixte

<u>sujet n°31</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>sujet n°32</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3 (1) non traité
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement 'direct' oubli de consigne
		niveau 5 (2) traitement 'direct' oubli de consigne
<u>sujet n° 33</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>sujet n°34</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(2) non traité
		niveau 4(2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement 'direct' oubli de consigne
		niveau 5 (2) traitement 'direct' oubli de consigne
<u>sujet n°35</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel

		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 4(2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>sujet n°36</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(2) non traité niveau 4(2) traitement visuo-spatial approximatif niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°37</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
<u>sujet n°38</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif niveau 7 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire) niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 6 (1) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)

<u>sujet n°39</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
<u>sujet n°40</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°41</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(2) non traité
		niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>sujet n°42</u>	<u>condition directe</u>	niveau 3 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(1) traitement visuo-spatial mixte
		niveau 4 (2) traitement 'direct' oubli de consigne
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial mixte (lacunaire)

<u>sujet n°43</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial mixte
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial mixte
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(2) non traité
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°44</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial mixte (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial mixte (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>sujet n°45</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
<u>sujet n°46</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement 'direct' oubli de consigne
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
<u>sujet n°47</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict

		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3(1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°48</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial mixte (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n°49</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>sujet n°50</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict

Analyses des protocoles individuels pour le groupe des sujets contrôles

Sujet n°1 :	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitements visuo-spatial mixte
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial stricte
	<u>condition indirecte</u>	niveau 3 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 4(1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif
Sujet n°2 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict lacunaire
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial mixte
Sujet n°3 :	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitements visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°4 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°5 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif

		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>Sujet n°6 :</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (2) traitements visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-strict (lacunaire)
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
<u>sujet n°7</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo- spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>Sujet n°8 :</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>Sujet n°9 :</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel lacunaire
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif

Sujet n°10 :	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitements visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
Sujet n°11 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°12 :	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitements visuo-spatial approximatif
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°13 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
Sujet n°14 :	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitements visuo-spatial strict
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)

		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
<u>Sujet n°15 :</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitements visuo-spatial strict
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement ‘endroit ‘ oubli de consigne
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
<u>Sujet n°16:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial mixte
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>Sujet n°17:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 4 (2) traitements visuo-spatial mixte
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)

Sujet n°18 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial mixte
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
Sujet n°19 :	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°20 :	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
Sujet n°21 :	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°22 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (2) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict

Sujet n°23 :	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitements visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
Sujet n°24 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial approximatif
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
Sujet n°25 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif
Sujet n°26 :	<u>condition directe</u>	niveau 5 (2) traitements visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
Sujet n°27 :	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitements visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict

		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial mixte
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
<u>Sujet n°28:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6(1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
<u>sujet n° 29</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5(1) traitement ‘visuo-spatial approximatif
		niveau 6(1) traitement visuo-spatial aléatoire
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>Sujet n°30:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n° 31</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif

	<u>condition indirecte</u>	niveau 6 (1) traitement 'visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°32:	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict niveau 6 (2) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
Sujet n°33:	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire) niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
Sujet n°34:	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitements visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°35:	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire) niveau 6 (1) traitement visuo-spatial mixte niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (2) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)

<u>Sujet n°36:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 3 (2) traitements visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>Sujet n°37:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
<u>Sujet n°38:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6(1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>Sujet n°39:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitements visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 7 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire)
		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n° 40</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict

		niveau 5 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5(1) traitement 'visuo-spatial strict niveau 6(1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n° 41</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire) niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement 'visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n° 42</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 6 (2) traitement 'visuo-spatial strict niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 7 (2) traitement visuo-spatial strict (lacunaire)
<u>Sujet n°43:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict (lacunaire) niveau 7 (2) traitement visuo-spatial mixte (lacunaire)
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 7 (1) traitement visuo-spatial mixte niveau 7 (2) traitement visuo-spatial vectoriel lacunaire
<u>Sujet n°44:</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement 'endroit ' oubli de consigne (lacunaire) niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
<u>sujet n° 45</u>	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict

	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial mixte niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°46:	<u>condition directe</u>	niveau 4 (1) traitement visuo-spatial aléatoire niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict
Sujet n°47:	<u>condition directe</u>	niveau 6 (2) traitements visuo-spatial strict niveau 7 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 7 (2) traitement visuo-spatial aléatoire
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (2) traitement visuo-spatial strict niveau 6 () traitement visuo-spatial strict niveau 7 (1) traitement visuo-spatial mixte niveau 7 (2) traitement visuo-spatial approximatif
Sujet n°48:	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel (lacunaire) niveau 6 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel (lacunaire) niveau 6 (2) traitement visuo-spatial approximatif
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (2) traitements visuo-spatial strict (lacunaire)
Sujet n°49:	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel niveau 6 (1) traitement visuo-spatial approximatif niveau 6 (2) traitements visuo-spatial strict

Sujet n°50:	<u>condition directe</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict
		niveau 6 (2) traitement visuo-spatial strict
	<u>condition indirecte</u>	niveau 5 (1) traitement visuo-spatial vectoriel partiel
		niveau 6 (1) traitement visuo-spatial strict

Annexe 20. Tableau récapitulatif des traitements visuo-spatiaux pour le groupe Alzheimer et pour le groupe contrôle.

Nombre de traitements visuo-spatiaux de chaque type pour le groupe Alzheimer

sujet	VPD	SSD	SAD	AD	MD	LaD	VPI	SSI	SAI	AI	ENI	MI	LaI
1	0	1	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	1
2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
3	1	0	1	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0
4	2	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0
5	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
7	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
9	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
10	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
11	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	1	1	0	0	0	1	0	3	2	0	0	0	1
13	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	2	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0
16	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
17	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
18	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1
19	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
20	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
21	1	2	2	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0
22	1	3	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	1
23	0	0	2	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
24	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
25	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
26	0	3	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
27	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
28	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0
29	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
30	1	2	0	1	0	3	0	3	0	0	1	0	0
31	2	1	1	1	0	2	0	0	2	0	0	0	1
32	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
33	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
34	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
35	1	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1
36	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
37	0	3	0	1	0	1	0	2	1	1	0	0	1
38	1	0	2	0	0	2	0	1	1	1	0	0	2

Annexes

39	0	0	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
40	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
41	0	0	2	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0
42	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1
43	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	0	1	0	2	1	0	2	2	0	0	0	1
45	1	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
46	0	1	1	0	0	2	0	1	0	1	1	0	1
47	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
48	1	2	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0
49	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
50	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0

Nota : VPD : vectoriel partiel direct ; SSD : spatial strict direct ; SAD : spatial approximatif direct ; AD : aléatoire direct ; MD : mixte direct ; LaD : lacunaire direct ; VPI : vectoriel partiel indirect ; SSI : spatial strict indirect ; SAI : spatial approximatif indirect ; AI : aléatoire indirect ; ENI : traitement endroit ; MI : mixte indirect ; LaI : lacunaire indirect.

Nombre de traitements visuo-spatiaux de chaque type pour le groupe contrôle

sujet	VPD	SSD	SAD	AD	MD	LaD	VPI	SSI	SAI	AI	ENI	MI	LaI
1	1	1	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	2
3	1	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
4	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1
5	1	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
6	0	0	3	0	0	1	2	1	0	0	0	0	3
7	2	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1
8	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
9	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
10	1	1	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0
11	0	3	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
12	0	1	2	0	0	2	0	3	0	0	0	0	1
13	1	2	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0
14	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	2
15	2	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	1
16	0	2	0	1	1	0	1	2	2	0	0	0	3
17	1	2	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0	2
18	2	1	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0
19	0	1	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
20	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
21	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
22	1	2	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
23	0	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	2

Annexes

24	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
25	3	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
26	2	1	0	1	0	1	3	0	0	0	0	0	1
27	3	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
28	0	2	1	0	0	1	4	0	0	0	0	0	3
29	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
30	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
31	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
32	1	2	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0
33	2	1	1	0	0	3	0	2	0	0	0	0	2
34	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
35	1	0	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	1
36	3	1	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	2
37	3	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	2
38	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
39	1	2	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
40	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
41	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2
42	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
43	0	1	0	1	1	1	2	2	0	0	0	1	1
44	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
45	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0
46	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
47	0	2	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0
48	2	0	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1
49	1	1	1	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0
50	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Nota : VPD : vectoriel partiel direct ; SSD : spatial strict direct ; SAD : spatial approximatif direct ; AD : aléatoire ; direct ; MD : mixte direct ; LaD : mixte direct ; VPI : vectoriel partiel indirect ; SSI : spatial strict indirect ; SAI : spatial approximatif indirect ; AI : aléatoire indirect ; ENI : traitement endroit ; MI : mixte indirect ; LaI : lacunaire indirect.

Annexe 21. Tableau récapitulatif des traitements visuo-spatiaux au sein du groupe Alzheimer.

sujet	S	VPD	SSD	SAD	AD	MD	LaD	VPI	SSI	SAI	AI	ENI	MI	LaI
1	M	1	0	1	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
2	M	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
3	L	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
4	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
5	L	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
6	M	3	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
7	M	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1
8	L	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9	L	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
10	M	2	1	1	1	0	2	0	0	2	0	0	0	1
11	L	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
12	L	1	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1
13	M	1	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
14	M	0	3	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
15	M	1	0	2	0	0	2	0	1	1	1	0	0	1
16	M	0	0	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2
17	M	0	2	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1
18	M	0	0	2	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0
19	M	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1
20	M	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
21	M	1	0	1	0	2	1	0	2	2	0	0	0	0
22	M	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	M	0	1	1	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0
24	M	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25	M	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
26	L	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
27	L	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1
28	M	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
29	M	1	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1
30	M	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
31	L	1	2	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0
32	M	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
33	L	2	1	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0
34	M	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
35	L	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
36	L	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
37	L	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
38	L	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
39	L	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
40	L	1	2	2	0	0	3	0	2	1	0	0	0	0

Annexes

41	L	1	3	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	1
42	L	0	0	2	1	0	2	0	2	1	0	0	0	0
43	L	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
44	L	1	1	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0
45	L	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
46	L	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
47	M	1	2	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0
48	L	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
49	L	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
50	M	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0

Nota : S : stade de la maladie ; L : stade léger ; M : stade modéré ; VPD : vectoriel partiel direct ; SSD : spatial strict direct ; SAD : spatial approximatif direct ; AD : aléatoire direct ; MD : mixte direct ; LaD : lacunaire direct ; VPI : vectoriel partiel indirect ; SSI : spatial strict indirect ; SAI : spatial approximatif indirect ; AI : aléatoire indirect ; ENI : traitement endroit ; MI : mixte indirect ; LaI : lacunaire indirect.