



HAL
open science

La Mémoire de Travail Visuo-Spatiale : Recherche d'un effet longueur de parcours.

Catherine Loisy

► **To cite this version:**

Catherine Loisy. La Mémoire de Travail Visuo-Spatiale : Recherche d'un effet longueur de parcours.. Psychologie. Université Pierre Mendès-France - Grenoble II, 1988. Français. NNT : . tel-00842587

HAL Id: tel-00842587

<https://theses.hal.science/tel-00842587>

Submitted on 8 Jul 2013

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.

**Université Pierre Mendès France (Grenoble II)
U.F.R. des Sciences de l'Homme et de la Société
Laboratoire de Psychologie Expérimentale**

THESE

Présentée en vue de l'obtention du Doctorat de Psychologie Cognitive
par

Catherine LOISY

La Mémoire de Travail Visuo-Spatiale : Recherche d'un effet longueur de parcours.

Sous la direction de M. C. Marendaz
co-dirigée par M. J.-L. Roulin

Jury :

M. C. Marendaz, Professeur à l'Université Pierre Mendès-France, Grenoble
Mme A. de Ribaupierre, Professeur à l'Université de Genève, Suisse (rapporteur)
J.-L. Roulin, Maître de Conférences à l'Université de Savoie, Chambéry
M. P. Salamé, Chargé de Recherches CNRS, INSERM, Strasbourg (rapporteur)

Grenoble 1998

Remerciements

Ce travail de thèse a vu le jour grâce au soutien précieux de nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à son élaboration.

Ma gratitude s'adresse en premier lieu à Jean-Luc Roulin qui a suivi cette thèse avec intérêt et un profond discernement, notamment en posant les questions pertinentes qui ont lancé mes recherches. Je pense qu'il n'est pas exagéré de dire qu'il sait, tel Socrate, "accoucher les esprits". Il m'a également apporté une aide en resserrant mes travaux autour du fil conducteur. J'ai pu apprécier l'étendue de sa culture et l'acuité de son jugement.

J'adresse mes remerciements à M. Marendaz pour avoir accepté de diriger cette thèse.

Je remercie également Mme de Ribaupierre et à M. Salamé qui ont accepté de participer au jury de cette thèse.

Merci à tous les sujets qui se sont prêtés à mes expérimentations.

Ma reconnaissance s'adresse également aux membres de ma famille, à Michel, Vincent et Natacha qui m'ont aidée à leur manière ainsi qu'à tous les amis qui m'ont soutenue, en particulier à Jeannine et Maurice Malosse qui m'encouragèrent à poser la première pierre de cette construction, lorsqu'à trente ans je décidai de reprendre des études.

Mais c'est quelquefois au moment où tout semble perdu que l'avertissement arrive qui peut nous sauver ; on a frappé à toutes les portes qui ne donnent sur rien, et la seule par où on peut entrer et qu'on aurait cherchée en vain pendant cent ans, on y heurte sans le savoir et elle s'ouvre.

*Marcel Proust
Le temps retrouvé*

Sommaire

INTRODUCTION.	1
Partie théorique	
CHAPITRE 1 : LA MEMOIRE DE TRAVAIL	6
1 LA MEMOIRE A COURT TERME	7
1 1 DES CAPACITES AUX CARACTERISTIQUES DE LA MCT	11
1 1 1 MISE EN EVIDENCE DES LIMITES DE LA MCT	11
1 1 2 L'HYPOTHESE D'UN MAINTIEN ACTIF	12
1 2 LE MODELE DE R. C. ATKINSON ET R. SHIFFRIN	14
2 LA MEMOIRE DE TRAVAIL	16
2 1 DEUX MEMOIRES IMMEDIATES DISTINCTES	17
2 1 1 ARGUMENTS ISSUS DES CORRELATIONS	17
2 1 2 ARGUMENTS ISSUS DE LA PSYCHOLOGIE DU DEVELOPPEMENT	18
2 1 3 ARGUMENTS ISSUS DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE ET EXPERIMENTALE	21
2 2 LES MODELES DE MEMOIRE DE TRAVAIL	22
2 2 1 DES RESSOURCES FLEXIBLES	24
2 2 1 1 LE MODELE DE COWAN (1988)	24
2 2 1 2 LA CONCEPTION D'ANDERSON	26
2 2 2 DES RESSOURCES SPECIALISEES	27
2 2 2 1 UNE CONCEPTION DISTRIBUEE	27
2 2 2 2 LA THEORIE DES TRACES FLOUES	30
2 2 3 UNE STRUCTURE COMPOSITE, COMME COMPROMIS ?	32
2 2 3 1 L'A. C., UNE CAPACITE GENERALE AUX RESSOURCES DE MOINS EN MOINS FLEXIBLES	33
A] UN PROCESSUS VRAIMENT CENTRAL	33
B] UN PROCESSUS QUI S'EPARPILLE	36
2 2 3 2 LA BOUCLE PHONOLOGIQUE, UN PROCESSUS SPECIALISE	41
A] LES APPORTS DE LA NEUROPSYCHOLOGIE	42
B] LE MODELE DE LA B.P.	43
C] CRITIQUES DU MODELE DE LA B.P.	47
CONCLUSIONS DU CHAPITRE 1	49
CHAPITRE 2 : DE LA MEMOIRE VISUELLE A L'IMAGERIE MENTALE	52
1 LA MEMOIRE VISUELLE	53
1 1 L'HYPOTHESE DE LA MEMOIRE VISUELLE	54
1 1 1 ARGUMENTS ISSUS DE LA NEUROPSYCHOLOGIE	55
1 1 1 1 NAISSANCE D'UNE DISSOCIATION	55
1 1 1 2 LA DIFFERENCIATION DES HEMISPHERES POUR LA MEMOIRE	56
1 1 2 LA THEORIE DU DOUBLE CODAGE	57
1 1 2 1 ARGUMENTS EN FAVEUR DU DOUBLE CODAGE	58
1 1 2 2 MODELISATION DU DOUBLE CODAGE	59
1 2 L'ECLATEMENT DE LA MEMOIRE VISUELLE	61

1 2 1	ARGUMENTS EN FAVEUR DE L'ECLATEMENT	61
1 2 1 1	CONTROVERSE SUR LA LOCALISATION CEREBRALE	61
1 2 1 2	LA SEPARATION DES TACHES EN DEUX GROUPES	62
1 2 2	L'HYPOTHESE DE LA MODULARITE	64
2	L'IMAGERIE VISUELLE, RESULTANTE DE PROCESSUS VISUELS ET SPATIAUX	67
2 1	UNE QUERELLE D'ECOLLES	67
2 1 1	LA THEORIE ANALOGIQUE	68
2 1 1 1	L'ANALOGIE DE SURFACE OU STRUCTURALE	69
2 1 1 2	LA VARIATION ANALOGIQUE OU ANALOGIE FONCTIONNELLE	72
2 1 1 3	L'ANALOGIE DES MECANISMES	73
2 1 1 4	CRITIQUE DE LA THEORIE ANALOGIQUE	76
2 1 2	LA THEORIE PROPOSITIONNELLE	76
2 1 2 1	ARGUMENTS EN FAVEUR DE L'ABSTRACTION	76
2 1 2 2	LA CONCEPTION DE PYLYSHYN	77
2 1 2 3	CRITIQUE DE LA THEORIE PROPOSITIONNELLE	79
2 2	UN MODELE A COMPOSANTES COMME COMPROMIS	81
2 2 1	UNE INFRASTRUCTURE PROPOSITIONNELLE POUR UNE IMAGE ANALOGIQUE	82
2 2 1 1	L'IMAGE, UN PHENOMENE TRANSITOIRE ANALOGIQUE	82
2 2 1 2	DES REPRESENTATIONS EN FORME DE FICHIERS	83
2 2 2	LA MEMOIRE TAMPON EST-ELLE UNE MEMOIRE DE TRAVAIL ?	86
2 2 2 1	LA MEMOIRE TAMPON, LIEU DE TRAITEMENTS	86
2 2 2 2	LE PROCESSUS DE RAFRAICHISSEMENT	88
2 2 3	CRITIQUES DU MODELE DE KOSSLYN	89
	CONCLUSIONS DU CHAPITRE 2	90
	CHAPITRE 3 : LA MEMOIRE DE TRAVAIL VISUO-SPATIALE	93
1	MEMOIRE ICONIQUE ET MEMOIRE VISUELLE A COURT TERME	94
1 1	LA MEMOIRE ICONIQUE	94
1 2	APRES LA MEMOIRE ICONIQUE	96
2	LA MEMOIRE DE TRAVAIL VISUO-SPATIALE	98
2 1	LA M.D.T. VISUO-SPATIALE NON DIFFÉRENCIÉE DES AUTRES MEMOIRES	98
2 1 1	LE ROLE DE DETAILS TRIVIAUX	99
2 1 1 1	L'EQUIVALENCE FONCTIONNELLE DES OBJETS	99
2 1 1 2	UNE DIFFERENCIATION DES TACHES	101
2 1 2	LE MODELE O-OER	102
2 2	APPROCHE UNITAIRE DE LA M.D.T. VISUO-SPATIALE	104
2 2 1	UN PROCESSUS SPECIFIQUE MAIS SIMILAIRE A LA BOUCLE PHONOLOGIQUE	105
2 2 1 1	LES TRAVAUX QUI MONTRENT LA DISSOCIATION	105
	A J ARGUMENTS ISSUS DE LA NEUROPSYCHOLOGIE	105
	B J ARGUMENTS ISSUS DE LA PSYCHOLOGIE	107

	<i>EXPERIMENTALE ET COGNITIVE</i>	
2 2 1 2	LE V.S.S.P. DU MODELE DE BADDELEY	113
	<i>A J UN PROCESSUS DE RAFRAICHISSEMENT BASE SUR LA REPONSE</i>	114
	<i>B J DES EFFETS IDENTIQUES</i>	116
2 2 1 3	CRITIQUES DE CETTE CONCEPTION	118
2 2 2	UNE COMPOSANTE UNITAIRE SOUS LE CONTROLE DE L'ADMINISTRATEUR CENTRAL	119
2 2 2 1	ON AVAIT OUBLIE QUE LE SYSTEME ETAIT TRIPARTITE	119
2 2 2 2	LA CONCEPTION DE PHILLIPS ET CHRISTIE	121
2 2 2 3	CRITIQUE DE CETTE CONCEPTION	123
2 3	UNE APPROCHE COMPOSITE DE LA M.D.T VISUO-SPATIALE	125
2 3 1	PLUSIEURS COMPOSANTES VISUO-SPATIALES	126
2 3 1 1	L'ECLATEMENT DE LA M.D.T. VISUO-SPATIALE	126
	<i>A J ARGUMENTS ISSUS DE LA NEUROLOGIE</i>	126
	<i>B J UNE DISCRIMINATION DES TACHES INTERFERENTES</i>	128
	<i>C J DES GROUPES DE TACHES PRINCIPALES</i>	130
2 3 1 2	UNE M.D.T. VISUO-SPATIALE SPECIFIQUE ET COMPOSITE	133
	<i>A J SI L'ON CHOISIT DES TACHES ADAPTEES, ELLES REPOSERONT SUR DES PROCESSUS SPECIFIQUES</i>	133
	<i>B J LE MODELE DE LOGIE</i>	135
2 3 2	DES PROCESSUS COMPOSITES SOUS LA HOULETTE DES PROCESSUS CENTRAUX	137
2 3 2 1	LE FONCTIONNEMENT DE LA MEMOIRE VISUO- SPATIALE N'EST PAS SI EVIDENT	137
	<i>A J UNE DISTINCTION AU COEUR DES TACHES DE MOUVEMENTS</i>	137
	<i>B J LE PROCESSUS DE RAFRAICHISSEMENT NE SERAIT PAS BASE SUR LA REPONSE MOTRICE</i>	140
2 3 2 2	LA CONCEPTION DE SMYTH ET SCHOLEY	143
	<i>A J EXAMEN DES FAITS ET INTERROGATIONS</i>	143
	<i>B J ECLATEMENT DU VISUEL ET DU VISUO-SPATIAL SOUS LE CONTROLE ATTENTIONNEL</i>	145
2 3 2 3	CRITIQUES DE CETTE CONCEPTION	146
	CONCLUSIONS DU CHAPITRE 3	147
	CONCLUSIONS DE LA PARTIE THEORIQUE	151

Partie expérimentale

CHAPITRE 4 : VERS UNE VERITABLE DOUBLE DISSOCIATION EN M.D.T.	
<i>Expérience 1</i>	157
1 INTRODUCTION	158
1 1 POSITION DU PROBLEME	158
1 2 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	160
2 METHODE	163
2 1 SUJETS	163
2 2 MATERIEL	164
2 2 1 EPREUVES MNESIQUES	164
2 2 1 1 TACHES SIMPLES OU DE CONTROLE	164
A] EPREUVE VERBALE	164
B] EPREUVE SPATIALE	165
2 2 1 2 TACHE DOUBLE	166
2 2 2 TACHES INTERFERENTES	167
2 2 2 1 TACHE INTERFERENTE DE SUPPRESSION ARTICULATOIRE	167
2 2 2 2 TACHE INTERFERENTE DE POURSUITE	168
2 2 2 3 TACHE INTERFERENTE D'EQUILIBRATION	168
2 2 2 4 TACHE INTERFERENTE DE JUGEMENT DE DENSITE	169
2 2 3 PROCEDURE	169
2 2 4 PLAN	170
3 RESULTATS	171
3 1 LE CRITERE D'ERREUR	171
3 2 VERIFICATIONS PRELIMINAIRES	172
3 3 ANALYSE DES HYPOTHESES PRINCIPALES	174
3 3 1 INTERACTION DES TACHES INTERFERENTES SUR LE RAPPEL SIMPLE	174
3 3 2 INTERACTION DES TACHES INTERFERENTES SUR LE RAPPEL DOUBLE	174
3 4 ANALYSE DES HYPOTHESES SECONDAIRES	175
3 4 1 TACHE DE STOCKAGE DOUBLE <i>VERSUS</i> TACHES DE STOCKAGE SIMPLE	175
3 4 2 EFFETS DE RECENCE ET DE PRIMAUTE	177
4 DISCUSSION	179
4 1 A L'APPUI DU MODELE DE BADDELEY	179
4 1 1 LA DISSOCIATION DES SYSTEMES ESCLAVES	179
4 1 2 L'ADMINISTRATEUR CENTRAL	181
4 2 PERSPECTIVES	183
CHAPITRE 5 : A LA RECHERCHE D'UN EFFET LONGUEUR DE PARCOURS	
<i>Expériences 2, 3, 4a et 4b</i>	185
1 INTRODUCTION	186
1 1 POSITION DU PROBLEME	186
1 2 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	188
2 L'EFFET LONGUEUR DE PARCOURS (Expérience 2)	189
2 1 METHODE	189

2 1 1	SUJETS	189
2 1 2	MATERIEL	189
2 1 3	PLAN ET PROCEDURE	191
2 2	RESULTATS	192
2 2 1	CRITERE D'ERREUR	192
2 2 2	DONNEES ET STATISTIQUES	192
2 3	DISCUSSION	194
3	EFFET DU NOMBRE DE CROISEMENTS (Expérience 3)	195
3 1	METHODE	195
3 1 1	SUJETS	195
3 1 2	MATERIEL	195
3 1 3	PLAN ET PROCEDURE	197
3 2	RESULTATS	198
3 3	DISCUSSION	199
4	EFFETS DE LA DISTANCE ET DU NOMBRE DE CASES TRAVERSEES (Expérience 4)	203
4 1	EXPERIENCE 4a	203
4 1 1	METHODE	203
4 1 1 1	SUJETS	203
4 1 1 2	MATERIEL	203
4 1 1 3	PLAN ET PROCEDURE	205
4 1 2	RESULTATS	205
4 1 3	DISCUSSION	207
4 2	EXPERIENCE 4b	207
4 2 1	METHODE	207
4 2 1 1	SUJETS	207
4 2 1 2	MATERIEL	208
4 2 1 3	PLAN ET PROCEDURE	209
4 2 2	RESULTATS	210
4 2 3	DISCUSSION	210
4 3	DISCUSSION DES EXPERIENCES 4	211
5	DISCUSSION	213
5 1	LA MEMOIRE DE LOCALISATIONS	214
5 2	LE MAINTIEN DE L'ESPACE DE REFERENCE	215
5 3	PERSPECTIVES	217
 CHAPITRE 6 : EFFET LONGUEUR ET AUTRES METHODES DE RAPPEL		
<i>Expériences 5, 6 et 7</i>		218
1	INTRODUCTION	219
1 1	POSITION DU PROBLEME	219
1 2	OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	220
2	L'EFFET LONGUEUR DE PARCOURS EN RAPPEL LIBRE (Expérience 5)	221
2 1	METHODE	221
2 1 1	SUJETS	221
2 1 2	MATERIEL	221
2 1 3	PLAN ET PROCEDURE	222
2 2	RESULTATS	223
2 2 1	CRITERE D'ERREUR	223

2 2 2	DONNEES ET STATISTIQUES	223
2 3	DISCUSSION	227
3	L'EFFET LONGUEUR DE PARCOURS EN RAPPEL ENDROIT VERSUS ENVERS (Expérience 6)	228
3 1	METHODE	228
3 1 1	SUJETS	228
3 1 2	MATERIEL	228
3 1 3	PLAN ET PROCEDURE	229
3 2	RESULTATS	230
3 2 1	CRITERE D'ERREUR	230
3 2 2	DONNEES ET STATISTIQUES	230
3 3	DISCUSSION	233
4	EFFETS LONGUEUR DE PARCOURS SUR LES BLOCS DE CORSI (Expérience 7)	234
4 1	METHODE	234
4 1 1	SUJETS	234
4 1 2	MATERIEL	235
4 1 3	PLAN ET PROCEDURE	236
4 2	RESULTATS	237
4 2 1	CRITERE D'ERREUR	237
4 2 2	DONNEES ET STATISTIQUES	237
5	DISCUSSION	239
CHAPITRE 7 :	L'EFFET LONGUEUR DE PARCOURS EN M.D.T.	241
	<i>Expérience 8</i>	
1	INTRODUCTION	242
1 1	POSITION DU PROBLEME	242
1 2	OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	243
2	METHODE	244
2 1	SUJETS	244
2 2	MATERIEL	244
2 2 1	EPREUVE MNESIQUE	244
2 2 2	TACHES INTERFERENTES	245
2 2 2 1	TACHE INTERFERENTE DE SUPPRESSION ARTICULATOIRE	246
2 2 2 2	TACHE INTERFERENTE DE POURSUITE	246
2 2 2 3	TACHE INTERFERENTE MOTRICE	247
2 2 3	PROCEDURE ET PLAN	247
3	RESULTATS	248
3 1	LE CRITERE D'ERREUR	248
3 2	DONNEES ET STATISTIQUES	248
4	DISCUSSION	251
	DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION	253
	BIBLIOGRAPHIE	262

INTRODUCTION

La mémoire au sens large est souvent conçue sous la forme d'un objet construit qui illustre en général l'évolution technologique du moment. Platon (428-348 av. J.-C.) la considère comme une tablette de cire, Saint Augustin (Livre X des *Confessions*) comme le Grand Palais, Galton (1883) comme une maison avec la chambre de la conscience, Broadbent (1971) comme une bibliothèque, un des courants actuels est la métaphore informatique (*e. g.*, Anderson, 1983). La mémoire n'est pas que la connaissance du passé (Piaget, 1970), nos conduites actuelles sont largement influencées par nos expériences et nos conduites antérieures. Sans la "mémoire" considérée comme englobant l'acquisition et la conservation d'informations relationnelles (Florès, 1974), tout organisme se montrerait incapable d'une conduite adaptative. Le terme général de mémoire recouvre en fait une pluralité de processus, de la persistance perceptive au stockage permanent en passant par les processus de maintien transitoires, tous impliqués dans l'adaptation de l'individu à son milieu.

Il existe une limite à la quantité d'informations de nature verbale qu'un individu est capable, après une présentation unique, de conserver en mémoire pour les reproduire avec exactitude. Cette limite a été étudiée dès le XIX^e Siècle (*e. g.*, Ebbinghaus, 1885), et a été introduite sous le nom de tâche d'empan de mémoire dans les tests d'intelligence, par exemple par Binet et Simon (1908). L'empan verbal, phénomène observable et mesurable, donc indiscutable, a été considéré comme la mesure d'un processus sous-jacent, la mémoire immédiate qui allait être opposée au registre permanent aux capacités illimitées dans lequel les informations nécessitent une récupération (*e. g.*, James, 1890). La séparation des registres est soutenue par la psychologie expérimentale et cognitive d'une part, et la neuropsychologie d'autre part. Elle a été mise en évidence par des dissociations entre les causes de l'interférence, les types de codage de prédilection, les effets de position sérielle en ce qui concerne le domaine de la psychologie expérimentale et cognitive, par des dissociations neuro-anatomique en neuropsychologie. Une alternative à la conception dualiste est l'idée de l'existence d'une seule mémoire sur laquelle opèrent différents traitements. Ceux qui soutiennent ce point de vue (*e. g.*, Cowan, 1988) s'appuient surtout sur le fait que les traitements et les concepts associés à un stimulus semblent activés automatiquement. Les conflits entre les défenseurs d'un système unique et ceux qui soutiennent l'éclatement des processus jalonnent aussi l'histoire de la psychologie.

L'étude scientifique de la mémoire humaine a débuté à partir des travaux de H. Ebbinghaus qui publia un ouvrage clé en 1885. Il fut le premier à montrer l'évolution temporelle en asymptote de la performance à une tâche de mémorisation de stimuli verbaux. Les études sur la mémoire occultées momentanément par l'hégémonie béhavioriste se sont développées intensément avec l'émergence de la psychologie cognitive. Dans la perspective cognitiviste, l'activité mentale n'est pas directement observable, elle est inférée à partir d'expériences et d'études systématiques sur l'articulation de comportements et de leurs

conditions d'apparition. Une des premières problématiques a été la distinction entre les registres transitoires et permanent dont la modélisation par Atkinson et Shiffrin (1968) marque l'apogée mais amorce aussi le déclin car la conception unitaire du registre à court terme a posé de nombreux problèmes d'interprétations. Baddeley et Hitch (1974) relancent l'intérêt pour la mémoire immédiate en révisant le modèle dualiste et en proposant une architecture complexe appelée "Mémoire de Travail" (en anglais, *Working Memory*) qui rend compte des capacités de stockage et de traitement à court terme. La Mémoire de Travail comprend trois sous-systèmes : la Boucle Phonologique, le calepin Visuo-Spatial et l'Administrateur Central. Les recherches des auteurs du modèle ont surtout porté sur la Boucle Phonologique chargée du maintien et du rafraîchissement du matériel verbal (*e. g.*, Salamé et Baddeley, 1982). Récemment, Baddeley (1996) a fait une revue de divers travaux qui lui permettent d'étayer et de réactualiser sa conception du processus central. En revanche les recherches sur la mémoire immédiate visuo-spatiale sont récentes et restent encore trop disparates.

La plupart des travaux sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale se sont inscrits dans le cadre théorique du modèle heuristique de Baddeley et Hitch (1974). On peut distinguer deux courants de recherche correspondant à deux options théoriques différentes : les conceptions unitaires et les conceptions composites de la Mémoire de Travail. Les premières collent au modèle de base et s'intéressent à la dissociation des modules du modèle, partant des processus sous-jacents : dissociation du verbal et du visuo-spatial pour séparer la Boucle Phonologique du calepin visuo-spatial qui conduisent à valider le modèle (*e. g.*, Baddeley et Lieberman, 1980) et dissociation du visuo-spatial et des processus centraux pour tenter de séparer le calepin visuo-spatial de l'Administrateur Central qui conduisent les chercheurs à supposer que la mémoire immédiate visuo-spatiale repose sur les processus attentionnels (*e. g.*, Phillips et Christie, 1977 *a ; b*). Les secondes vont tenter d'intégrer les dissociations du visuel et du spatial mises en évidence en neuropsychologie (*e. g.*, Farah, 1984) tout en restant dans le cadre théorique du modèle classique de Mémoire de Travail de Baddeley et Hitch (1974), soit en cherchant seulement une adéquation entre la dissociation du visuel et du spatial et celle du registre de stockage et du processus de rafraîchissement (*e. g.*, Logie, 1995), soit en supposant des processus multiples au sein de l'Administrateur Central (*e. g.*, Smyth et Scholey, 1994 *a*). Enfin, hors du modèle classique, la conception procéduraliste (*e. g.*, Jones 1993) laisse à penser que tous les objets cognitifs fonctionnent de manière identique et qu'il n'est pas besoin de postuler des modules séparés pour des entrées ou des stimuli de nature différente.

L'étude de la mémoire visuelle et de l'imagerie est l'objet d'un courant parallèle mais indépendant de celui qui se penche sur la Mémoire de Travail. Ce courant a connu les mêmes avatars que l'étude de la mémoire, en particulier, le béhaviorisme avait totalement rejeté l'étude de l'imagerie. Le regain d'intérêt pour l'imagerie se fait dans deux directions,

l'estimation quantitative de l'imagerie (*e. g.*, Paivio, 1969) et l'incorporation du concept dans des modèles cognitifs dans lesquels la représentation interne des informations est l'élément central (*e. g.*, Anderson, 1976). Le débat traditionnel des chercheurs sur l'imagerie a surtout porté sur la représentation de l'information dans le registre permanent, avec, comme question centrale la nature spécifique *versus* abstraite de ces informations. Si les représentations sont de nature spécifique, l'information visuelle est codée sous forme d'images internes alors que si les représentations sont de nature abstraite, l'actualisation nécessite de reconstruire les images. La conception abstraite est économique puisqu'elle suppose un codage unique propositionnel pour tout type de matériel (*e. g.*, Anderson et Bower, 1973) alors que les conceptions spécifiques supposent la coexistence parallèle de représentations diverses. Malgré les progrès tangibles apportés par les techniques modernes et les résultats assez précis, la question de l'imagerie reste controversée. Un modèle cognitif de l'imagerie comme celui de Kosslyn (*e. g.*, 1980) qui a le mérite de réconcilier les deux points de vue nous intéresse particulièrement dans la mesure où pour rendre compte de l'actualisation d'images, l'auteur est obligé de supposer une mémoire tampon. Or, il nous semble que la manière de laquelle sont posés les problèmes de l'imagerie mentale dans cette conception amène la question de la Mémoire de Travail visuo-spatiale.

Bien que le courant de recherche sur l'imagerie visuelle et sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale utilisent des tâches voisines et appréhendent le concept de mémoire immédiate visuelle d'une manière qui nous semble relativement identique, on ne trouve pas de synthèse théorique de ces deux courants, même si les travaux sur l'imagerie mentale ont droit de cité dans les ouvrages sur la Mémoire de Travail (*e. g.*, Logie, 1995).

En se plaçant dans le cadre du modèle de Mémoire de Travail de Baddeley (*e. g.*, 1990) et en partant de la même méthode (paradigme des tâches interférentes, type de modélisation), l'objectif de cette thèse est de développer un aspect peu étudié, la mémoire immédiate visuo-spatiale. Nous chercherons à montrer l'existence de mécanismes de maintien à court terme des informations visuo-spatiales comme il en a été mis en évidence (la Boucle Phonologique) dans le maintien du matériel verbal.

Ce travail de thèse est organisé en deux grandes parties. La partie théorique est une revue de questions sur l'objet d'étude, les aspects visuels et spatiaux dans la mémoire immédiate, la partie expérimentale présente les recherches réalisées dans le cadre de cette thèse.

La partie théorique se divise en trois chapitres. Dans le premier chapitre est appréhendé le concept de Mémoire de Travail. Un petit historique développe l'émergence de la Mémoire de Travail depuis les premières dissociations entre les registres temporaires et le registre permanent jusqu'aux modèles les plus récents. Plusieurs conceptions divergentes et

complémentaires de la Mémoire de Travail fondées sur des arguments convaincants sont présentées dont le modèle élaboré par Baddeley et Hitch (1974) qui semble le plus heuristique à l'heure actuelle. Dans le cadre de ce modèle, la structure et le fonctionnement de la Boucle Phonologique sont développés ainsi qu'un bilan de l'état actuel des connaissances sur le processus central. Le second chapitre présente les recherches sur la mémoire visuelle et l'imagerie mentale. Il montre comment le passage de la conception analogique à la conception procéduraliste amène un changement dans les centres d'intérêt qui rapproche la problématique de l'imagerie de celle de la Mémoire de Travail. Le troisième chapitre est consacré à la Mémoire de Travail visuo-spatiale à proprement parler. Il insiste sur les différentes tâches élaborées dans le cadre de cette approche et présente les modèles qui conceptualisent des résultats expérimentaux qui peuvent paraître contradictoires.

La partie expérimentale expose des recherches dont le but est d'approfondir les connaissances sur le concept de Mémoire de Travail à partir d'études sur l'adulte normal. La première recherche a pour objectif de dissocier expérimentalement les trois modules du modèle de Mémoire de Travail de Baddeley et Hitch (1974). Un second groupe de recherches vise à montrer la fonctionnalité d'un mécanisme de rafraîchissement visuo-spatial en mettant en évidence un effet longueur de parcours et les facteurs qui le soutiennent à travers la mise au point d'une tâche de mémoire immédiate visuo-spatiale peu usitée. Un troisième groupe de recherches teste le caractère général de l'effet longueur de parcours dans le but de montrer l'universalité de ce processus en mémoire immédiate visuo-spatiale. Une dernière recherche teste le fonctionnement du processus de rafraîchissement dans le cadre général de la Mémoire de Travail.

PREMIERE PARTIE

THEORIE

CHAPITRE 1

LA MEMOIRE DE TRAVAIL

Vers le milieu de ce siècle on a dissocié les situations d'apprentissage à court terme des situations d'apprentissage permanent, ce qui a fait émerger le concept de mémoire immédiate. Alors que des modèles heuristiques de Mémoire à Court Terme ont vu le jour, l'hypothèse d'une Mémoire de Travail est apparue à son tour.

1 LA MEMOIRE A COURT TERME.

Ebbinghaus (1885) voulait travailler sur une mémoire "pure" et il inventa des épreuves à base de syllabes dépourvues de sens. Il constata qu'une liste de syllabes apprise parfaitement, à cent pour cent de réussite, était progressivement oubliée jusqu'à un palier de trente pour cent, mais qu'ensuite la performance restait stable avec le temps. Il pensait qu'il avait étudié ainsi les mécanismes purs de l'acquisition et de la remémoration, loin des situations complexes du monde ordinaire. Cette simplification qui fut jugée trop réductrice lui permit néanmoins de mettre en évidence des caractéristiques de la mémoire et de faire avancer les connaissances jusqu'alors limitées dans ce domaine : il venait de mettre en évidence l'existence de la mémoire immédiate verbale. Il fut également, et ce n'est pas de moindre importance, un précurseur de l'application de la méthode expérimentale à l'étude de fonctions mentales supérieures.

Ces résultats furent à l'origine de conceptions dualistes. James (1890) interpréta les résultats de H. Ebbinghaus (1885) en supposant l'existence d'une mémoire immédiate ou primaire portant sur des informations encore présentes dans la conscience et d'une mémoire indirecte ou secondaire nécessitant l'intervention d'efforts de récupération. Hebb (1949) suggéra qu'il existait deux processus de stockage séparés au niveau neurophysiologique dans le cerveau, l'un pour les informations stockées temporairement qui serait basé sur l'activité électrique temporaire, l'autre pour les informations permanentes. Pour Hebb, il s'agissait d'une "assemblée de cellules" qui dépendait de changements durables dans la substructure neurale du cerveau.

Broadbent (1958) fit une tentative pour appliquer la métaphore informatique à l'étude du fonctionnement cognitif humain. Il proposa un modèle à trois registres. Dans son modèle, le registre sensoriel (S system) retient l'information pendant quelques secondes sous une forme non analysée. Il a ses lois propres, en particulier, il peut stocker plusieurs informations simultanément. Un système de filtrage (F) sélectionne les informations pertinentes. Un canal (P system) à capacité limitée traite l'information de manière séquentielle. A la sortie de P, l'information peut être stockée dans un registre permanent conçu comme un réseau de

concepts qui représente la base de connaissances du sujet, la Mémoire à Long Terme ou venir régler l'activité du sujet, ou, par une boucle de rétroaction de P en S être disponible pour une nouvelle mémorisation en S. L'ordre de stockage est fixe. Le contrôle volontaire du système est représenté par le dispositif d'attention sélective (F) et par les boucles de rétroaction de l'information. Cette perspective résumait l'état des recherches de cette époque.

La psychologie expérimentale et cognitive soutient la distinction entre la mémoire immédiate et la mémoire permanente en s'appuyant sur les différences entre les phénomènes qui causent la perte des informations ou entre les types de codage de prédilection des deux processus mais ses résultats sont controversés. Broadbent (1958) suppose dans son modèle que l'oubli à court terme serait le signe du déclin de la trace, hypothèse soutenue par Peterson et Peterson (1959), alors que l'oubli en mémoire à long terme serait l'effet d'interférences (Underwood, 1957). En revanche, Melton (1963) prétend que le rôle de l'interférence est une interprétation plus plausible que celui de l'oubli dans la chute de la performance dans les tâches de mémoire immédiate aussi bien que dans les tâches de mémoire permanente et Baddeley (1976) que l'oubli en Mémoire à Long Terme pourrait refléter le déclin de la trace. L'argument longtemps le plus utilisé en psychologie expérimentale et cognitive pour dissocier la Mémoire à Court Terme de la Mémoire à Long Terme est celui des différences dans les performances en rappel libre selon la position sérielle des items lors de l'encodage (e. g., Glanzer et Cunitz, 1966). Les items présentés au milieu de la liste ont une performance stable mais relativement basse. Les items présentés à la fin de la série ont toujours tendance à être bien rappelés lorsque le rappel est immédiat mais un délai de rappel ou une tâche de distraction font disparaître cet effet dit "de récence". Les items présentés en tête de liste sont bien rappelés également, mais cet effet dit "de primauté" n'est pas affecté par un délai ou une tâche interférente réalisée entre la présentation et le rappel. L'interprétation classique fait reposer la performance aux premiers items encodés sur la Mémoire à Long Terme, ces items ont pu accéder à ce registre parce qu'ils ont été plus longtemps répétés. Les derniers items encodés seraient encore présents dans l'unité de stockage temporaire, et pourraient ainsi être aisément rappelés. Glanzer (1972) montre d'ailleurs que certains paramètres connus pour influencer l'apprentissage à long terme, comme la familiarité des mots et la vitesse de présentation influencent l'effet de primauté mais pas l'effet de récence. Mais on ne peut s'appuyer avec certitude sur ces arguments car la tâche interférente ne provoque pas toujours un effet dramatique sur l'effet de récence (Baddeley et Hitch, 1977) et il a été trouvé un effet de récence en Mémoire à Long Terme par exemple lorsque la tâche interférente a lieu entre la présentation de chacun des items (Bjork et Whitten, 1974) ou lors d'un rappel ciblé de stimuli appartenant à une catégorie mêlés à des stimuli d'autres catégories (Watkins et Peynircioglu, 1983).

Les arguments issus de la neuropsychologie semblent cependant apporter des données complémentaires compatibles avec la dissociation. Milner (1966 ; 1970) étudie le cas

du patient H.M. qui, parce qu'il souffrait d'une épilepsie sévère, a subi une ablation au niveau des lobes temporaux et de l'hippocampe. Il présente un syndrome amnésique, avec une amnésie antérograde, tout nouvel apprentissage lui est impossible, et une amnésie rétrograde sur deux ou trois années avant l'intervention. A l'inverse, sa performance aux tâches de Mémoire à Court Terme est normale aussi bien sur l'empan verbal que non verbal, son quotient intellectuel et son niveau de connaissances générales sont corrects et il a accès à ses souvenirs antérieurs de plus de trois ans à l'intervention. Le patient H.M. est incapable d'apprendre une série d'items supérieure à son empan même au bout de 25 répétitions, aussi bien dans les tâches verbales (mémorisation de chiffres) que dans les tâches visuo-spatiales (mémorisation de séries de localisations aux blocs de Corsi, Milner, 1971). Milner considère que son patient souffre d'une atteinte de la Mémoire à Long Terme sans dysfonctionnement de la Mémoire à Court Terme. Baddeley et Warrington (1970) trouvent également des patients avec un déficit important en Mémoire à Long Terme sans atteinte intellectuelle et avec une Mémoire à Court Terme normale. En rappel libre, l'effet de récence est préservé alors que la performance des sujets aux items de début de liste est extrêmement basse. En règle générale, les patients atteints du syndrome de Korsakoff présentent également un syndrome amnésique avec un empan à court terme normal (Baddeley et Warrington, 1970).

Ces différences entre les performances à des tâches de mémoire immédiate et de mémoire à long terme s'inversent pour le patient K.F. (Shallice et Warrington, 1970) qui souffre d'une lésion au niveau du lobe pariétal gauche, près de la scissure de Sylvius. K.F. réalise les tâches de Mémoire à Court Terme verbale avec difficulté, son empan est réduit à deux ou trois chiffres. Il mène, en revanche une vie normale et il obtient une performance normale à des tâches de Mémoire à Long Terme, comme un apprentissage de type paires associées. Dans les tâches de rappel libre, K.F. présente une courbe avec un début proche des sujets normaux mais avec un effet de récence réduit. D'autres résultats de patients, avec une Mémoire à Long Terme préservée et un déficit en Mémoire à Court Terme sont rapportés également dans la littérature. Par exemple, P.V. (Basso, Spinnler, Vallar et Zanobio, 1982 ; Vallar et Baddeley, 1984 a ; b) présente un déficit spécifique sur le matériel verbal présenté oralement. Hanley, Young et Pearson (1991) trouvent un patient qui souffre d'une atteinte du registre visuo-spatial à court terme sans déficit de Mémoire à Long Terme.

La synthèse de ces différents travaux permet d'affirmer que la neuropsychologie rapporte réellement des doubles dissociations, condition sine qua non à la distinction de différents registres : certains patients souffrent d'un syndrome amnésique alors qu'ils réussissent dans les tâches de mémorisation à court terme, alors que d'autres ont une Mémoire à Long Terme relativement préservée mais des performances aux tâches de Mémoire à Court Terme très basses. Néanmoins force est de constater que la perturbation des tâches à court terme n'est jamais globale, les patients présentent tous une atteinte spécifique touchant soit le matériel verbal, soit le matériel visuo-spatial.

La séparation des registres de Mémoire à Long Terme et de Mémoire à Court Terme fait l'objet de débats et les modèles de la mémoire vont privilégier une conception dualiste. Ces modèles devront rendre compte des deux caractéristiques essentielles des performances observées dans les tâches de mémoire à Court Terme : la capacité limitée des sujets quant au nombre d'informations rappelées, et la durée limitée du maintien de ces mêmes informations.

1 1 DES CAPACITES AUX CARACTERISTIQUES DE LA MEMOIRE A COURT TERME.

1 1 1 MISE EN EVIDENCE DES LIMITES DE LA M.C.T.

Une des découvertes les plus citées de la psychologie cognitive balbutiante a été d'observer que les individus sont limités quant au nombre d'informations qu'ils peuvent répéter après une présentation unique.

Miller (1956) quantifie la capacité de stockage de la mémoire immédiate. Il l'évalue à sept plus ou moins deux items pour une série d'items verbaux sans lien entre eux et présentés en une seule fois. Postuler une capacité de sept items quel que soit le type d'information concerné peut paraître paradoxal, une série de mots semble contenir plus d'informations qu'une série de lettres. En fait, que l'item soit une simple lettre ou un mot, il occupe un emplacement pour Miller (1956), les lettres constituant un mot sont assemblées en une unité. Ces assemblages (en anglais, chunking) sont les unités de base de stockage et expliquent certaines améliorations de la performance dans les tâches de Mémoire à Court Terme.

Cette capacité de sept plus ou moins deux unités a été rediscutée puisque l'on a montré que cette performance ne s'obtient qu'avec une contribution de la Mémoire à Long Terme. Le rôle de l'activation d'informations en provenance de la Mémoire à Long Terme dans la réalisation d'assemblages est mis en évidence par une expérience de Bower et Springston (1970). Lorsque l'on présente aux sujets des séquences de lettres qui activent des abréviations présentes dans le lexique mental (par exemple, ABCD, T.G.V.), la performance est meilleure que lorsque les mêmes lettres sont présentées dans un découpage ne correspondant pas à des items stockés en Mémoire à Long Terme. Cette contribution de la Mémoire à Long Terme dans la performance d'empan remettrait en question la taille de l'empan mnésique. Des chercheurs (e. g., Glanzer et Razel, 1974) ont tenté de soustraire l'influence de la Mémoire à Long Terme dans les tâches d'empan. Le résultat moyen obtenu sur des sujets adultes est de deux à quatre items.

Les travaux sur l'effet longueur de mots ont remis en cause la conception de la capacité de la Mémoire à Court Terme verbale comme limitée par le nombre d'emplacements disponibles. Baddeley, Thomson et Buchanan (1975) montrent que la performance des sujets est meilleure lorsque les mots à répéter ont une syllabe, la moyenne est de 4.17 mots, que lorsque les mots à répéter ont quatre syllabes, la moyenne est de 2.80 mots. Pour les auteurs, si le processus est limité par le nombre d'emplacements disponibles, le nombre de syllabes est le facteur déterminant ce phénomène ; en revanche, si le processus est contraint par une limite de temps, c'est la durée de la chaîne parlée qui est à l'origine de l'effet longueur de mots. Les deux hypothèses paraissent plausibles a priori. La langue britannique pourvue de voyelles courtes et de voyelles longues offre la possibilité de tester cet effet. Les auteurs observent une relation linéaire entre le nombre de mots rappelés et le temps pris pour les articuler, la performance correspond au nombre d'items qui peuvent être dits en une à deux secondes plus une constante. La capacité serait donc définie par une durée. Ellis et Hannelley (1980) confirment ces résultats. Ils comparent les performances à l'empan de chiffres pour des étudiants d'origine anglaise et d'origine galloise, l'empan des Gallois étant classiquement inférieur à celui des Anglais. En mesurant le temps pris pour articuler les chiffres, ils trouvent que les chiffres gallois prennent plus de temps pour être prononcés, en raison du fait qu'à nombre de syllabes identique, les chiffres gallois contiennent plus souvent des voyelles longues que leurs homologues anglais. Si le critère d'évaluation de la performance utilisé est la durée de parole et non le nombre de chiffres, alors, la performance entre les deux groupes est identique. Des recherches montrent également que lorsque la capacité temporelle est prise en compte les différences observées dans le développement tendent à disparaître (e. g., Hitch, Halliday et Littler, 1989).

Il est donc évident que le critère de la capacité de la Mémoire à Court Terme verbale est en relation directe avec la durée d'articulation du matériel à rappeler.

1 1 2 L'HYPOTHESE D'UN MAINTIEN ACTIF.

Les performances limitées de la Mémoire à Court Terme et les caractéristiques liées à la durée d'articulation du matériel ont conduit différents auteurs à se poser la question de l'existence d'un processus de maintien actif en Mémoire à Court Terme.

Dans une étude ancienne, Brown (1958), d'une part, Peterson et Intons-Peterson (1959), d'autre part, présentaient oralement des groupes de trois consonnes à mémoriser. Après la présentation des items à mémoriser, un nombre était donné. Dès lors, les sujets devaient compter à rebours de trois en trois à partir de ce nombre jusqu'à l'émission du signal

de réponse. En faisant varier la durée de cette tâche de distraction, les auteurs ont trouvé que la performance diminuait : l'augmentation du délai faisait d'abord chuter rapidement la performance qui atteignait ensuite un palier stable.

Les Peterson ont interprété leurs résultats en terme de déclin de la trace : comme le matériel pertinent n'est pas répété, sa trace s'effacerait. Keppel et Underwood (1962) suggèrent que, dans cette expérience, le premier trigramme est parfaitement mémorisé et qu'ensuite c'est l'interférence proactive des trigrammes appris avant qui explique les résultats. Une expérience de Baddeley et Scott (1971) confirme la présence d'une courbe de rappel en asymptote lorsque le temps de maintien s'allonge, même lorsque les sujets ne sont testés que sur un seul item. La performance mesurée sur neuf cents sujets dans différentes conditions montre cependant que la perte d'informations n'est pas catastrophique, en tout cas beaucoup moins importante que dans la procédure standard classique. On voit qu'un effet d'interférence peut se situer à tout moment et infiltrer insidieusement les résultats expérimentaux.

Dans les modèles, les chercheurs vont postuler que le maintien des informations en Mémoire à Court Terme est soutenu par une opération de répétition active. Par exemple, Waugh et Norman (1965) modélisent le fonctionnement de la mémoire en s'inspirant librement de la dichotomie postulée par James (1890). Dans leur conception dualiste, la mémoire primaire a une capacité limitée, chaque information est stockée dans un emplacement, un système de répétition permet aux informations de ne pas tomber dans l'oubli et d'accéder à la mémoire secondaire. La perte d'une information s'explique par son remplacement par un nouvel item et non pas par un simple déclin lié au temps. Dans leur modèle, Shiffrin et Atkinson (1969), quant à eux, supposent qu'après un bref passage dans les registres sensoriels, les informations passent dans l'unité de stockage à court terme, registre de capacité limitée, où elles déclinent et disparaissent rapidement si un système tampon ne vient pas les maintenir par répétition. Dans le modèle de Baddeley et Hitch (1974), un système en boucle appelé Boucle Articulatoire d'une durée limitée vient rafraîchir le matériel verbal. Ce système de répétition du matériel verbal, appelé plus tard Boucle Phonologique (Baddeley, 1990), a été largement étudié et modélisé en détail.

1 2 LE MODELE DE R. C. ATKINSON ET R. SHIFFRIN.

L'observation de Miller (1956) qui montre que l'individu est capable de retenir une petite quantité d'informations sans lien entre elles pendant un laps de temps conduit de nombreux théoriciens à inclure un processus de Mémoire à Court Terme distinct de la Mémoire à Long Terme dans leur modèle (pour une revue, Norman, 1970).

Nous présentons dans la figure 1 le modèle de mémoire conçu par Atkinson et Shiffrin. Ce choix s'explique par la qualité d'élaboration du modèle et par le rôle qu'a joué ce modèle dans la genèse de ce qui deviendra plus tard la Mémoire de Travail.

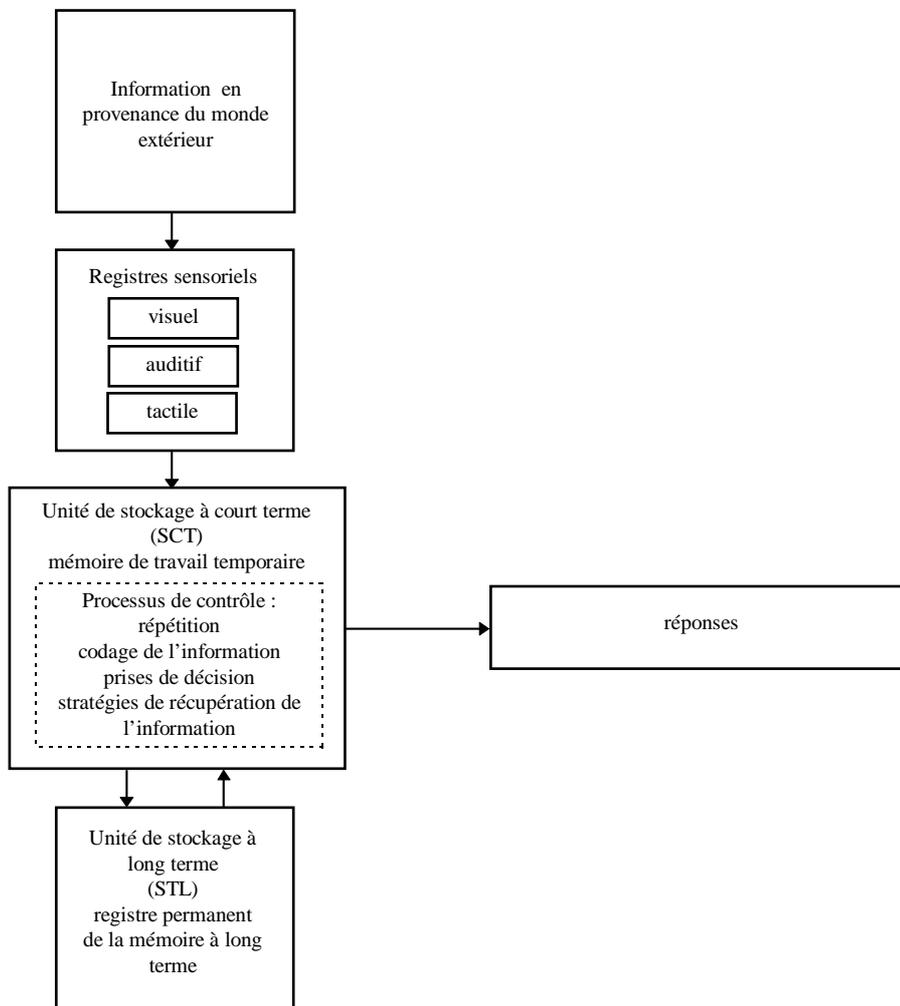


Figure 1 : Schéma simplifié du modèle de R. C. Atkinson et R. Shiffrin (1968).

Atkinson et Shiffrin (1968), Shiffrin et Atkinson (1969) s'inspirent du modèle de Broadbent (1958). Ils proposent un modèle computo-symbolique en trois registres que Murdock (1974) appellera le "modèle modal". Les auteurs distinguent les données retenues, les unités de stockage, composantes structurelles permanentes qui contiennent l'information et les processus de contrôle.

Les registres sensoriels (R.S.) stockent les informations en provenance des récepteurs en parallèle pendant une très courte durée sous la forme de représentations perceptives en liaison avec la modalité concernée. L'une des composantes du registre sensoriel est le système

visuel qui traite la mémoire iconique. Les informations passent dans l'unité de stockage à court terme (M.C.T.), registre de capacité limitée dont Atkinson et Shiffrin remettent en cause l'aspect passif. La Mémoire à Court Terme est un module actif de traitement qui garde un rôle relativement passif en tant que mémoire tampon, mais joue surtout un rôle actif par l'intervention de processus attentionnels. Cette composante est une sorte de régulateur du débit de l'information avec un processus de répétition, mécanisme de maintien de l'information. Ce registre joue un rôle clé dans la cognition. Enfin, l'information est transmise à l'unité de stockage à long terme (M.L.T.), lieu des connaissances permanentes dont la capacité est illimitée. L'ordre de stockage est précis : le passage de l'information par le registre à court terme est une condition de son accès au registre à long terme et le temps passé dans le registre à court terme conditionne la qualité des informations dans le registre permanent.

Atkinson et Shiffrin s'intéressent plus particulièrement aux mécanismes de contrôle qui gèrent le transfert de l'information. Pour eux, les sujets exercent un contrôle volontaire et attentionnel sur les transferts d'informations entre les registres. Les processus attentionnels interviennent dans la gestion des informations présentes : pour diriger le foyer de l'attention sélective, pour maintenir l'information pertinente dans la Mémoire à Court Terme par une répétition active, pour faire transiter l'information d'un registre à un autre et dans le codage de ces informations. Ces processus de contrôle sont modulables, les sujets les activent en fonction de la situation présente, alors que les structures de la mémoire sont fixes. Cette séparation de la structure et du contrôle distingue le modèle de R. C. Atkinson et R. Shiffrin (1968) des autres théories de la mémoire. Le contrôle le plus manifeste est la répétition du matériel verbal. Un autre processus est illustré par l'utilisation d'une stratégie mnémotecnique comme l'imagerie.

Le modèle de R. C. Atkinson et R. Shiffrin (1968) soulève quelques problèmes. Par exemple, en neuropsychologie des patients qui présentent un empan verbal diminué ne rencontrent pas de difficultés pour un apprentissage à long terme (e. g., Shallice et Warrington, 1970), ce qui est contradictoire avec le modèle qui postulait un ordre strict de passage des informations dans les registres : R.S. M.C.T. M.L.T. Les travaux sur la perception montrent par ailleurs une implication de la Mémoire à Long Terme dans les niveaux les plus bas du traitement. Shiffrin (1976) propose une alternative, dans le registre sensoriel, le stimulus serait d'abord en contact avec les informations contenues en Mémoire à Long Terme, à partir de là, l'information serait codée et un sous ensemble activé émergerait et formerait une trace en Mémoire à Court Terme, ensuite de nouveaux éléments pourraient accéder à la Mémoire à Long Terme et la trace de l'information disparaîtrait de la Mémoire à Court Terme. Pour Bower et Hilgard (1981) l'ajout de boucles de rétroaction n'est pas suffisant pour rendre compte des traitements perceptifs dans lesquels l'information est mise en contact de façon immédiate avec le contenu de la Mémoire à Long Terme, il faut beaucoup plus d'interaction entre les deux registres. L'hypothèse d'un traitement séquentiel strict ne tient

pas. D'autre part, l'augmentation du temps passé à répéter le matériel dans le registre à court terme n'est pas toujours un gage de son transfert en mémoire permanente (e. g., Craik et Watkins, 1973).

Ce type de modèle n'est plus compatible avec les conceptions cognitives actuelles. Néanmoins, malgré ces dysfonctionnements on peut retenir que, dans leur modèle, Atkinson et Shiffrin (1968) opèrent une rupture avec la conception de la Mémoire à Court Terme comme lieu de stockage passif de l'information, ils considèrent que le registre à court terme fonctionne plutôt comme un module actif de traitement, une "mémoire en action" qui met en jeu les processus attentionnels. En extrapolant, on pourrait dire que finalement, dans leur modèle, Atkinson et Shiffrin considèrent la Mémoire à Court Terme comme une sorte de Mémoire de Travail. En fait, le concept de Mémoire de Travail va, au contraire, se développer en s'opposant à la Mémoire à Court Terme.

2 LA MEMOIRE DE TRAVAIL.

La dissociation entre la Mémoire à Court Terme et la Mémoire de Travail s'appuie sur des arguments variés. Ces arguments soutiennent la différenciation entre deux groupes de tâches. La Mémoire à Court Terme serait un processus impliqué dans les tâches de stockage simple. La Mémoire de Travail est conçue dans le cadre de processus actifs et dynamiques, elle serait impliquée dans le fonctionnement de diverses opérations cognitives comme les tâches d'apprentissage, de compréhension et de raisonnement. Ce serait une mémoire opérationnelle qui permettrait à la fois un stockage temporaire, c'est à dire un maintien à proximité d'informations en état d'être évoquées activement et un ou des traitements cognitifs complexes.

Des chercheurs vont développer le concept de Mémoire de Travail (Baddeley et Hitch, 1974 ; Brainerd et Kingma, 1984 ; Case, 1974 ; Kintsch et Van Dijk, 1978 ; Klapp, Marshburn, et Lester, 1983 ; ...). Nous proposons de présenter ces conceptions en modèles à ressources flexibles et modèles à ressources spécialisées. Puis nous verrons un modèle dans lequel coexistent deux types de ressources.

2.1 DEUX MEMOIRES IMMEDIATES DISTINCTES.

Les tâches de Mémoire à Court Terme et les tâches de Mémoire de Travail relèvent toutes deux de la mémoire immédiate mais beaucoup d'arguments soutiennent leur

dissociation. Nous allons présenter trois types d'arguments issus des études de corrélations, de la psychologie du développement et de la psychologie cognitive et expérimentale.

2 1 1 ARGUMENTS ISSUS DES CORRELATIONS.

Les recherches corrélationnelles montrent des disparités entre les différentes mesures de l'empan.

Hunt (1978) et Dempster (1981) soulignent que les données principales qui vont dans le sens d'un processus unique sont la présence de corrélations entre les performances à l'empan de mémoire immédiate et l'échelle d'intelligence complète et les sous tests de l'échelle d'Intelligence pour Adultes de Wechsler. Mais Klapp, Marshburn et Lester (1983) remarquent que ces corrélations sont faibles (.59 avec l'échelle d'intelligence dans son ensemble, de .30 à .53 pour les neuf sous tests de Wechsler) alors que les corrélations entre le test d'intelligence complet et les sous tests de Wechsler sont supérieures à leurs corrélations avec l'empan de mémoire immédiate. Brainerd et Kingma (1984) notent que l'existence de ces corrélations très faibles peut être expliquée simplement par des variables communes aux items des tests d'intelligence et aux tests d'empan de mémoire immédiate (par exemple, l'une de ces variables serait la vitesse d'identification des items selon Dempster, 1981).

Perfetti et Lesgold (1977) font une revue de la littérature qui les conduit à supposer qu'il n'y a pas de corrélation entre l'empan mnémorique et la compréhension. A l'appui de ces constatations, citons comme exemple Daneman et Carpenter (1980) qui trouvent de fortes corrélations entre la tâche complexe d'empan de lecture et les mesures de compréhension de lecture mais pas de corrélation significative entre l'empan de mots simple et les mesures de compréhension.

Si les différences individuelles dans les empan simples de mots ou de chiffres ne prédisent pas les différences individuelles dans la compréhension alors que les tâches complexes le font, pour Turner et Engle (1989) c'est que les tâches d'empan complexe empêchent l'utilisation de stratégies mnémoriques comme le groupement ou la répétition présentes dans les tâches d'empan simple. Cette interprétation cadre avec l'hypothèse d'un système unique.

L'absence de corrélations entre les tâches simples et les tâches complexes prêche en faveur d'une séparation des processus mais nous voyons qu'il existe d'autres interprétations possibles.

2 1 2 ARGUMENTS ISSUS DE LA PSYCHOLOGIE DU DEVELOPPEMENT.

La psychologie du développement a mis en évidence le fait que l'augmentation de l'empan endroit comme l'empan de chiffres, de mots ou de lettres n'est pas parallèle à celle du développement cognitif de l'enfant alors que l'empan envers et d'autres tâches qui impliquent une transformation du matériel à restituer évoluent parallèlement au niveau global de développement (e. g., Jensen et Osborne, 1979).

Des recherches récentes mettent en évidence le développement indépendant de la Mémoire à Court Terme et des processus de compréhension et de raisonnement. Surber et Surber (1983) conduisent des expériences sur la compréhension d'histoires, ils testent la capacité des enfants à faire des inférences à partir d'histoires et leur Mémoire à Court Terme des informations qui soutiennent ces inférences. La justesse des inférences ne semble pas dépendre de la rétention des informations pertinentes. Les améliorations des performances avec l'âge n'évoluent pas de manière similaire pour la tâche de compréhension et la tâche de Mémoire à Court Terme.

Brainerd et Kingma (1984 ; 1985) s'intéressent à l'indépendance entre le développement de la Mémoire à Court Terme et les performances aux tâches de Piaget. La faible performance des enfants est souvent attribuée à une insuffisance de leur espace de travail pour permettre à la fois la rétention du matériel de base et un traitement efficace de ce matériel (e. g., Brainerd, 1983 b). Partant, il est supposé que l'exactitude des réponses aux tâches de traitement est influencée par l'exactitude des informations maintenues à court terme. Le test de cette relation le plus direct se situe logiquement dans les études de la dépendance entre les performances des enfants dans les tâches cognitives et leur mémorisation du matériel de base de ces tâches. Or, ce test direct est rarement réalisé. Brainerd et Kingma (1984 ; 1985) proposent des expériences dans lesquelles ils examinent l'indépendance stochastique de la mémoire et du raisonnement à travers des problèmes d'inclusion de classe, de jugement de probabilité, de conservation, de transitivité et des épreuves de sondage sur le matériel de base de ces mêmes tâches cognitives.

Le paradigme utilisé consiste en une phase d'encodage, une phase de traitement et un test de mémoire. Chez Brainerd et Kingma (1985), la tâche cognitive est faite sur le matériel encodé en première phase et le test de mémoire est un sondage (en anglais, probe) de la rétention de ce même matériel¹. Cette procédure serait spécialement sensible à la dépendance

¹ Voici un exemple. Au cours de la phase d'encodage, on présente à l'enfant une carte sur laquelle sont dessinés deux types de stimuli (par exemple, 3 gorilles et 7 lions), on demande à l'enfant de compter séparément chaque type de stimuli puis l'ensemble des deux (les réponses correctes sont 3, 7, 10). Ensuite, se déroule l'épreuve d'inclusion. Au cours du test de mémoire final, on fait reconnaître à l'enfant un nombre pertinent dans une épreuve de choix entre le nombre cible et un nombre des deux autres classes (par exemple, "combien de lions

entre le raisonnement et la mémorisation si on se place dans le cadre d'un système monolithique (Brainerd, 1983 b ; Klapp, Marshburn et Lester, 1983). Selon les auteurs, la performance aux tâches de raisonnement est supposée reposer sur les fonctions de stockage, de remémoration, de traitement. Le sondage impliquerait des processus différents selon le moment où il se déroule dans l'expérience. Si le sondage est réalisé avant la tâche cognitive, il ne ferait intervenir que le stockage et la remémoration, en revanche, s'il a lieu après, il ferait intervenir davantage de processus.

Les performances aux tâches de raisonnement sont indépendantes de la rétention à court terme du matériel contextuel de la tâche présenté avant l'épreuve de raisonnement. Ces résultats se retrouvent aussi bien pour les enfants de cinq ans que pour les enfants de sept ans bien que cette période de développement se caractérise par une nette augmentation aussi bien des capacités de raisonnement que des capacités mnémoniques. Cela laisse supposer que les améliorations dans le raisonnement et dans la Mémoire à Court Terme qui se produisent durant cette période sont indépendantes l'une de l'autre. Les patterns de résultats sont similaires dans les quatre tâches de traitement. On peut dire que l'indépendance des développements du raisonnement et de la Mémoire à Court Terme est générale, elle ne dépend pas de tâches de raisonnement ou de types particuliers d'information. Enfin, selon l'hypothèse du processus unique, la dépendance entre le raisonnement et la Mémoire à Court Terme devrait être plus forte quand la performance à la tâche de Mémoire à Court Terme est plus faible. En effet, si la performance au sondage est faible, la charge de Mémoire à Court Terme courante met plus sévèrement à l'épreuve l'espace de travail disponible. La relation entre la performance à la tâche de raisonnement et au sondage devrait être la plus forte (Baddeley et Hitch, 1974). Les résultats de Brainerd et Kingma (1985) ne vont pas dans ce sens. La dépendance n'est pas plus marquée chez les enfants les plus jeunes dont l'âge moyen est compris entre cinq ans trois mois et cinq ans onze mois, que chez les plus âgés dont l'âge moyen est compris entre sept ans neuf mois et huit ans quatre mois. Elle ne l'est pas non plus entre les tâches les plus faciles et les tâches les plus difficiles. Par exemple, la performance est plus faible dans les épreuves de jugement de probabilité que dans les épreuves d'inclusion de classe ou de conservation mais la dépendance n'est pas plus grande entre le niveau de raisonnement au jugement de probabilité et la mémorisation du matériel de base de cette tâche.

Brainerd et Kingma montrent que les mesures de la performance aux deux types de tâches évoluent différemment après certaines manipulations.

y avait-il, 7 ou 10 ?"). Les tâches choisies impliquent le traitement et la rétention d'informations qui peuvent être de deux types, soit des nombres, soit des relations.

Les variables qui améliorent le raisonnement comme la présentation de "collections", structures collectives naturelles, au lieu des traditionnelles "classes" (e. g., Markman, 1979) ou l'amélioration de la différenciation conceptuelle entre les sous-classes et la classe (Wilkinson, 1976) devraient faire progresser la performance au sondage puisqu'on peut supposer qu'un espace de travail plus grand est laissé disponible pour le stockage. Or, les résultats font apparaître que les manipulations qui touchent le raisonnement n'affectent pas la Mémoire à Court Terme du matériel de base de l'expérience alors que les différences entre les conditions les plus défavorables et les plus favorables de traitement de l'information sont toutes très significatives.

Les variables qui améliorent la performance dans les tâches de Mémoire à Court Terme comme une charge externe lors du sondage du matériel de base (Brainerd, 1981 ; 1983 a) pourraient réduire l'espace de travail nécessaire au maintien du matériel puisque le matériel reste présent dans le champ perceptif tout au long de l'expérience. Or, les résultats expérimentaux font apparaître que les manipulations qui affectent la Mémoire à Court Terme du matériel de base de l'expérience restent sans effet sur le raisonnement bien que les différences entre les conditions les plus favorables et les plus défavorables de mémorisation du matériel de base soient très significatives.

Il est clair que l'acuité de raisonnement des enfants ne dépend pas de leur capacité à retenir le matériel de base car les manipulations qui affectent le traitement de l'information n'affectent pas la rétention du matériel de base dans une expérience donnée, et la réciproque est vraie également.

Il paraît plausible de postuler l'existence de processus qui évoluent indépendamment au long du développement cognitif. Brainerd et Kingma (1985), quant à eux, proposent une interprétation en terme de traces différentes qui s'inscrit dans la théorie des traces floues.

2 1 3 ARGUMENTS ISSUS DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE ET EXPERIMENTALE.

En psychologie cognitive et expérimentale, la Mémoire de Travail est mise en évidence par le paradigme des doubles tâches (Baddeley et Hitch, 1974 ; Hitch et Baddeley, 1976). On demande au sujet d'effectuer en même temps une tâche cognitive, la tâche de raisonnement verbal et une tâche de Mémoire à Court Terme censée occuper la majeure partie de sa capacité. La charge de Mémoire à Court Terme concurrente est un empan de chiffres variant selon les expériences de deux à huit éléments à rappeler en ordre après l'épreuve de raisonnement verbal. La tâche de raisonnement consiste à vérifier le caractère vrai ou faux d'une phrase qui décrit l'ordre de deux lettres dont voici quelques exemples :

"B suit A"	suivi de "BA"	réponse : FAUX
"A n'est pas précédé de B"	suivi de "AB"	réponse : VRAI.

Baddeley et Flemming (1967), au cours d'une étude de la sensibilité à la narcose de l'azote chez des plongeurs sous-marins montrent que la difficulté de la tâche varie en fonction du verbe (suivre/précéder), de la forme grammaticale (active/passive), de la nature de la réponse (vrai/faux). Les latences de réponses ne sont pas affectées par la longueur de la séquence à retenir tant que celle-ci n'excède pas cinq éléments. Lorsque la longueur de la séquence se situe à ou au-delà de l'empan, les latences commencent à augmenter. On voit donc que la performance à la tâche de mémoire est affectée dans le paradigme des doubles tâches mais que la perturbation est modérée.

Ces résultats sont difficiles à expliquer si l'on fait l'hypothèse d'un processus unique de mémoire temporaire car on s'attendrait à une baisse plus drastique de la performance avec une double tâche puisque le système serait surchargé. Baddeley et Hitch (1974) interprètent ces résultats dans le cadre d'un modèle de Mémoire de Travail tripartite dont nous verrons plus loin l'organisation. Mais ces résultats peuvent aussi être interprétés comme la preuve que les sujets emploient une partie des ressources de la Mémoire de Travail à transférer les items à retenir en Mémoire à Long Terme quand la taille de la série approche les limites de capacité de leur Mémoire à Court Terme, alors que ces ressources devraient normalement être consacrées au traitement de l'information (Brainerd et Kingma, 1985).

D'autres dissociations en psychologie cognitive s'appuient sur l'effet différentiel des facteurs qui améliorent les performances sur les deux types de tâches pour comparer les propriétés des mémoires immédiates.

Klapp et al (1983) proposent des expériences sur le raisonnement numérique chez des adultes afin de comparer les performances aux tâches de Mémoire à Court Terme et de Mémoire de Travail. La tâche de Mémoire à Court Terme est une tâche d'empan standard (rappel ordonné d'items) alors que les tâches de Mémoire de Travail sont des tâches complexes (épreuve du chiffre manquant ou problème de raisonnement arithmétique).

Les auteurs étudient les modifications consécutives à différents changements de variables. Les variables qui influencent le score à l'empan standard (par exemple, la présentation par groupes successifs qui améliore la performance ou la suppression articulatoire qui la fait diminuer) restent sans effet sur les tâches complexes. En revanche, le fait d'intercaler une tâche complexe entre la présentation et le rappel des items à l'empan standard ne modifie pas la performance. Par ailleurs, une précharge de mémoire effectuée avant une tâche de raisonnement n'affecte pas les temps de réponse pourvu que le délai soit d'au moins cinq secondes entre la présentation de la précharge et la tâche complexe. Si une phase de consolidation suffit à éliminer l'effet de la précharge, pour les auteurs, on ne peut pas supposer de ressources communes pour les deux formes de mémoire immédiate. L'effet croisé

des variables soutient l'hypothèse de l'indépendance des processus impliqués dans les deux types de tâches.

Comme leurs résultats vont dans le sens d'une indépendance des tâches de traitement et des tâches d'empan, Klapp et al (1983) font l'hypothèse de l'existence de processus de mémoire complètement distincts dont les propriétés seraient liées aux caractéristiques des informations à traiter : la Mémoire à Court Terme assurerait le rappel ordonné des séries d'items alors que la Mémoire de Travail entrerait en jeu lors des tâches complexes.

On peut déjà classer les tâches de mémoire en deux types selon qu'elles impliquent ou non une transformation des données : les tâches de rappel simple s'opposent aux tâches complexes qui nécessitent une transformation du matériel. Les premières reposeraient seulement sur les processus de la mémoire alors que les secondes nécessiteraient un maintien non explicite et un traitement des informations.

2 2 LES MODELES DE MEMOIRE DE TRAVAIL.

Les modèles qui postulent l'existence d'une Mémoire de Travail se réfèrent aux propriétés des mémoires informatiques de type Von Neumann (1958). Le cognitivisme explique les comportements comme mus par une activité interne dont ils sont le reflet et qui peut être décrite en terme de traitement de l'information. Le postulat théorique est que le système humain est un système de traitement de l'information dans lequel il existe séparément des processus de résolution de problèmes qui effectuent des traitements, et des symboles (ou représentations) qui sont manipulés. Le corollaire de ce postulat est l'abstraction des représentations, c'est la raison pour laquelle ces modèles sont parfois qualifiés de modèles "abstractifs".

L'avantage de ces postulats de base est qu'ils permettent d'envisager une modélisation de l'activité interne. Les modèles créés dans le cadre de la psychologie cognitive décrivent une architecture : les modules de traitement et leurs relations fonctionnelles. Les informations traitées par le système sont des représentations mentales abstraites, des unités discrètes qu'on suppose stockées dans des lieux définis, on parle de métaphore spatiale (Roediger, 1980). Un mécanisme de contrôle, enfin, gère le fonctionnement du système. La description de l'activité mentale sera aussi calquée sur l'observation de l'activité objectale des individus : la transformation des états des objets qui les entourent. Il existe deux hypothèses complémentaires mais fondamentales pour la Mémoire de Travail : le système a des capacités limitées et le maintien des informations dans ce système a une durée limitée. Ceci implique que la Mémoire de Travail va contraindre les autres activités et de ce fait, elle sera la cause

invoquée des limites des autres activités. En effet, le nombre de procédures ou de connaissances disponibles est immense, si le nombre d'informations qui sont appréhendées en même temps est limité c'est à cause de la Mémoire de Travail qui est limitée par le nombre de connaissances et de procédures qui peuvent être activées en même temps. De nombreuses recherches vont s'appuyer sur ces postulats de base (e. g., Baddeley et Hitch, 1974).

Nous soulignons qu'il existe également des modèles "neuromimétiques", "computo-bioniques" ou "connexionnistes" qui refusent le principe des représentations abstraites. Ces modèles utilisent le concept de traitement parallèle distribué (e. g., McClelland et Rumelhart, 1986 ; Rumelhart et McClelland, 1986).

Ces modèles postulent une distribution des informations sur des réseaux figurant les réseaux humains de neurones. Les associations s'y expliquent par le poids des connexions qui figurent les liaisons synaptiques du système nerveux humain. Ces modèles, dans le principe même de la théorie sous-jacente, ne tenaient aucunement compte au départ de la nature des informations ni des caractéristiques cognitives des tâches ; actuellement certains modèles commencent à s'intéresser à la Mémoire à Court Terme (e. g., Burgess et Hitch, 1992). Il n'existe cependant pas de modèle de fonctionnement de la Mémoire de Travail visuo-spatiale. C'est la raison pour laquelle nous ne nous attarderons pas sur la description de ces modèles.

Nous allons développer une classification des diverses conceptions de la mémoire immédiate. Notre classification souligne la différence entre deux conceptions de la Mémoire de Travail. Certains modèles postulent une seule mémoire immédiate et des ressources flexibles (e. g., Anderson, 1983 ; Cowan, 1988). D'autres défendent une séparation entre des ressources voire entre des processus spécialisés (e. g., Brainerd et Kingma, 1985 ; Monsell, 1984). Enfin, nous présenterons le modèle le plus heuristique et le plus connu, celui de Baddeley et Hitch (1974). Le modèle rend compte des dissociations tout en maintenant un lien unificateur dans la Mémoire de Travail.

2 2 1 DES RESSOURCES FLEXIBLES.

En dépit des contradictions soulevées par les études sur les différentes tâches de mémoire, certains chercheurs continuent à considérer qu'il ne peut pas y avoir deux mémoires à capacité limitée distinctes. Qu'ils supposent un seul processus impliqué dans le traitement des informations et dans les épreuves classiques de Mémoire à Court Terme ou qu'ils refusent de postuler l'existence de tout processus mnémonique spécifique quel qu'il soit, ces modèles s'appuient sur le principe d'économie.

2 2 1 1 LE MODELE DE COWAN (1988).

Dépouillés à l'extrême, certains modèles postulent l'existence d'un seul registre de mémoire assimilable à la Mémoire à Long Terme ; la Mémoire de Travail est le résultat de l'activation des procédures et des informations provenant de la mémoire permanente en liaison avec les entrées sensorielles. Il n'est pas question, dans ce type de conception, d'unités de traitements pour lesquelles on essaie de définir une structure ni de lieu de stockage. Les modèles développés par Cowan (1988) ou Cantor et Engle (1993) entrent dans cette catégorie.

La figure 2 présente le modèle de Cowan (1988).

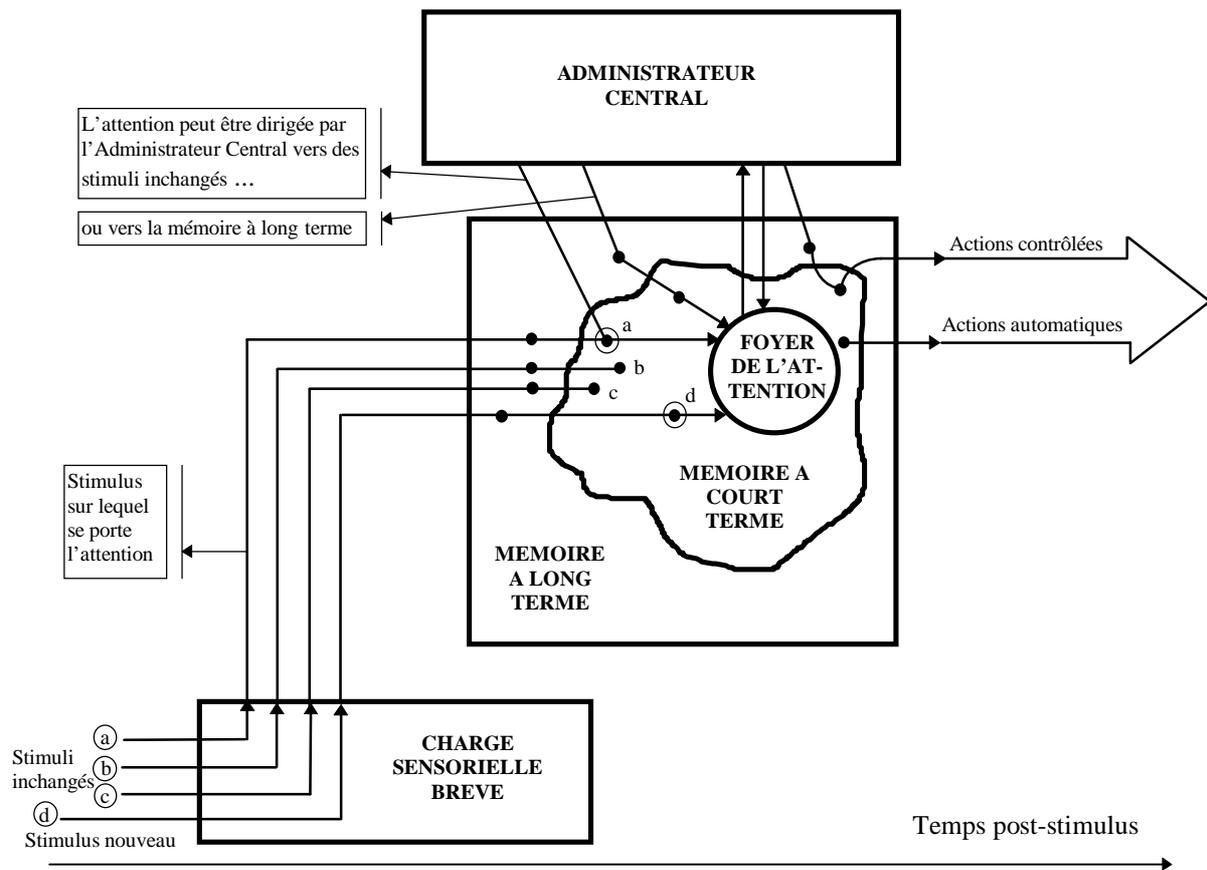


Figure 2 : Schéma simplifié du modèle révisé de système de traitement de l'information de Cowan (1988).

Cowan (1988) étudie le stockage en mémoire, l'attention sélective, les traitements automatiques versus attentionnels et la manière de laquelle ces fonctions se contraignent mutuellement pour proposer un modèle qui tente de représenter le traitement du flux continu des informations. Il s'intéresse longuement aux modalités sensorielles et décrit deux phases dans le stockage sensoriel. La première phase de sensation pure ne dure que plusieurs centaines de millièmes de seconde et est distincte fonctionnellement des autres formes de stockage. La seconde phase est une souvenance active des sensations où les activations

sensorielle et sémantique peuvent durer quelques secondes : les informations sont entrées dans la mémoire. Le foyer de l'attention est un sous-ensemble activé de la Mémoire à Court Terme qui, elle-même, est un sous-ensemble activé de la Mémoire à Long Terme. D'un point de vue fonctionnel, aucun filtrage sélectif n'est nécessaire, les stimuli qui ne changent pas n'activent pas l'attention à moins qu'ils ne fassent l'objet d'une attention volontaire. Les stimuli nouveaux et ceux sur lesquels l'attention s'est volontairement portée entrent dans le foyer attentionnel, une liste de mots présentée pour un apprentissage peut, par exemple, constituer un exemple de charge de la Mémoire à Court Terme. Certains traits peuvent être codés automatiquement dans la Mémoire à Court Terme sans que l'attention ne se porte sur eux mais l'intervention des processus attentionnels conduit à un codage plus élaboré, une base de données décisive pour la récupération volontaire ou la mémoire épisodique. Le processus central dirige l'attention et contrôle les traitements volontaires. Le mécanisme de répétition en boucle du matériel verbal est, par exemple, une des fonctions du processus central.

Le modèle de Cowan (1988) explique de façon assez succincte la manière de laquelle se combinent les différents processus. Cowan dit lui même que les différents types d'informations cohabitent dans la Mémoire à Court Terme, que les traitements divers sont dans le processus central sans que l'on puisse affirmer qu'une distinction ne soit nécessaire. L'avantage de son modèle est de saisir l'organisation du système en combinant quelques mécanismes spécifiques en composantes plus générales mais le fonctionnement de la Mémoire de Travail y est peu expliqué.

2 2 1 2 LA CONCEPTION D'ANDERSON.

Certains modèles séparent les processus de Mémoire à Long Terme et de mémoire immédiate mais ne font pas de la Mémoire à Court Terme et de la Mémoire de Travail des entités distinctes. La Mémoire de Travail y est conçue comme une capacité générale qui contraint les activités cognitives. La rétention à court terme de matériel dépend du système général de traitement de l'information. Les tâches de Mémoire à Court Terme et de Mémoire de Travail se partagent des ressources communes flexibles. Le modèle ACT (Contrôle Adaptatif de la Pensée) développé par Anderson (1976 ; 1983 ; 1993) est un modèle de représentation des connaissances qui décrit le stockage et l'organisation des informations dans la mémoire. Il n'y a pas de Mémoire de Travail dans le sens classique du terme mais le concept des limites de capacités est porté par le concept d'activation : la Mémoire de Travail correspond à la portion de mémoire déclarative au dessus du seuil d'activation.

Anderson et Bower (1973) ont proposé une représentation des connaissances dans un réseau d'associations sémantiques appelé HAM (Mémoire Associative Humaine). Le modèle

décrit comment sont organisées les connaissances sémantiques en Mémoire à Long Terme, l'objet de la Mémoire à Long Terme étant d'enregistrer des informations et de les rendre accessibles en cas de nécessité. L'idée de base est de représenter les idées complexes en termes de relations simples, une prémisse fondamentale des théories de l'associationnisme. Il s'agit de définir des propositions, c'est à dire des unités de connaissance minimales chargées de sens qui puissent être posées comme assertions ; concrètement, ces unités ressemblent à des phrases.

Anderson (1983) a proposé un modèle plus vaste, le modèle ACT* qui rend compte de l'organisation générale des connaissances notamment en intégrant en plus de la mémoire déclarative, un système de production et en définissant leurs interrelations et leurs relations au monde extérieur. Le système de production est semblable à la mémoire de procédures, c'est le "comment faire les choses". La mémoire déclarative est l'ensemble des connaissances dont nous disposons, c'est "ce que sont les choses". Anderson inclut implicitement la mémoire épisodique et la mémoire sémantique dans la mémoire déclarative. La représentation déclarative des connaissances accède au système sous forme de groupements ou d'unités cognitives qui peuvent appartenir à trois codes. Un code est dévolu au traitement de l'ordre des données, un autre aux représentations spatiales, le troisième au sens ou aux informations sémantiques, c'est le code abstrait. La Mémoire de Travail est l'ensemble des informations accessibles qui appartiennent au monde extérieur ou proviennent de la Mémoire à Long Terme, elle est l'interface entre le monde extérieur et les autres mémoires. C'est un processus actif au centre des processus de traitement qui permet également à des informations nouvelles d'être stockées dans la Mémoire à Long Terme déclarative.

Anderson (1993) affine sa conception en proposant le modèle ACT-R, système de production adapté à une réalisation optimale en fonction de la structure statistique de l'environnement. Anderson, Reder et Lebiere (1996) s'intéressent plus particulièrement aux limites de la récupération à partir de la mémoire déclarative : la somme des sources d'activations est une constante qui reflète la limite de la quantité d'attention qui peut être distribuée sur les objets source. L'activation réelle dépend des poids et des sources d'activation, la limitation des sources d'activation va donc l'influencer, de même qu'elle influencera la probabilité et la vitesse de récupération en Mémoire à Long Terme. Comme les ressources sont limitées, deux tâches concurrentes qui nécessitent des sources d'activation interfèrent l'une sur l'autre. Si le concept de Mémoire de Travail désigne la quantité de mémoire déclarative à laquelle ACT-R peut accéder rapidement et de manière fiable, alors les limitations sur les sources d'activation sous-entendent les limites de la Mémoire de Travail.

Dans les modèles que nous venons de décrire, un seul processus est impliqué dans les tâches de rappel simple et dans les tâches cognitives complexes. On fait l'économie d'un second processus mais on ne tient pas compte des contradictions trouvées dans les études de

corrélations et en psychologie du développement. Une autre critique peut être lancée : ces modèles restent souvent très généraux et le fonctionnement de la Mémoire de Travail a encore un caractère amphigourique.

2 2 2 DES RESSOURCES SPECIALISEES.

Pour rendre compte des données recueillies dans les différents domaines de la psychologie, certains modèles supposent que la mémoire immédiate bénéficie de ressources spécialisées. Ces ressources peuvent alimenter des processus eux aussi distincts, on aboutit à une approche modulaire de la mémoire immédiate (e. g., Monsell, 1984). Une autre conception moins parcellaire suppose l'existence de ressources spécifiques pour un processus unique (Brainerd et Kingma, 1985).

2 2 2 1 UNE CONCEPTION DISTRIBUEE.

C'est en rejetant d'emblée la traditionnelle assertion d'une mémoire immédiate cohérente et unique que certains auteurs soutiennent l'idée que les capacités de stockage temporaires sont distribuées sur des sous-systèmes dont l'appartenance au système cognitif est le seul caractère commun. Selon la classification de Roulin et Monnier (1996), la constatation que les corrélations entre les groupes de tâches sont déterminées par la nature de l'activité cognitive impliquée ou la nature des informations à traiter conduit des chercheurs comme Carpenter et Just (1989), Daneman et Tardif (1987), Monsell (1984), Reisberg, Rappaport et O'Shaughnessy (1984) à une approche spécifique et corrélationnelle. Comme on ne trouve pas de corrélations satisfaisantes entre tâches de Mémoire de Travail et opérations intellectuelles lorsqu'aucune analogie au niveau du matériel de base ou du traitement cognitif dans ces tâches n'existe, ces auteurs supposent que la réalisation de ces tâches relève de processus différents, et, partant, de modules de Mémoire de Travail indépendants hautement spécialisés. Ceci les conduit à refuser la conceptualisation d'une Mémoire de Travail unitaire, leur conception peut être plus ou moins éclatée selon qu'ils laissent une place plus ou moins réduite, voire inexistante à une capacité générale. Une conception des plus radicales est celle d'Allport (1980 a ; b) mais il semble difficile alors de parler encore de Mémoire de Travail.

Dans la littérature, l'hypothèse de processus de Mémoire de Travail multiples est déjà fréquente. Nous citons quelques exemples. Dans les tâches de rappel ordonné immédiat, la limite de l'empan est attribuée classiquement à la présence d'une mémoire tampon (en anglais, buffer) phonologique caractérisée par un déclin rapide, une vitesse de répétition limitée, et une sensibilité aux aspects phonologiques du matériel (Baddeley, 1976). Des processus

complémentaires sont postulés pour d'autres aspects du traitement de l'information verbale, comme un processus responsable de l'encodage de l'ordre et du groupement des unités lexicales (Besner et Davelaar, 1982), une mémoire tampon de production de paroles (en anglais, output buffer) pour les tâches de rappel sériel immédiat dans lesquelles le matériel a été présenté par voie visuelle (Baddeley, Thomson et Buchanan, 1975; Conrad, 1972), une mémoire sensorielle visuelle (Baddeley et Lieberman, 1980 ; Kosslyn, 1980) ou un processus de stockage temporaire spécifique aux entrées auditives utile lorsque le matériel est présenté par voie auditive (Broadbent, 1981 ; Crowder, 1976 ; Shallice et Butterworth, 1977).

Monsell (1984) reproche à Baddeley et à ses collaborateurs de ne postuler de processus supplémentaire que lorsque la nécessité les y oblige. Selon Monsell, la théorie des niveaux de traitement de Craik et Lockart (1972), en supposant un continuum de niveaux de représentation, aurait pu ouvrir une brèche pour un traitement éclaté de l'information puisque les représentations pouvaient être maintenues temporairement à tout niveau de traitement, les représentations sont déjà les produits du traitement dans cette théorie. Mais Craik et Lockart (1972), bien qu'ils proposent des niveaux de représentation multiples, ont supposé une mémoire primaire, processus unique et universel à capacité limitée, pour le maintien des informations courantes dans leur modèle, alors, pour Monsell, leur approche reste enfermée elle aussi dans une conceptualisation unitaire de la mémoire immédiate.

Monsell (1984) développe un point de vue qu'il qualifie de "capacités distribuées". Il part de l'idée que les processus cognitifs sont modulaires, éclatés sur des sous-systèmes. Les données de la neuropsychologie, en faisant apparaître des troubles très spécifiques après des lésions du cerveau localisées, consolident l'idée de parcellisation (Allport, 1980 a ; b ; Marshall, 1977). Dans cette conception issue du cognitivisme, les traitements fonctionnent sur des représentations qui ne peuvent être conçues sans supposer une forme de stockage : il faut des mémoires temporaires et des mémoires tampons entre les processus. Chaque module de traitement a des capacités de stockage spécifiques et intrinsèques et la Mémoire de Travail est un agrégat de capacités spécifiques.

Pour Monsell, les structures permanentes sont divisées en plusieurs domaines de représentation, on y trouve différents types d'unités reliées par différents types de relations et un réseau de relations unit également les structures permanentes des différents domaines. Tout processus doit accéder ou activer un ensemble de structures de connaissances présentes dans un ou plusieurs domaines. A partir de là, Monsell (1984) distingue deux types de représentations temporaires.

Les premières sont des activations persistantes : les unités qui sont activées pendant une période suffisante génèrent un pattern d'activation qui symbolise l'enregistrement temporaire des phénomènes qui viennent d'être traités. Cette configuration, mélange composite des traits qui sont activés souvent par plusieurs éléments à la fois peut servir de

base efficace dans les tâches de reconnaissance si les traces sont distribuées sur un nombre d'éléments suffisamment étendu (J. A. Anderson, 1973). Ces représentations de premier type expliqueraient en partie les performances aux tâches de reconnaissance et de rappel libre.

Les secondes sont des représentations de structures nouvelles. Elles se partagent en deux sous types. Les représentations de type IIa sont les répliques de symboles en provenance du stockage permanent maintenues dans un espace de représentation à capacité limitée. Les représentations de type IIb sont des représentations de structures nouvelles qui sont constituées de structures préexistantes auxquelles s'ajoutent de nouvelles unités ou relations étiquetées.

Pour répondre à la critique de son manque d'économie, Monsell rétorque qu'il ne fait qu'augmenter le nombre de sites de mémoire, pas le nombre de composantes de la fonction cognitive et que les données de la neuropsychologie vont également dans ce sens. Monsell (1984) ne laisse pas de place à la conscience qu'il considère comme un produit du traitement de l'information et non comme une composante propre. En revanche, il ne rejette pas totalement l'idée d'un processus de contrôle central : les conflits dans les tâches doubles seraient liés au partage des services des traitements exécutifs et non au partage des capacités de stockage. L'activité mnémonique distribuée est coordonnée et dirigée par un ou des processus exécutifs généraux capables de superviser les activités des autres processus et de les préparer pour des tâches particulières (Allport, 1980 a ; Baddeley, 1981 ; 1996). Pour que les traitements exécutifs puissent exercer un contrôle sur les paramètres de stockage temporaire des unités alors que le stockage temporaire est intrinsèque aux unités de contrôle spécialisées, les traitements exécutifs prolongeraient le stockage temporaire par un cycle de répétition du matériel à mémoriser. La répétition serait effectuée par un circuit de l'information entre deux domaines de représentation dont l'un au moins aurait des capacités de stockage disponibles et pourrait alimenter l'autre.

L'activation persistante de premier type serait automatique alors que les représentations de second type nécessiteraient l'intervention de traitements exécutifs. Les traitements exécutifs n'auraient pas de contrôle direct sur l'activation persistante des couches de stockage intrinsèques aux différents domaines mais elles pourraient utiliser ces couches pour prolonger le stockage d'informations en couplant les sous-systèmes dans un cycle de répétition.

L'intérêt de ce type de recherche est de procurer des ensembles de tâches qui corrèlent et de fournir ainsi une base pour tester des types de comportements mnésiques. Les groupes de tâches qui ne corrèlent pas sont supposés relever de processus indépendants. Même si cette hypothèse ne fait pas l'unanimité (Ehrlich et Delafoy, 1990 ; Kylönnen et Christal, 1990), cette approche se justifie aujourd'hui compte tenu du caractère partiel, donc

partial, des données dont nous pouvons disposer. Elle ouvre, selon Roulin et Monnier (1996), une perspective de recherche sur des aspects précis de la Mémoire de Travail dans des situations cognitives particulières.

2 2 2 2 LA THEORIE DES TRACES FLOUES.

On a vu que de nombreux faits expérimentaux invalident l'hypothèse d'un système monolithique. La première conception qui semble plausible est celle qui sépare les processus de Mémoire à Court Terme des processus de Mémoire de Travail (e. g., Klapp, Marshburn et Lester, 1983). Le processus de Mémoire à Court Terme est spécialisé dans le stockage et la récupération des informations encodées récemment, il soutiendra par exemple la performance dans les tâches de sondage. Le processus de Mémoire de Travail est spécialisé dans le traitement de l'information, il soutiendra par exemple la performance dans les tâches de raisonnement. L'indépendance stochastique entre les tâches de raisonnement et les tâches de remémoration s'explique par leur prise en charge par deux processus différents et par l'absence d'interaction entre eux, la structure même du modèle justifie l'indépendance. Pour Brainerd (1983), les modèles aux ressources complètement spécialisées sont rares (e. g., Allport, 1980 a ; b), on trouve plutôt des conceptions avec un processus central qui gère les opérations (e. g., Monsell, 1984) ; ces modèles conservent une part de flexibilité des ressources.

Mais il paraît peu économique, si on a déjà une structure à capacité limitée, d'en supposer une seconde. Aussi, pour préserver l'hypothèse d'un processus unique dans un contexte qui soutient plutôt les thèses multiplicatives, Brainerd et Kingma (1985) postulent la présence de traces différentes encodées à partir d'un même matériel. Ils développent la théorie des "traces floues" (en anglais, fuzzy-trace theory) avec une mémoire immédiate unique bénéficiant de la présence de types de traces mnémoniques différentes.

Dans leur interprétation, l'indépendance s'explique par des différences de fonctionnement et non de structure. Leur postulat de base est la présence d'un processus unique de mémoire immédiate qui prend en charge les différents types de tâches avec des ressources hautement spécialisées pour l'exécution des fonctions de stockage spécifique, de remémoration et de traitement. Dans les expériences, deux types de traces du matériel sont encodées : le premier type d'informations est constitué par des informations détaillées qui servent de base pour les réponses dans les tâches de rappel explicite comme le sondage, par exemple, alors que le second type d'informations est constitué par des informations dégradées mais qui sont l'essence même de l'information, la substance stricto sensu, et qui servent de base dans les tâches de traitement des informations. L'indépendance stochastique entre les tâches de raisonnement et les tâches de remémoration s'explique par un fonctionnement différencié du système et non par la présence de processus différents et indépendants. Cette

conception se démarque radicalement des conceptualisations classiques de la Mémoire de Travail dans lesquelles les ressources sont considérées comme flexibles en ce qui concerne le stockage, la mémorisation et les opérations de traitement, flexibilité supposée permettre aux sujets d'optimiser leurs performances en fonction des nécessités variées des tâches. Ici, les ressources sont hautement spécialisées.

Dans la théorie des "traces floues", des aires de travail différenciées exécutent automatiquement les fonctions pour lesquelles elles sont spécialisées. Il n'est pas nécessaire de poser un processus général. Cette hypothèse semble plus économique que l'explication précédente car elle postule un seul processus avec des ressources spécialisées et ne nécessite pas d'Administrateur Central.

Les auteurs postulent l'existence de deux types de traces mais ils ne peuvent tester que la mémorisation des traces précises. On pourrait leur rétorquer que l'absence de corrélations obtenue est liée au fait qu'ils ne testent pas les bonnes traces et supposer, par exemple, que les corrélations seraient plus fortes entre la performance (si on pouvait la tester) aux traces floues qui sont le "combustible" des traitements de l'information et les performances de raisonnement. Partant, les expériences qu'ils ont mises au point pourraient ne pas être des tests sensibles des ressources catégorielles. Pour les auteurs, ce raisonnement est mauvais car la rétention des traces exactes qui est coûteuse et le traitement lui-même ponctionnent les mêmes ressources. Si le traitement de l'information opère sur des traces dégradées, c'est parce que la rétention de ces informations simples et schématiques est moins coûteuse (Brainerd et Kingma, 1984). Pour les auteurs, les corrélations ne peuvent donc être significatives qu'avec la mesure des traces exactes et non avec la mesure des traces dégradées.

Le modèle de Brainerd et Kingma est audacieux car il apporte une réponse assez satisfaisante aux contradictions du modèle unitaire tout en évitant la multiplication des sous-systèmes. On peut regretter qu'il ne détaille pas suffisamment le fonctionnement du système cognitif.

2 2 3 UNE STRUCTURE COMPOSITE COMME COMPROMIS ?

L'approche spécifique s'intéresse aux groupes de tâches et parcellise à l'extrême la mémoire (e. g., Monsell, 1984). L'approche générale définit une capacité générale mais n'explique pas toujours avec précision les résultats expérimentaux et les phénomènes observés en neuropsychologie (e. g., Cowan, 1988). Ces deux approches étayent les modèles hiérarchiques selon la classification de Roulin et Monnier (1996) qui présentent un processus

central aux ressources communes et flexibles définissant la capacité générale du système et contraignant l'ensemble des activités cognitives, plus des systèmes annexes de stockage temporaire plus ou moins indépendants aux ressources spécialisées rendant compte des disparités trouvées dans d'autres recherches. Nous allons présenter le modèle de Mémoire de Travail de Baddeley et Hitch (1974) et nous regarderons si une telle conception peut être préservée.

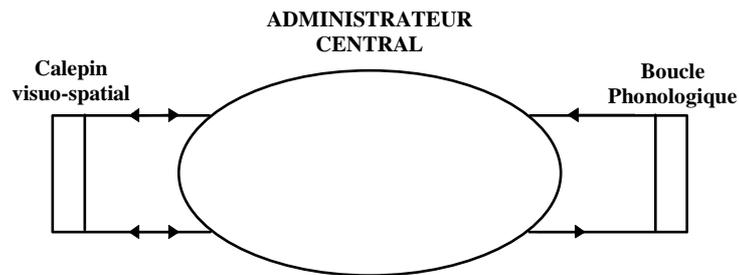


Figure 3 : Représentation schématique du modèle de Mémoire de Travail d'après Baddeley (1986)

Dans le modèle proposé par Baddeley et Hitch (1974 ; 1994), l'Administrateur Central (en anglais, Central Executive) est un processus gestionnaire aux ressources flexibles qui justifie l'approche générale de la Mémoire de Travail comme un espace de travail à capacité limitée. Les processus aux ressources spécialisés sont deux systèmes esclaves, la Boucle Phonologique et le V.S.S.P. (Visuo-Spatial ScratchPad ou Visuo-Spatial SketchPad) qui rendent compte de la performance dans des tâches simples.

La Mémoire de Travail, conçue dans le cadre de processus actifs et dynamiques, est impliquée dans les tâches d'apprentissage, de compréhension et de raisonnement. Dans le modèle initial (Baddeley et Hitch, 1974), l'Administrateur Central aux ressources flexibles se partage en fonction des besoins en matière de stockage et de coordination des tâches. Le stockage temporaire assuré par les systèmes esclaves aux ressources spécialisées soutient la proximité d'informations en état d'être évoquées rapidement tout en permettant au sujet d'effectuer des traitements cognitifs complexes. Ces informations comprennent le produit des analyses perceptives, les fragments actualisés de la Mémoire à Long Terme, le contrôle du traitement en cours de réalisation, les produits partiels des activités cognitives en cours qui peuvent être réinvestis ensuite, les plans nécessaires à la réponse.

Au cours de ce chapitre nous détaillerons les travaux qui concernent la Boucle Phonologique et nous ne parlerons pas du calepin visuo-spatial. L'objet de cette thèse étant la mémoire immédiate visuo-spatiale, les études du calepin seront détaillées dans le Chapitre III. Nous allons nous intéresser de prime abord au processus central.

2 2 3 1 L'ADMINISTRATEUR CENTRAL, UNE CAPACITE GENERALE AUX RESSOURCES DE MOINS EN MOINS FLEXIBLES.

L'Administrateur Central a souvent été un fourre-tout théorique servant à masquer les lacunes du modèle, ainsi, on a situé dans l'Administrateur Central tout procédé oeuvrant dans la Mémoire de Travail sans être intrinsèque à un processus spécifique (Baddeley, 1986). D'un point de vue heuristique, cette méthode a porté ses fruits, puisqu'elle a permis d'avancer dans la conceptualisation des sous-systèmes mais elle a jeté un voile obscur sur l'Administrateur Central lui-même.

L'Administrateur Central était au départ le coeur de la Mémoire de Travail, mais dans les publications plus récentes, il est réduit de plus en plus à un agrégat de ressources spécialisées.

A] UN PROCESSUS VRAIMENT CENTRAL.

L'Administrateur Central, au début des travaux de Baddeley, avait le rôle d'un superviseur dans la gestion des sous-systèmes esclaves dévolu à la sélection de stratégies et à l'intégration des informations de sources variées, il pouvait également subvenir aux besoins de stockage supplémentaires lorsque les sous-systèmes étaient submergés. C'était une structure générale, un homoncule qui donnait vraiment corps à la Mémoire de Travail comme système, parce qu'il préservait son unité. C'était sans doute sa principale raison d'être.

Il existe des liens entre les mesures aux tâches de Mémoire de Travail et les performances dans les tâches de compréhension. Par exemple, Daneman et Carpenter (1980) montrent que l'empan de lecture² corrèle avec des mesures de compréhension et les scores au Test d'Aptitude Scolastique Verbal. Les auteurs suggèrent que la capacité à traiter et à stocker des informations linguistiques détermine les capacités à traiter le langage. Turner et Engle (1989) trouvent des effets équivalents quand des opérations arithmétiques sont réalisées, il n'est donc pas nécessaire que la tâche de Mémoire de Travail implique du langage pour prédire la compréhension en lecture. La vitesse et l'efficacité des opérations cognitives en général seraient à la base des différences interindividuelles en Mémoire de Travail puisque les corrélations ne dépendent pas de compétences particulières aux tâches.

Les performances pourraient être expliquées par une capacité générale qui transcende les tâches spécifiques. Selon l'interprétation de Baddeley et Hitch (1974), il pourrait s'agir de l'Administrateur Central. Turner et Engle (1989), en s'appuyant sur les recherches de LaPointe et Engle (1988, cité par Turner et Engle, 1989) ne tranchent pas nettement, pour eux, la

² L'empan de lecture est une mesure d'empan de Mémoire de Travail constituée d'une tâche double de traitement de phrases et de maintien de mots. Les sujets doivent lire ou vérifier des phrases dont le dernier mot doit être retenu. A la fin de la phase de traitement, on leur demande de rappeler le dernier mot de chacune des phrases, tâche qui donne un empan situé entre deux et cinq.

Boucle Phonologique et l'Administrateur Central pourraient être impliqués conjointement dans les performances aux tâches de Mémoire de Travail. Néanmoins, les résultats expérimentaux soutiennent l'idée de l'existence d'un processus général à capacité limitée même s'il n'est pas seul impliqué dans les performances aux tâches complexes.

Le paradigme des doubles tâches soutient l'idée qu'un processus central peut coordonner les processus spécialisés et prendre en charge une partie du stockage, l'Administrateur Central jouerait ce rôle de gestionnaire des ressources (Baddeley, 1992 b). Les études de cette fonction se situent principalement dans le cadre de la neuropsychologie. Les hypothèses sont faites à partir d'un dysfonctionnement supposé relié à un déficit de l'Administrateur Central.

Les expériences de Baddeley, Logie, Bressi, Della Sala et Spinnler (1986) montrent que la capacité de coordination de tâches est déficiente chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer en plus du déficit substantiel classique en Mémoire à Long Terme épisodique dont souffrent ces patients. Les auteurs développent diverses expériences de tâches doubles. Ils combinent une tâche secondaire de poursuite qui consiste à faire suivre un point lumineux qui se déplace sur un écran à l'aide d'un crayon avec une tâche de suppression articulatoire, ou une tâche de réaction à un signal sonore, ou un empan de chiffres. La suppression articulatoire n'altère la performance dans aucun des groupes. Dans les autres tâches doubles, les patients atteints de la maladie d'Alzheimer ont des performances beaucoup plus détériorées que les sujets âgés non malades. L'interaction entre la chute des performances normale avec l'âge et la coordination de tâche indique que le problème de ces patients réside dans la coordination de tâches. Le vieillissement fait chuter la performance dans les diverses tâches mais si on a un critère de réussite ajusté, les études réalisées ne mettent jamais en évidence un effet de l'âge lorsqu'une coordination des tâches est requise (Salthouse, 1991). Les patients échoueraient dans les tâches multiples parce que la coordination des sous-systèmes serait déficiente chez eux. Cette fonction dépendrait de l'Administrateur Central, les patients atteints de la maladie d'Alzheimer montreraient un déficit de l'Administrateur Central. Baddeley et son groupe de travail développent une nouvelle tâche de poursuite (Della Sala, Baddeley, Papagno et Spinnler, in press cité par Baddeley, 1996) : les sujets doivent cocher successivement et le plus vite possible les cases d'une chaîne de cases carrées qui forment un parcours irrégulier. Après avoir évalué la vitesse de poursuite et l'empan de chiffres des sujets, les auteurs combinent les deux tâches avec des séries égales à l'empan et étudient les modifications des performances. En tâche double, on retrouve une diminution de la performance chez les patients plus marquée que chez les sujets contrôles. Ces résultats confirment que les patients atteints de la maladie d'Alzheimer ont beaucoup plus de difficultés que les sujets contrôles quand il faut coordonner deux tâches.

La maladie d'Alzheimer atteint les fonctions de coordination, il ne s'agit pas simplement d'une diminution de l'intelligence générale car lorsque l'on teste ces patients sur une tâche dont le degré de complexité peut être variable sans que la coordination ne soit plus importante, on trouve que la performance de ces patients diminue régulièrement avec l'évolution de la maladie mais qu'il n'y a pas d'interaction entre la difficulté de la tâche et l'évolution de la maladie (Baddeley, Bressi, Della Sala, Logie et Spinnler, 1991). Ces résultats expérimentaux soutiennent la dissociation de l'intelligence et de la Mémoire de Travail.

En neuropsychologie, il est admis que les désordres des fonctions exécutives sont associés à des troubles des lobes frontaux (Shallice, 1982 ; 1988) et l'étude des fonctions des lobes frontaux est parfois utilisée pour comprendre les traitements exécutifs (Duncan, 1986 ; Shallice et Burgess, 1991 ; 1993). Tout en n'acceptant pas ouvertement la thèse "localisatrice" trop réductrice qui ferait de l'Administrateur Central le processus situé dans les lobes frontaux, Baddeley et ses collaborateurs s'interrogent sur la base neurologique de la performance à leurs tâches de coordination en testant vingt-quatre patients qui souffrent de lésions frontales mais sont exempts de la maladie d'Alzheimer. Les données recueillies indiquent que tous les sujets ont des performances altérées dans les mesures cognitives standards, fluidité verbale et test de Wisconsin, dont la perturbation est associée à des lésions frontales (Nelson, 1976). Les sujets sont également évalués sur le syndrome comportemental (troubles de l'attention, tendance à la distraction, difficultés à saisir une situation dans son ensemble ou pour apprendre des choses nouvelles) fréquent chez les individus atteints de lésions frontales et sont classés en deux groupes selon qu'ils présentent ou non ce syndrome. Les sujets qui manifestent un trouble comportemental rencontrent des difficultés plus marquées quand ils doivent coordonner deux tâches que les sujets souffrant de dommages frontaux sans troubles du comportement. Cette séparation se retrouve dans une recherche de N. Alderman (cité par Baddeley, 1996) qui montre que la performance aux tâches doubles est corrélée avec la réussite à un régime de réhabilitation.

Les résultats des deux expériences que nous venons de citer vont dans le sens d'une forte association entre la performance réduite aux tâches doubles et les problèmes de comportement. Bien que le mécanisme intermédiaire ne puisse être défini avec précision, Baddeley suggère que l'adaptation sociale peut être le résultat d'une activité de coordination puisqu'elle implique la gestion de ses propres désirs ou intérêts et des contraintes du monde alentour qui sont souvent en contradiction.

La coordination des tâches est liée à et serait peut-être la source de la réussite à des tâches cognitives complexes, elle dépendrait donc de l'Administrateur Central, si l'on se réfère au modèle classique de Mémoire de Travail.

B] UN PROCESSUS QUI S'EPARPILLE.

Le rôle de l'Administrateur Central ne se limite pas à la seule fonction de coordination. Baddeley (1986) suppose déjà une fonction régulatrice, puis sa conception devient de plus en plus éclatée (Baddeley, 1996).

L'Administrateur Central comme superviseur.

Dès 1986, Baddeley essaie de spécifier l'Administrateur Central et considère que la fonction de superviseur peut être reliée au contrôle de l'activité.

Schneider et Schiffrin (1977) qui s'intéressaient au rôle du savoir-faire dans le contrôle de l'action ont développé une expérience d'automatisation d'une tâche complexe qui donne un exemple du contrôle attentionnel du comportement. Une tâche complexe comme détecter les syllabes du début de l'alphabet et rejeter les autres peut, par apprentissage, devenir automatique, on a alors des réponses rapides et précises et une diminution de la sensibilité à l'interférence et au nombre de distracteurs. Mais lorsque l'on essaie, après l'automatisation de la tâche, d'empêcher que le stimulus provoque la réponse qui lui a été associée, on se heurte à une difficulté, l'impossibilité d'éviter le comportement acquis ; par exemple, les sujets ont beaucoup plus de difficultés que des sujets contrôle à apprendre à donner des réponses inverses.

A travers cette expérience, on voit qu'une tâche qui fait de lourdes demandes attentionnelles, supposée de ce fait dépendre des fonctions centrales, peut devenir automatique, elle demande peu de ressources attentionnelles et on peut supposer qu'elle occupe moins l'Administrateur Central. Mais le concept d'automaticité tel qu'il a été développé par Schneider et Schiffrin (1977) n'est pas assez souple, c'est un peu la loi du tout ou rien, il ne peut pas rendre compte du fonctionnement flexible de l'Administrateur Central.

Un autre modèle de contrôle de l'activité cadre bien avec le modèle de Mémoire de Travail, celui de Norman et Shallice (1980). En particulier le Système d'Attention Superviseur (S.A.S.) du modèle est un candidat pour l'Administrateur Central.

A l'origine du modèle de contrôle de l'activité se trouvent les intérêts de Norman pour les actes manqués dans la vie quotidienne, situations où un programme d'action inadapté est lancé (comme de prendre machinalement un chemin habituel quand on doit faire un détour), et ceux de Shallice pour les patients souffrant d'un syndrome frontal. Les lobes frontaux jouent un rôle crucial dans la planification, l'organisation et le contrôle de l'activité, ces patients présentent des troubles attentionnels, une tendance à la distraction, des difficultés à aborder un problème difficile dans son ensemble, une incapacité à apprendre à réaliser des tâches nouvelles alors que les situations familières sont appréhendées correctement.

Le modèle de Norman et Shallice est schématisé dans la figure 4.

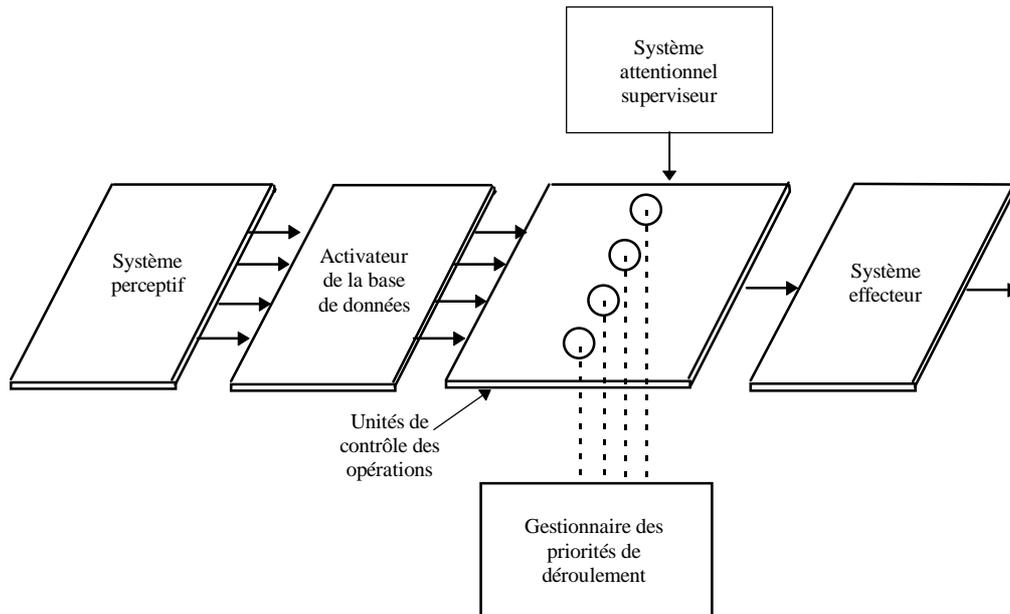


Figure 4 : Version simplifiée du modèle de Norman et Shallice (1980), d'après Shallice (1982).

La première voie, horizontale, intervient lorsque des compétences bien rodées entrent en action, l'activité se déroule relativement automatiquement. Le gestionnaire des "priorités de déroulement" prend les décisions au premier niveau. Le contrôle volontaire et actif du sujet n'est pas indispensable. On est proche ici du concept d'automatisation développé par Schneider et Shiffrin (1977). Si ce processus automatique est débordé, le S.A.S., prend la relève. Il peut interrompre et modifier un comportement en cours, intervenir dans la planification, la prise de décision, les situations dans lesquelles les traitements automatiques rencontrent des difficultés, quand des actions nouvelles ou peu acquises sont impliquées, inhiber des comportements surentraînés. Le S.A.S. assimilé à la volonté du sujet se caractérise également par une capacité limitée. Selon ce modèle, les patients de neuropsychologie montrant une perte de contrôle du comportement souffrent d'un trouble dans le fonctionnement du S.A.S.

Le modèle du S.A.S. de Norman et Shallice (1980) explique des résultats expérimentaux sur la génération d'items au hasard (Baddeley, 1966 b ; Baddeley, Emslie, Kolodny et Duncan, en préparation, cité par Baddeley, 1996). Quand les sujets doivent produire des lettres au hasard, des facteurs comme la durée de la tâche, l'augmentation de la vitesse de génération des items ou le nombre d'alternatives possibles influencent la performance. Ces difficultés se manifestent soit par la répétition fréquente des mêmes lettres, soit par l'émission de stéréotypes comme des abréviations (SNCF, T.G.V.) ou des portions de l'alphabet (Baddeley, 1966 b). Ces résultats reflètent la capacité limitée du système chargé de cette activité. Dans le cadre du modèle de Norman et Shallice (1980), le sujet possède déjà des

séquences toutes prêtes (l'alphabet, les sigles, ...) qui auront tendance à être produites par la première voie. Mais il ne doit pas se laisser aller à utiliser ces séquences toutes faites puisque la consigne est une production aléatoire. Le S.A.S. est dévolu à cette tâche attentionnelle, quand la vitesse est trop rapide, il ne peut éviter l'invasion par les séries programmées d'avance.

Baddeley et ses collaborateurs développent une tâche de génération au hasard d'items spatiaux : il s'agit de presser les clés d'un tableau qui comporte dix clés correspondant à chacun des doigts (Baddeley et al, en préparation, cité par Baddeley, 1996). Si le taux de hasard à la génération d'items spatiaux est moindre par rapport à celui des items verbaux, en revanche on retrouve l'influence de la vitesse de génération sur le taux de hasard et sur le nombre de stéréotypes. La génération au hasard d'items spatiaux présente donc des caractéristiques similaires à celles de la génération au hasard d'items verbaux.

En combinant la génération au hasard d'items spatiaux avec diverses tâches ayant un coût attentionnel plus ou moins important, Baddeley et ses collègues trouvent que la performance diminue avec le coût de la tâche interférente. La suppression articulo-motrice reste sans effet sur la génération au hasard mais une tâche de fluidité verbale et surtout le test d'intelligence fluide AH3 (Heim, 1975), tâches qui reposent sur des traitements attentionnels (e. g., Baddeley et Wilson, 1988), provoquent une perturbation plus importante. Ainsi, la perturbation de la performance évolue avec le coût de la tâche interférente. Ces résultats vont dans le sens d'un processus général pour Baddeley qui interprète le fait que deux tâches interfèrent comme la preuve qu'elles dépendent de ressources communes. Ce processus aurait des capacités limitées car l'interférence augmente parallèlement au coût de la charge concurrente.

Coupler les deux tâches de génération au hasard conduit à un degré d'interférence similaire à celui de la réalisation de doubles tâches courantes. Ces résultats sont intrigants, on pouvait s'attendre à une impossibilité quasi totale de réaliser la tâche puisque les deux générations au hasard dépendent fortement des fonctions exécutives. Pour expliquer ce paradoxe, Baddeley puise dans le modèle S.A.M. de Raaijmakers et Shiffrin (1981) l'idée que le temps de passage d'un plan de recherche à un autre jouerait un rôle dans l'évolution du taux de hasard inverse à celui de la vitesse. Les limites dans la vitesse de production gênent les changements de plan et les réponses deviennent stéréotypées, tout ce qui gêne cette gymnastique mentale accroît le degré de redondance.

Pour tester le coût du changement de stratégie, Baddeley et ses collaborateurs développent une tâche verbale proche du Trail Making Test de la batterie de Halstead-Reitan, tâche dans laquelle il s'agit de relier en alternance des lettres et des chiffres. Dans l'épreuve développée par Baddeley, les sujets doivent réciter l'alphabet et compter à la vitesse d'un item par seconde en alternant lettres et chiffres (A-1-B-2-C-3, etc.). Cette tâche nécessite peu de mémoire mais beaucoup de changements de plan. Comme on pouvait s'y attendre, elle

interfère avec la génération au hasard d'items spatiaux. L'hypothèse du rôle du coût du changement de plan semble plus plausible que celle de la charge de mémoire elle-même.

La génération au hasard pourrait puiser dans les ressources centrales par la nécessité constante de changements de plans qu'elle implique, que cet effet soit dû à la nécessité de changer de stratégie, au problème de l'accès à de nouvelles stratégies, ou au contrôle de sortie des réponses.

L'attention sélective.

L'attention sélective, c'est à dire la capacité de focaliser son attention sur un type d'information tout en faisant abstraction du reste est une autre fonction générale qui pourrait dépendre de l'Administrateur Central ou d'un sous-système de celui-ci. Cet aspect des fonctions exécutives n'a été étudié qu'au travers des effets du vieillissement. Le vieillissement étant considéré comme une variable qui influence les capacités de traitement, des études comparatives entre des adultes jeunes et des personnes âgées ont été faites. Nous allons voir que certaines mauvaises performances pourraient être liées à une baisse d'efficacité de l'attention sélective.

Les personnes âgées réalisent les tests de Mémoire à Court Terme standard avec des performances satisfaisantes : l'effet de récence en rappel libre est relativement bien conservé et l'empan standard connaît un très léger déclin mais la performance reste correcte (Spinnler, Della Sala, Bandera et Baddeley, 1988). En revanche, certaines tâches se montrent sensibles au vieillissement. Broadbent et Gregory (1965) donnent l'exemple d'une tâche d'écoute dichotique d'un mélange de chiffres et de lettres. Lorsqu'on demande au sujet de rappeler d'abord une catégorie d'items puis l'autre, la performance à la série rappelée en dernier est nettement plus affectée chez les personnes âgées que chez les adultes jeunes. Talland (1965) propose la tâche du mot manquant. On présente aux sujets une liste de mots, ensuite, les mots sont redonnés en désordre sauf un des mots qui manque. La tâche des sujets consiste à rappeler tous les mots en plaçant le mot absent de la seconde liste en dernier. Le vieillissement affecte la performance à cette tâche. Il semble donc que c'est lorsqu'une réorganisation active du matériel est nécessaire que les personnes âgées éprouvent des difficultés. Baddeley (1986) fait l'hypothèse d'un déficit plus spécifique de la Mémoire de Travail chez les personnes âgées.

Mais ce qui rend toute synthèse difficile c'est l'inconsistance des données issues de la littérature à tel point que les performances semblent dépendre de la nature exacte de la tâche à accomplir (Craik, Anderson, Kerr, et Li, 1995, pour une revue). D'autre part, de nombreuses fonctions physiques et cognitives subissent les outrages du temps, ce qui empêche toute interprétation univoque sur la sensibilité d'un type de tâche donné à la variable âge. Certains

chercheurs ont tenté de cerner l'essence du déficit lié à l'âge en focalisant leurs recherches sur des mesures de l'intelligence générale (Rabbitt, 1983), la vitesse de traitement (Salthouse, 1991), ou la capacité d'inhibition (Hasher et Zacks, 1988). Baddeley (et al, 1996) choisissent de faire une mesure de l'intelligence et de la vitesse de traitement et de les utiliser dans une analyse multivariée afin de rechercher si les performances à une tâche qui nécessite de l'attention (tâche de réaction à un stimulus) révèlent des déficits qui ne soient attribuables ni à une réduction de l'intelligence générale, ni à une diminution de la vitesse de traitement ; une quête fructueuse démontrerait les aspects multiples de l'Administrateur Central en opposition avec sa conception unitaire.

La demande attentionnelle de la tâche de réaction est manipulée (présentation, dans une modalité sensorielle différente de la cible ou dans la même modalité, de stimuli non pertinents à ignorer ou interversion des cibles et des distracteurs). Les personnes âgées sont significativement plus lentes que les adultes jeunes. Elles ont également des performances inférieures dans les tests d'intelligence fluide (Cattell et Cattell, 1960). Quand les stimuli sont présentés dans des modalités différentes, si le quotient intellectuel est utilisé comme covariable, les différences liées à l'âge ne sont pas significatives. Quand les distracteurs sont de même nature que les stimuli cibles, la performance est globalement inférieure aux précédentes, la performance des personnes âgées est inférieure à celle des adultes jeunes mais, cette fois-ci, la différence persiste même lorsque le quotient intellectuel est utilisé comme covariable. Cette sensibilité différentielle aux stimuli infirme l'hypothèse d'un effet du vieillissement relié simplement à un ralentissement général du traitement de l'information ou une dégradation de l'intelligence fluide. En revanche, les résultats n'excluent pas l'hypothèse posée par Hasher et Zacks (1988) d'une capacité d'inhibition réduite par le vieillissement.

Bien que le rôle de l'inhibition ne soit pas encore bien déterminé, on peut supposer qu'elle apporte une aide substantielle pour monopoliser les capacités attentionnelles sur le matériel pertinent. Quand les stimuli sont présentés dans la même modalité, les personnes âgées traiteraient davantage les stimuli non pertinents que les adultes jeunes car la distribution de l'attention serait plus large. En revanche, quand les stimuli appartiennent à des dimensions différentes, les distracteurs tomberaient en dehors du foyer attentionnel pour tous les sujets. L'activation de l'inhibition semble relever des processus attentionnels, elle relèverait donc de l'Administrateur Central.

Les études de neuropsychologie montrent une grande disparité interindividuelle qui laisse supposer la présence de multiples sous-systèmes plutôt qu'un processus de contrôle unique (e. g., Shallice, 1992). Baddeley (1992 b) a suggéré qu'une partition semblable ne peut être exclue pour l'Administrateur Central. Baddeley (1996) analyse les traitements exécutifs et considère de plus en plus que ces fonctions sont indépendantes. Ces fonctions dépendraient

d'administrateurs en réduction indépendants et seulement en interaction les uns avec les autres. Par ailleurs, dans les recherches les plus récentes, Baddeley a laissé de côté la fonction stockage de l'Administrateur Central postulée au départ (Baddeley et Hitch, 1974) sans dire clairement s'il fallait abandonner cette idée ou simplement l'écarter pour simplifier le modèle.

Mais nier l'homogénéité de l'Administrateur Central revient à faire perdre au modèle de la Mémoire de Travail son aspect unitaire, amène la disparition de l'Administrateur Central lui-même et, à plus ou moins long terme, celle de toute la Mémoire de Travail.

2 2 3 2 LA BOUCLE PHONOLOGIQUE, UN PROCESSUS SPECIALISE ?

Les systèmes esclaves sont des processus spécialisés dans le maintien d'un type de matériel. Dans le modèle originel, ils sont au nombre de deux, la Boucle Articulatoire et le V.S.S.P. (Baddeley et Hitch, 1974). Ces processus sont chargés du maintien et du rafraîchissement du matériel verbal pour la première et du maintien du matériel visuo-spatial pour le second. La mémoire immédiate visuo-spatiale étant l'objet principal d'étude de cette thèse, nous présenterons les études du V.S.S.P. dans le chapitre consacré à la Mémoire de Travail visuo-spatiale, aussi, nous limiterons nous, dans cette section à la présentation du processus dévolu au matériel verbal qui de Boucle Articulatoire est devenu Boucle Phonologique.

L'explication de ce changement de terminologie tient au fait que le premier terme employé laissait supposer une intervention directe des processus articulatoires alors que des études sur des patients souffrant de dysarthrie et d'anarthrie congénitale font plutôt penser que le langage intérieur ne dépend pas des muscles périphériques impliqués dans l'articulation (e. g., Wilson et Baddeley, 1988). Nous emploierons toujours le terme de Boucle Phonologique.

A] LES APPORTS DE LA NEUROPSYCHOLOGIE.

Les composantes du système ont été mieux connues par le biais des études de neuropsychologie.

Le cas K.F. étudié par Shallice et Warrington (1970) présente un empan de mémoire limité avec, par ailleurs, un langage et un apprentissage à long terme normaux, un effet de récence en rappel libre réduit et une sensibilité aiguë à l'interférence. Sa performance en mémoire visuelle est meilleure. Pour les auteurs, ces résultats reflètent un déficit de l'unité d'entrée phonologique à court terme.

Vallar et Baddeley (1984 a) analysent les performances d'une patiente P.V. qui souffre d'un déficit spécifique de la Mémoire à Court Terme verbale. P.V. souffrait d'une atteinte cérébrale accidentelle dans l'hémisphère gauche. Elle présentait une vitesse d'articulation et une écriture normales ainsi qu'une émission verbale fluente (Vallar et Baddeley, 1984 b). Son déficit semblait limité à la Mémoire à Court Terme verbale. Lorsqu'on

lui présentait des stimuli dans la modalité auditive, P.V. avait une performance extrêmement basse sensible à la similarité phonologique mais non sensible à l'effet longueur de mots. Lorsqu'on lui présentait des stimuli dans la modalité visuelle, la performance de P.V. était meilleure mais elle n'était influencée ni par l'effet longueur de mots, ni par la similarité phonologique, ni par la suppression articulatoire. Vallar et Baddeley (1984 a) ont interprété ce pattern de résultats de la façon suivante. L'unité de stockage phonologique ne serait pas complètement inopérante mais déficiente, ce qui expliquerait la performance assez basse de P.V. à l'empan de mémoire auditive. Comme on a supposé que l'unité de stockage phonologique gardait une certaine efficacité, elle contribue à la performance et on retrouve donc l'effet de similarité phonologique. P.V. n'utiliserait pas le mécanisme de répétition subvocale car il ne servirait à rien de rafraîchir le contenu d'une unité aussi déficiente, ce serait la raison pour laquelle on ne trouve pas d'effet longueur de mots chez cette patiente et que les stimuli visuels n'atteignent pas le registre de stockage. Le fait que la performance de P.V. soit meilleure en présentation visuelle et son absence de sensibilité aux phénomènes classiques laissent penser qu'un processus de Mémoire de Travail existerait pour soutenir la rétention à court terme du matériel visuel. Nous rejoignons ici l'hypothèse d'une mémoire tampon visuelle. Mais nous restons perplexes sur les interprétations de Baddeley car si le mécanisme de répétition n'est pas défectueux, nous ne voyons pas pourquoi la patiente ne l'utiliserait pas pour rafraîchir les stimuli qui se trouvent dans le registre de stockage même si leur nombre est très réduit.

B] LE MODELE DE LA BOUCLE PHONOLOGIQUE.

La Boucle Phonologique a été longuement étudiée. C'est un système relativement passif qui stocke le matériel verbal ou prononçable de manière ordonnée. La Boucle Phonologique a deux composantes, une unité de représentation et un mécanisme de contrôle. L'unité de stockage phonologique contient temporairement des informations mais ne peut plus les récupérer au delà d'une seconde et demie environ, ce qui reflète la durée limitée de l'activation des informations dans cette unité. Les stimuli présentés oralement y accèdent directement. Dans cette unité, les informations sont stockées sous forme phonologique c'est à dire ni visuelle ni sémantique.

La figure 5 schématise la structure de la Boucle Phonologique.

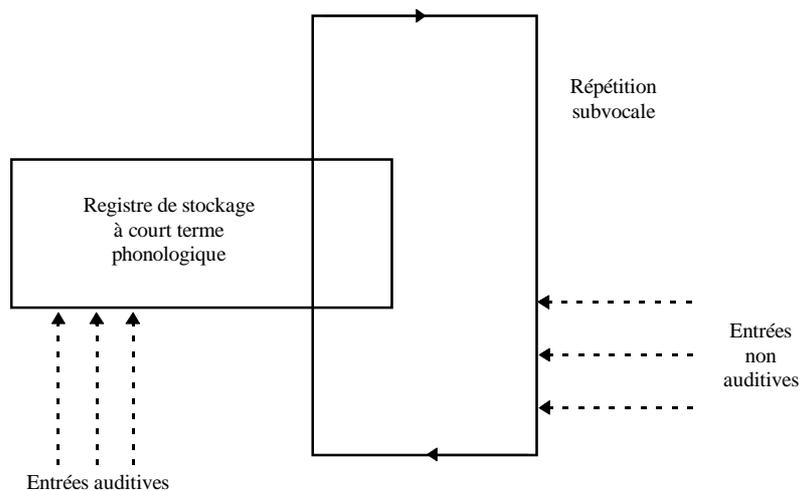


Figure 5 : Le modèle de la Boucle Phonologique d'après Baddeley (1986).

Le mécanisme de contrôle articulaire rafraîchit les traces mnésiques contenues dans l'unité de stockage phonologique par une sorte de lecture continue qui les renvoie dans le registre de stockage. Ce processus convertit aussi les stimuli écrits ou les images en code phonologique de façon à ce qu'ils puissent être stockés dans l'unité de représentation. On peut imaginer une sorte de bande son qui boucle dans un intervalle de une à deux secondes. Ceci rend compte du nombre limité d'informations qui peuvent être contenues en même temps et c'est un facteur essentiel pour expliquer la performance. On parle de répétition "subvocale".

Cette architecture à deux composantes rend compte de phénomènes expérimentaux fréquemment rencontrés comme l'effet de similarité phonologique ou l'effet longueur des mots liés à la structure même du matériel utilisé. Elle est soutenue par l'effet d'interférences comme l'écoute inattentive ou l'articulation concurrente. Les découvertes de la neuropsychologie soutiennent également cette division puisqu'on trouve des patients dont les déficits correspondraient à l'une ou l'autre des deux composantes de la Boucle Phonologique. Dès lors, il a été supposé un recouvrement entre le processus de mémoire verbale à court terme et le système dévolu au traitement et à la production de la parole. Cette assertion est restée la toile de fond de toutes les études de la Boucle Phonologique.

Un processus basé sur la réponse.

La Boucle Phonologique a été considérée comme un processus basé sur la réponse en raison de la présence de deux effets en mémoire immédiate verbale qui se trouvent correspondre à des caractéristiques de la parole, l'effet de similarité phonologique et l'effet longueur de mots.

Les items proches sur le plan phonologique comme "b, d, t" ou "mad, map, man, can" sont moins bien rappelés que les items non similaires sur le plan phonologique comme "k, z,

h", même s'il sont proches au niveau sémantique, comme "huge, long, tall, big" ou proches au niveau orthographique comme "rough /raf/, dough, /deou/, bough /baou/, through /□rou/" (Baddeley, 1966 c). Ces résultats indiquent que la performance de mémoire immédiate verbale n'est pas sensible aux aspects de similarité orthographique ou sémantique. Conrad et Hull (1964) ont montré que cet effet de similarité existait avec du matériel présenté visuellement. Ceci soutient l'idée que le phénomène, appelé effet de similarité phonologique, n'est pas lié à des confusions auditives.

Les effets perturbateurs de la similarité phonologique sur la performance de mémoire immédiate s'expliquent dans le modèle de Mémoire de Travail par une perturbation du registre phonologique. Les items verbaux y seraient stockés sous une forme phonologique, forme qui facilite la confusion quand les sonorités sont semblables. Salamé et Baddeley (1982) ont suggéré que les représentations phonologiques des items mnémoniques sont exposées à une perte partielle de leurs traits, donc des phonèmes, par le déclin ou l'interférence. L'effet plus drastique de l'interférence par des stimuli proches sur le plan phonologique s'expliquerait par le fait qu'il y aurait moins de traits qui permettent de discriminer les items similaires, une perte partielle serait plus délétère quand elle se produit sur un nombre de traits réduit³.

La performance de mémoire immédiate est influencée par la longueur des mots, on retient moins de mots longs (de cinq syllabes, par exemple) que de mots d'une syllabe (Baddeley, Thomson et Buchanan, 1975). Ce phénomène appelé effet longueur de mots se produit quel que soit le mode de présentation (auditif ou visuel), il serait lié à la durée d'articulation des items et non à leur nombre de syllabes. Le fait que le facteur déterminant soit la durée réelle de prononciation des mots et non le nombre de syllabes a été testé dans la langue anglaise qui comporte des voyelles courtes et des voyelles longues, expérience plus difficile à réaliser dans la langue française car cette différence n'existe pratiquement pas (Baddeley et al, 1975 ; Ellis et Hennessey, 1980 ; Naveh-Benjamin et Ayres, 1986). Le temps de lecture des stimuli corrèle aussi fortement ($r = .685, p < .005$) et de manière linéaire avec le niveau de performance de mémoire (Baddeley et al, 1975).

Ce phénomène dépendrait du processus de répétition subvocale supposé fonctionner en temps réel. Les mots les plus courts à produire sont aussi les plus courts à répéter, tant au niveau subvocal qu'au niveau de la prononciation à haute voix. Si les mots sont longs, le mécanisme en rafraîchit moins et le contenu de l'unité de stockage phonologique sensible au déclin perd plus de stimuli. Les représentations seront de plus en plus sensibles au déclin au fur et à mesure que leur longueur augmentera.

³ Par exemple, perdre le phonème /t/ du mot "TAS" rend ce mot impossible à discriminer des mots "BAS" ou "CAS" mais pas des mots "SON" ou "LIE". Cette difficulté de discrimination est supposée se produire au moment de la récupération (Baddeley, 1966 a, c).

Deux interférences spécifiques à l'appui du modèle.

Les investigations de la Boucle Phonologique ont été largement aidées par la présence de tâches interférentes de choix, la suppression articulatoire et l'effet de stimuli non pertinents.

La présentation d'un flux de paroles non pertinent durant la présentation du matériel perturbe la mémorisation de stimuli verbaux (Colle et Welsh, 1979). Cet effet se produit quel que soit le mode de présentation des stimuli. Des études complémentaires de Salamé et Baddeley (1982) montrent que le rappel d'une série de chiffres est perturbé par l'audition d'un matériel verbal non pertinent bien qu'on annonce au sujet qu'il doit ignorer le message entendu. Les auteurs trouvent que lorsque les stimuli non pertinents sont similaires au matériel à retenir au niveau phonologique, la perturbation est plus marquée. La perturbation apportée par les stimuli non similaires est significative mais de plus faible ampleur. Lorsque le matériel de la tâche interférente est constitué de matériel similaire à celui de la tâche principale ou de pseudo-mots construits sur la même base phonologique l'effet est très drastique mais de manière similaire dans les deux cas. Le degré de similarité phonologique et non les aspects lexicaux ou sémantiques semblerait donc le facteur déterminant.

Ce phénomène appelé effet du discours entendu et non écouté (en anglais, irrelevant speech effect) soutient l'idée que les stimuli oraux accéderaient directement au registre de stockage phonologique. Cet accès provoquerait une interférence avec le matériel pertinent contenu également dans le registre et viendrait de ce fait provoquer une chute de la performance (Salamé et Baddeley, 1987 ; 1989). Nous pouvons souligner que les effets des stimuli non pertinents ont été étudiés sur la performance du rappel de l'ordre de stimuli et qu'il semble que des caractéristiques triviales puissent alors jouer un rôle majeur (e. g., Jones, Macken et Murray, 1993).

La technique de suppression articulatoire consiste à faire répéter au sujet des sons non pertinents simultanément avec une tâche principale. La prononciation continue de syllabes simples telles que "la, la, la" ou une suite de chiffres pendant une tâche de mémoire immédiate fait chuter la performance (Levy, 1971 ; Murray, 1968 ; Peterson et Johnson, 1971). Ce phénomène appelé suppression articulatoire se produit quel que soit le mode de présentation, auditif ou visuel, du matériel.

Ce phénomène pourrait être lié au fait qu'il empêche les sujets de répéter le matériel pertinent, il gênerait le fonctionnement du processus de répétition subvocale. En conséquence, le maintien des éléments qui se trouvent dans le registre phonologique ne serait pas assuré et la transformation des items visuels en code phonologique ne pourrait pas être réalisée (Baddeley, Grant, Wight et Thomson, 1975 ; Baddeley, Lewis et Vallar, 1984).

Mais la suppression articulatoire ne provoque pas une simple diminution de la performance, des effets particuliers apparaissent qui vont signer le fonctionnement de la Boucle Phonologique.

L'effet longueur de mots et la suppression articulatoire sont supposés dépendre tout deux du processus de répétition subvocale. Lorsqu'on les fait réaliser simultanément, l'effet longueur de mots disparaît quelle que soit la modalité de présentation des stimuli. La suppression annihile l'effet longueur de mots lorsqu'elle a lieu pendant la présentation et le rappel pour les stimuli présentés oralement (Baddeley et al, 1984) alors que la suppression pendant la seule phase de présentation suffit à annihiler l'effet longueur avec une présentation visuelle du matériel pertinent (Baddeley, Thomson et Buchanan, 1975). Ces résultats sont interprétés comme montrant que le processus de contrôle articulatoire est neutralisé par la suppression articulatoire, il n'y aurait alors plus de répétition subvocale donc pas d'effet longueur des mots puisque celui-ci est lié au seul fonctionnement du mécanisme de répétition.

Dans le modèle, l'effet de similarité phonologique est lié à des confusions dans l'unité de stockage phonologique. Il disparaît sous suppression articulatoire quand les items sont présentés visuellement mais pas quand ils sont présentés oralement (Baddeley et al, 1984 ; Levy, 1971 ; Peterson et Johnson, 1971). Ces résultats sont interprétés de la manière suivante. Sous suppression articulatoire, les items présentés visuellement ne sont pas convertis en code phonologique par le processus de contrôle articulatoire occupé à répéter le matériel non pertinent, il est donc normal que l'effet de similarité phonologique disparaisse. Mais lorsque la présentation est auditive, le matériel arrive directement à l'unité de stockage phonologique sans utiliser le processus de répétition, la performance est donc sensible à l'effet de similarité phonologique. Nous soulignons néanmoins que le matériel n'est pas rafraîchi dans ce cas, il devrait donc au moins se montrer sensible au déclin de la trace.

La suppression articulatoire annule l'effet du discours entendu et non écouté. Salamé et Baddeley (1982) expliquent ce phénomène de la façon suivante. En condition contrôle (sans articulation concurrente), le matériel pertinent présenté visuellement est codé sous forme phonologique, quand on présente un discours inattendu, celui-ci accède aussi à l'unité de stockage phonologique et en altère le contenu, comme on l'a vu. Avec suppression articulatoire, le matériel pertinent n'est pas codé sous forme phonologique, il repose sur une unité de stockage non phonologique. Le discours inattendu, quant à lui, accède toujours à l'unité de stockage phonologique mais il n'y perturbe pas le matériel qui se trouve ailleurs. En revanche, si la présentation est auditive, le discours non écouté fait diminuer la performance même sous suppression articulatoire puisque les informations ne peuvent être stockées sous une forme visuelle (Hanley et Broadbent, 1987).

Nous voyons que Salamé et Baddeley ne réussissent à expliquer leurs résultats expérimentaux qu'en ajoutant une unité supplémentaire au modèle initial, une mémoire

tampon visuelle. Cette unité ne serait utile que dans les cas extrêmes puisqu'elle semblait inopérante lorsque le discours inattendu perturbait la mémorisation de stimuli présentés visuellement (Colle et Welsh, 1979) ou lorsque la suppression articulatoire gênait la transformation des items visuels en code phonologique (Baddeley, Grant, Wight et Thomson, 1975 ; Baddeley, Lewis et Vallar, 1984), cas où elle aurait pu apporter une aide substantielle. L'arrivée à point nommé de cette unité de stockage visuelle à court terme nous donne l'impression d'un colmatage rapide du problème alors qu'une réelle révision du modèle de la Boucle Phonologique nous aurait paru souhaitable.

C] CRITIQUES DU MODELE DE LA BOUCLE PHONOLOGIQUE.

Les travaux de Jones (1993) remettent en cause le modèle qui semblait pourtant bien tourner de la Boucle Phonologique. Selon ce chercheur, tous les stimuli verbaux ont les mêmes caractéristiques fonctionnelles quelle que soit leur modalité d'entrée.

Jones (1993) utilise le protocole des stimuli entendus mais non écoutés (stimuli que le sujet est prié d'ignorer et qu'on ne lui demande jamais de rappeler) de Salamé et Baddeley (1982) pour montrer qu'il n'existe pas de filtre à paroles. On peut déjà s'interroger sur l'utilité d'un "filtre à paroles" si inefficace qu'il laisse passer les stimuli de langues étrangères inconnues (Colle, 1980 ; Jones, Miles et Page, 1990 ; Salamé et Baddeley, 1982) ou des paroles inversées (Jones et al, 1990). Pour Jones, l'organisation de niveau supérieur ne peut pas être impliquée, il fait l'hypothèse que l'organisation de bas niveau jouerait un rôle déterminant, à l'encontre de l'explication fréquente "C'est la faute de l'Administrateur Central" utilisée pour rendre compte des effets impossibles à expliquer par la théorie classique de la Mémoire de Travail autrement que par l'intervention de processus attentionnels.

A l'appui de leurs hypothèses, Salamé et Baddeley (1982) avaient trouvé qu'un même son répété ne produisait pas d'effet d'interférence sur la tâche de mémorisation. Mais il existe des faits expérimentaux contradictoires : les bruits modulés par l'amplitude provoquent une interférence (Jones et al, 1992 ; Salamé et Baddeley, 1989). Il semble donc que les paroles dans les stimuli non pertinents ne soient pas toujours nécessaires pour qu'il y ait interférence. D'autre part, les sons vocaux ne provoquent pas toujours l'effet d'interférence : une vocalisation bourdonnante ne fait aucun effet alors qu'une chanson en provoque (Morris, Quayle et Jones, 1987), une même syllabe répétée ou un son voyelle continu ne produisent pas d'effet interférent alors que seulement trois syllabes différentes provoquent un effet significatif (Jones, Madden et Miles, 1992). La présence de sons vocaux, dans les stimuli non pertinents, ne serait pas toujours une condition suffisante pour créer une interférence.

En cherchant les caractéristiques des sons qui sont responsables de l'interférence, Jones et ses collaborateurs vont démontrer que la segmentation, la limite physique des sons, joue un rôle (Jones, 1993 ; Jones, Madden et Miles, 1992 ; Morris et Jones, 1990 a ; b). Jones,

Macken et Murray (1993) montrent que les flux de sons qui provoquent un effet d'interférence sont faits d'éléments discrets. Des sons qui varient lentement par la fréquence sont entendus par des sujets dont la tâche est de retenir en ordre une série de sept consonnes présentées visuellement. Le flux non pertinent est soit continu, soit discontinu. Les résultats montrent un effet d'interférence significatif des sons discontinus, le silence semble donc une indication de segmentation. En revanche, un flux de paroles non pertinent ou une séquence de sons de paroles provoquent un effet identique qu'ils soient ou non séparés par des intervalles de silence. Pour Jones et ses collègues, les paroles sont segmentées parce qu'elles contiennent de manière intrinsèque des indications de transitions, les indications d'espacement et d'amplitude y sont corrélées. Pour en finir avec la notion de filtre passif, les auteurs montrent qu'un mécanisme actif est à l'origine de la segmentation des entrées. Ils remplacent le "silence" qui interrompait le son continu par un bruit toujours identique, donc qui ne peut pas provoquer lui-même d'interférence, et qui peut être soit très fort, soit de faible intensité. Le bruit fort, bien qu'il coupe le son, donne l'impression de couvrir un son continu, on parlera de "son continu induit". Le bruit faible coupe le son et le sujet perçoit distinctement que le premier son est discontinu. Jones et ses collaborateurs retrouvent l'effet d'interférence par le son discontinu mais pas d'effet d'interférence par le son continu induit. Il semble donc qu'un processus perceptif actif organise les entrées en événements et objets séparés, la seule présence de paramètres des stimuli n'étant pas suffisante en soi. Ces processus détecteraient les changements corrélés dans des paramètres particuliers des signaux. Tout signal serait sujet à ces traitements. Le matériel verbal porterait en lui un aspect multidimensionnel, les changements en fréquence et en amplitude y seraient corrélés au niveau temporel. L'effet des stimuli non pertinents ne peut être lié à un échec des processus attentionnels puisque le sujet est prié d'ignorer les stimuli auditifs alors qu'il est engagé sur une tâche de mémorisation d'items, l'organisation des flux et des événements semble donc se produire au niveau préattentif (Jones et al, 1993).

L'importance de l'effet de matériel non pertinent était supposée liée au degré de similarité phonologique entre les stimuli à ignorer et les items à rappeler (Salamé et Baddeley, 1982 ; 1989 ; Gathercole et Baddeley, 1993) mais elle pourrait être expliquée également par le phénomène d'état changeant. Jones et Macken (1995) testent deux conditions interférentes, l'une utilise des syllabes différentes tant sur le plan phonologique que sur le plan lexical, l'autre des syllabes identiques à tout point de vue à celles de la tâche principale. Les seules différences significatives que trouvent les auteurs sont liées à la vitesse de présentation du matériel non pertinent, ce qui leur permet d'expliquer que Salamé et Baddeley (1982) trouvaient un effet moins marqué pour les stimuli non similaires que pour les stimuli similaires car ils n'avaient pas contrôlé la vitesse de présentation du matériel. Enfin, le facteur

qui détermine le degré de perturbation est la similarité dans le flux et non la similarité entre les flux.

Quelques questions restent ouvertes sur les travaux de Jones comme le fait qu'il nous paraît étonnant que la présence de deux sons, bien que ceux-ci soient l'un et l'autre en état stable, ne provoque, par l'alternance de stimuli, d'effet de changement d'état dans l'expérience de Jones et al (1993). Néanmoins ces découvertes soulignent combien il faut être prudent dans la construction de protocoles expérimentaux, dans l'interprétation des résultats et dans l'élaboration de modèles.

CONCLUSIONS DU CHAPITRE 1

Nous avons pu voir que l'existence d'une mémoire immédiate verbale avait été mise en évidence tardivement. Au niveau fonctionnel, l'écologie de ce processus ne peut faire de doute car nous savons qu'au quotidien, il est souvent nécessaire de retenir avec précision une petite quantité d'informations pour un temps très court. La mémoire immédiate a très vite soulevé des polémiques car elle est un moyen de retenir à court terme des informations mais elle est aussi impliquée dans les tâches complexes qui nécessitent elles aussi un maintien à proximité d'informations en état d'activation.

Au niveau théorique, la conceptualisation de la Mémoire de Travail non seulement ne fait pas l'unanimité, la question de la nécessité de postuler deux processus de mémoire immédiate séparés ou un seul processus impliqué dans les situations de rappel explicite et de traitement n'a jamais abouti à un consensus, mais l'imperfection des modèles proposés ne nous permet pas d'en accepter pleinement un seul. Leur complémentarité renforce nos velléités et leurs divergences sont difficiles à embrasser d'un unique point de vue.

Il est plus économique de ne postuler qu'un système à capacité limitée. C'est ce que font les auteurs qui supposent un seul système pour toutes les opérations mnémoniques (e. g., Cowan, 1988). D'autres font l'hypothèse d'une mémoire subdivisée mais ne postulent qu'un seul processus de mémoire immédiate impliqué dans les tâches de rétention à court terme et dans les tâches complexes (e. g., Anderson, 1983). Ces conceptions paraissent plus écologiques que les modèles "à boîtes". Cette position est soutenue par des résultats expérimentaux comme ceux de LaPointe et Engle (1990) qui trouvent que l'effet longueur de mots se retrouve aussi bien dans une tâche de rappel simple supposée dépendre de la Mémoire à Court Terme que dans une tâche d'empan de lecture (Daneman et Carpenter, 1980) et dans

une tâche d'empan arithmétique (Turner et Engle, 1989) supposées dépendre de la Mémoire de Travail. Ces résultats questionnent les théories qui soutiennent que ces tâches différentes relèvent de processus différents, d'autant que les auteurs trouvent que les tâches d'empan simple prédisent toutes la performance à la compréhension de lecture (Verbal Scholastic Aptitude Test) avec des corrélations aussi élevées qu'avec les tâches complexes.

En revanche, de nombreux arguments soutiennent la dissociation des tâches de Mémoire à Court Terme et des tâches de Mémoire de Travail. Ces arguments sont issus de domaines aussi variés que la psychologie différentielle, la psychologie de développement et la psychologie expérimentale et cognitive. Pour tenir compte de ces données, certains auteurs postulent une distribution des fonctions mnémoniques sur tous les processus de traitement de l'information, on aboutit à un éclatement de la Mémoire de Travail (e. g., Monsell, 1984). D'autres restent plus économiques en ne postulant qu'un seul processus mais en supposant l'existence de traces différentes (e. g., Brainerd et Kingma, 1985).

A la recherche d'un modèle sur lequel on peut s'appuyer, il semble que le modèle hiérarchique de Mémoire de Travail de Baddeley et Hitch (1974) soit le plus heuristique qu'on puisse trouver actuellement, car si son défaut est de proposer des sous-systèmes chaque fois qu'une dissociation apparaît, en revanche, il ne feint pas d'ignorer les problèmes. On peut le concevoir comme un cadre dans lequel la recherche peut être prospère, même s'il présente encore de nombreuses imperfections.

Si la recherche s'est intéressée de prime abord à la mémoire immédiate verbale c'est qu'il paraissait plus évident que "quelque chose" fonctionnait pour retenir momentanément du matériel verbal. Les résultats expérimentaux et les recherches de neuropsychologie ont mis en évidence le fonctionnement spécifique de la mémoire immédiate dans les tâches verbales. Les informations qui peuvent être retenues sont en nombre limité. Un système de rafraîchissement basé sur la parole est supposé les maintenir. La rétention du matériel verbal est influencée par des caractéristiques inhérentes au matériel, comme la longueur des mots et la similarité phonologique. La performance est perturbée par la tâche interférente de suppression articulatoire et par la présentation de stimuli non pertinents dans la modalité auditive. Lorsque l'on couple caractéristiques et interférences, l'on obtient des effets très particuliers qui appuient la conception en deux registres proposée par Baddeley et Hitch (1974).

Mais au niveau fonctionnel, tout n'est pas parfait. Les travaux de Jones semblent remettre en cause la structure en deux modules de la Boucle Phonologique, faisant reposer les effets classiques sur l'intervention de processus de bas niveau (e. g., Jones, 1993). La suppression articulatoire, censée empêcher le fonctionnement du processus de répétition subvocale, n'élimine pas l'effet longueur de mots supposé également être une manifestation du fonctionnement du processus de répétition subvocale (LaPointe et Engle, 1990). Baddeley et ses collègues ont l'habitude, dans leurs expériences, d'utiliser un même ensemble limité

d'items dans chacune des séries et de demander un rappel ordonné (e. g., Baddeley, 1986). Or, LaPointe et Engle montrent que l'effet longueur de mots persiste sous suppression articulatoire quand on propose aux sujets des items différents à chacun des essais alors qu'il disparaît quand, classiquement, on propose des items appartenant à une série de faible étendue qui revient continuellement, et ceci même lorsque les auteurs contrôlent l'aspect concret des mots proposés. Le modèle de Baddeley ne permet pas d'expliquer ce phénomène. Une interprétation possible est que la Boucle Phonologique ne soit qu'une stratégie de codage basée sur l'activité et non une caractéristique structurelle (Reisberg, Rappaport et O'Shaughnessy, 1984). Selon ces auteurs, cette stratégie serait très efficace parce qu'elle serait beaucoup utilisée mais elle pourrait être remplacée par n'importe quelle autre stratégie plus adaptée à une tâche donnée. Ces hypothèses sont renforcées par les recherches en développement qui montrent, que bien qu'au niveau instrumental la répétition pourrait se mettre en place dès cinq ans puisque l'effet longueur de mots existe à cet âge lorsque les items sont présentés oralement, cette stratégie n'est spontanément utilisée que vers l'âge de six ou sept ans dans les tâches de Mémoire à Court Terme (pour une revue, Kail, 1984).

Baddeley et Hitch (1974) séparent les tâches en fonction du type de matériel à maintenir, ils séparent notamment les sous-systèmes dévolus à la mémorisation du matériel verbal et du matériel visuo-spatial. Les recherches sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale, qui intéressent particulièrement cette thèse seront présentées dans le dernier chapitre, mais, auparavant, nous allons nous pencher sur les recherches et les modèles de mémoire visuelle et d'imagerie mentale.

CHAPITRE 2

DE LA MEMOIRE VISUELLE A L'IMAGERIE MENTALE

Avant d'étudier plus précisément la Mémoire de Travail visuo-spatiale, nous nous penchons sur les travaux qui concernent l'étude de la mémoire visuelle et de l'imagerie mentale. Nous savons certes que l'intérêt des recherches de ce domaine n'est pas de fournir un modèle de maintien et de rafraîchissement tel qu'on cherche à le définir dans les travaux sur la Mémoire de Travail, néanmoins nous pensons puiser ici des données pour éclairer notre recherche sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale proprement dite.

1 LA MEMOIRE VISUELLE.

Le statut du concept d'image a évolué avec le temps. Depuis Platon et Aristote et jusqu'au milieu du XX^e Siècle, l'image mentale a été conçue comme une reproduction plus ou moins intense du réel. Les connaissances à ce sujet étaient tirées de l'introspection, on a étudié ce que l'on croyait être une copie figurative d'un vécu sensoriel à travers les contenus subjectifs conscients. Les études sur l'image ont traversé une période brillante à la fin du siècle dernier quand l'associationnisme prônait l'introspection comme vecteur de la connaissance de l'activité mentale car l'évocation imagée est une activité mentale fréquente et dont on peut facilement rendre compte verbalement. Galton (1883), par exemple, demande à des célébrités de son époque de décrire de mémoire la table de leur petit déjeuner comme s'ils la "voyaient dans leur tête". L'étude de l'image comme résidu de sensation a eu le vent en poupe jusqu'à l'arrivée des thèses béhavioristes qui rejetèrent en bloc les processus mentaux inobservables pour ne s'intéresser qu'à des comportements (e. g., Watson, 1913). Ce fut alors, pour l'image, la traversée du désert. Puis, elle fit une timide réapparition chez les néo-béhavioristes, sous les appellations édulcorées de "vision opérante" (Skinner, 1953), de "processus médiateurs non verbaux" (Osgood, 1953), de "sensations conditionnées" (Mowrer, 1960), ou de "réponses sensorielles conditionnées" (Staats, 1961) : les tenants du béhaviorisme ne refusaient plus de considérer l'existence d'événements intérieurs et leur rôle comme médiateurs dans les comportements. Dans le cadre théorique néo-béhavioriste, les recherches portèrent surtout sur le conditionnement. La théorie de C. E. Osgood (1953) appuya l'idée que la signification, capacité d'un signe (par exemple, un mot) à évoquer des réactions habituellement provoquées par le signifié (l'objet réel), se formerait grâce à des processus non verbaux. Dans la conception de Staats (1961), les réactions conditionnées à des stimuli réels pouvaient être conditionnées à des mots, stimuli pourtant neutres au départ. Mowrer (1960) admit l'existence d'une composante émotionnelle et d'une composante imagée séparées pour la signification des mots, les images seraient des représentations cognitives correspondant à tout ce que le sujet a appris des qualités sensorielles de l'objet lors de confrontations avec celui-ci.

Mais ce fut surtout grâce au cognitivisme que l'image réapparut au coeur de la recherche (e. g., Piaget et Inhelder, 1966). Les chercheurs de ce mouvement considérèrent l'image comme le produit d'une activité symbolique d'une nature différente des perceptions et

non plus comme une forme résiduelle de la sensation et on tenta de mesurer objectivement l'image par des procédures qui pouvaient être reliées à la performance (e. g., Paivio, 1971). De plus, les processus d'imagerie se virent dotés d'un caractère actif, l'image fut considérée comme une construction. Hebb (1968), par exemple, intègre ce caractère dans un modèle dans lequel la motricité oculaire joue un rôle fondamental dans la constitution d'ensembles de cellules.

Dans la première section de ce second chapitre, nous présenterons les arguments de la dissociation du verbal et du visuo-spatial. Les données de la neuropsychologie soutiennent l'hypothèse de l'implication d'aires du cerveau différentes pour la mémoire verbale et la mémoire visuo-spatiale (e. g., Luria, 1976). En psychologie cognitive, on sépare aussi les tâches verbales des tâches visuo-spatiales. La question de la séparation des tâches soutient l'hypothèse de la distinction des processus visuels et verbaux.

Très vite, on s'aperçoit que tout n'est pas aussi simple pour le visuo-spatial que pour le verbal et les chercheurs constatent que les patients qui souffrent de troubles de mémoire immédiate visuo-spatiale ne forment pas un groupe homogène quand on observe leurs réussites et leurs échecs à des tâches non verbales. Farah, Hammond, Levine et Calvanio (1988) tentent une classification. En séparant les patients en fonction des tâches auxquelles ils réussissent ou échouent, les auteurs montrent que les tâches de mémoire visuelle ne forment pas un ensemble cohérent. En s'appuyant sur ces arguments, Farah (1984) propose une conception qui soutient l'éclatement de la mémoire "visuelle" en processus visuels et spatiaux indépendants.

1 1 L'HYPOTHESE DE LA MEMOIRE VISUELLE.

Les premiers arguments issus de la neuropsychologie soutenaient l'hypothèse de la spécialisation hémisphérique : la mémoire verbale a été localisée dans l'hémisphère gauche alors que la mémoire visuo-spatiale a été localisée dans l'hémisphère droit. Même si un clivage total ne tient pas, les données de la neuropsychologie soutiennent toujours la séparation des processus visuels et des processus verbaux.

Langage et imagerie étant rattachés à la fonction symbolique, les activités symboliques des deux types furent tout naturellement rapprochées et mises en contrastes, c'est la raison pour laquelle nous aborderons les travaux qui portent sur le rôle médiateur de l'imagerie dans l'apprentissage verbal, centre d'intérêt premier des chercheurs en psychologie cognitive et expérimentale qui s'intéressaient à ce domaine. La dichotomie des processus, est prise en compte dans le cadre théorique du "double codage" (e. g., Paivio, 1969).

1 1 1 ARGUMENTS ISSUS DE LA NEUROPSYCHOLOGIE.

Au départ, la séparation du visuel et du verbal a trouvé un appui dans la spécialisation hémisphérique. La notion de spécialisation hémisphérique pour les aires associatives se rattache aux aspects élaborés du comportement. Elle concerne principalement les sujets droitiers.

1 1 1 1 NAISSANCE D'UNE DISSOCIATION.

Broca (1824-1880) a montré le premier le rôle de l'hémisphère gauche pour le langage par l'observation précise de signes cliniques et leur mise en relation avec des lésions sur ses anciens patients après leur décès. L'aire de Broca, se situe dans le lobe préfrontal gauche (opercule), les lésions de cette aire provoquent une aphasie caractérisée par le manque de fluidité verbale et des troubles articulatoires. Les découvertes de Wernicke (1848-1904) et de Déjerine (1849-1917) appuient l'hypothèse de la spécialisation hémisphérique. L'aire de Wernicke se situe dans le lobe temporal gauche, c'est le centre récepteur du langage. Dans le lobe pariétal gauche, les lésions du gyrus angulaire provoquent des troubles du langage écrit, celles du gyrus supra-marginal des troubles de la parole. Aujourd'hui, l'organisation fonctionnelle du langage est considérée comme reposant sur des réseaux plus vastes (e. g., Mesulam, 1990).

Par opposition, les activités visuo-spatiales ont été supposées en relation avec l'activité de l'hémisphère droit, localisation appuyée également par des observations cliniques. Le syndrome de la négligence unilatérale de perception ou hémignégligence gauche est consécutif à une lésion pariétale droite du cerveau, alors qu'il n'existe pas de négligence clinique unilatérale droite après une lésion à gauche dans le cerveau mais seulement quelques négligences fines décelables au tachistoscope. La négligence unilatérale clinique se manifeste par l'ignorance du demi espace gauche de ces patients, il ne s'agit pas d'un trouble visuel de bas niveau comme l'hémianopsie où les patients ne voient pas un hémichamp visuel mais savent qu'il existe et cherchent à découvrir ce qui s'y trouve, la négligence unilatérale est au contraire un trouble cognitif, elle touche les fonctions de haut niveau. La moitié de l'univers n'existe pas pour ces patients, leur espace s'arrête à leur ligne médiane et leur comportement est spectaculaire : ils ne mangent qu'une demie assiettée, ne se rasent que la moitié du visage, lisent une demie ligne, copient un demi dessin, décrivent une demie scène même s'il s'agit de leur propre chambre ! Les lésions du lobule pariétal droit supérieur conduisent à une négligence unilatérale visuelle alors que les lésions du lobule pariétal droit inférieur conduisent à une négligence unilatérale plurimodale. Au niveau cortical, les lésions frontales

droites provoquent des troubles de l'attention spatiale liée à la motivation (lésions du cortex cingulaire qui appartient au système limbique) et des troubles dans les aspects moteurs de l'orientation, une lésion dans le cortex frontal latéral provoque une négligence unilatérale motrice. Au niveau des noyaux gris centraux, le thalamus joue un rôle dans l'attention spatiale, les lésions droites dans le pulvinar ne peuvent pas provoquer de négligence unilatérale mais elles aggravent une négligence causée par une lésion pariétale, les tubercules quadrijumeaux antérieurs interviennent dans les mouvements oculaires et l'attention spatiale. En fait, ces aires n'interviennent pas de manière totalement indépendante, elles forment un réseau et quelle que soit la lésion, il y a au départ un dysfonctionnement dans tout le réseau. Les lésions dans l'hémisphère droit peuvent entraîner des troubles visuo-spatiaux comme des problèmes d'orientation, des déficits dans le maniement topographique, des troubles dans la reconnaissance des données visuelles complexes. L'acalculie spatiale ou des apraxies diverses peuvent également en être la conséquence.

Les études sur les patients ayant subi une ablation du corps calleux (en anglais, split brain) montrent un autre type de distinction entre les hémisphères. L'hémisphère gauche se chargerait plutôt des traitements analytiques et focalisés, alors que l'hémisphère droit se chargerait des traitements grossiers et globaux des informations (Levy-Agresy et Sperry, 1968). Selon ce point de vue, les capacités opérationnelles des hémisphères ne dépendraient pas d'un type d'information à traiter mais des mécanismes impliqués dans les fonctions, la nature analytique ou globale des traitements déterminerait l'implication d'un des hémisphères.

1 1 1 2 LA DIFFERENCIATION DES HEMISPHERES POUR LA MEMOIRE.

Les études de neuropsychologie sur la dissociation des hémisphères ont contribué au développement de l'hypothèse de l'implication de l'hémisphère droit dans les tâches d'imagerie visuelle. Les observations cliniques de patients ayant subi des dommages cérébraux soutiennent l'idée de processus mnémoniques distincts pour le matériel verbal et pour le matériel imagé (De Renzi et Nichelli, 1975 ; Hanley, Young et Pearson, 1991 ; Vallar et Baddeley, 1984 a ; b).

Des dommages dans l'hémisphère gauche perturbent la mémoire verbale alors que des dommages dans l'hémisphère droit ont un effet perturbateur sur la mémoire visuelle (Luria, 1976 ; Farah, 1988). Dans une tâche d'apprentissage de mots concrets avec une stratégie d'imagerie et de mots abstraits par élaboration de phrases, les sujets ayant subi une lobectomie temporale droite obtiennent des résultats très inférieurs aux sujets contrôles avec la consigne d'imagerie, avec une diminution de la performance évoluant avec l'augmentation de la taille de l'ablation au niveau de l'hippocampe alors que leurs performances restent

semblables pour les mots appris avec la consigne verbale (Jones-Gotman et Milner, 1978). Cette déficience se retrouve sur une tâche d'apprentissage incident (Jones-Gotman, 1979).

Une expérience intéressante de Seamon et Gazzaniga (1973) montre des affinités préférentielles entre le type d'encodage et l'hémisphère chez des sujets normaux. Un matériel verbal est appris soit en incitant les sujets à former une image visuelle, soit par répétition verbale. Un test de reconnaissance est ensuite effectué avec des stimuli en présentation latéralisée. Lorsque les stimuli sont présentés en vision latérale droite, c'est à dire que les informations accèdent d'abord à l'hémisphère gauche, les latences de réponses sont plus courtes pour les stimuli appris par répétition verbale. Lorsque les stimuli sont présentés en vision latérale gauche, c'est à dire que les informations accèdent d'abord à l'hémisphère droit, les latences de réponses sont plus courtes pour les stimuli appris avec une stratégie d'imagerie. La stratégie d'imagerie facilite les réponses de l'hémisphère droit alors que la stratégie verbale facilite les réponses de l'hémisphère gauche. Ces résultats soutiennent l'hypothèse de la dissociation des hémisphères, même si dans le vécu quotidien les différences sont si infimes qu'on peut considérer que les deux hémisphères opèrent en même temps.

Les résultats de ces différentes expériences soutiennent l'idée d'une dissociation des hémisphères pour la mémoire visuelle versus verbale.

1 1 2 LA THEORIE DU DOUBLE CODAGE.

En psychologie cognitive et expérimentale, des expériences ont montré le rôle de l'imagerie dans l'apprentissage verbal associatif, la facilité avec laquelle les sujets prétendent se former une image mentale peut prédire la performance de rappel (e. g., Paivio, 1969). L'image peut aussi être utilisée comme moyen mnémotechnique (e. g., Bugelski, Kidd et Segmen, 1968). Les instructions et les décisions d'utiliser une image apportent donc une aide substantielle dans les apprentissages verbaux.

La théorie du "double codage" repose sur l'hypothèse que le substrat des représentations est plurimodal et concret. L'approche est axée sur la valeur d'imagerie des mots, sur les paradigmes expérimentaux pouvant influencer l'utilisation de l'imagerie et sur les différences interindividuelles. Parmi les modèles qui s'inscrivent dans le cadre théorique du "double codage", celui de Paivio (1969 ; 1971 ; 1986) est le plus représentatif et le plus élaboré. C'est aussi grâce à ce chercheur que l'étude de l'imagerie connut un regain de succès après la période béhavioriste.

1 1 2 1 ARGUMENTS EN FAVEUR DU DOUBLE CODAGE.

Les recherches de Paivio ont porté sur la propriété du matériel verbal de suggérer des images. Le paradigme de recherche utilisé est l'apprentissage de paires de mots associés. Lambert et Paivio (1956) ont trouvé, chez des sujets de langue anglaise, qu'il était plus facile de retenir une paire de mots si on les présentait dans l'ordre "nom + adjectif", que si on les présentait dans l'ordre "adjectif + nom", succession pourtant habituelle dans cette langue. Pour les auteurs, le nom agit comme une cheville (en anglais, peg) qui accepte des termes associés. Paivio (1963) fait l'hypothèse de la "cheville conceptuelle". Les noms remplissent aisément le rôle de cheville pour les adjectifs alors que l'inverse n'est pas aussi facile.

Ce phénomène s'expliquerait par la capacité d'évocation d'images des noms concrets (Paivio, 1965). Paivio et ses collaborateurs cherchent le lien entre l'aspect concret (en anglais, concreteness) et la capacité de provoquer l'évocation d'images. Quand les sujets classent des mots sur une échelle allant du plus concret au plus abstrait ou du plus tangible au moins tangible et donnent un indice de capacité à évoquer une image, les réponses montrent que l'aspect concret renvoie bien à la valeur d'imagerie du matériel (e. g., Paivio, 1968).

Paivio (1968) approfondit l'étude de l'apport de l'imagerie dans les performances aux tâches d'apprentissage associatif. La capacité d'évocation d'images du matériel serait l'attribut le plus efficace du matériel ; lorsque la valeur d'imagerie est contrôlée, les effets qu'on attribuait à la signification verbale associative s'avèrent infimes. La corrélation entre la performance à l'apprentissage et la valeur d'imagerie est très élevée. Paivio utilise également les témoignages de ses sujets sur les stratégies qu'ils ont mises en oeuvre au cours des expériences passées. Quand le matériel est concret, les sujets déclarent utiliser préférentiellement l'imagerie, et c'est là qu'on trouve la performance la meilleure (e. g., Paivio et al, 1966). Lorsque diverses stratégies sont imposées aux sujets comme variables expérimentales, la consigne d'imagerie s'avère d'une efficacité supérieure à une consigne de médiation verbale, comme la construction d'une phrase qui englobe les deux termes, la consigne de répétition simple étant la moins efficace (Paivio et Yuille, 1967). Paivio et ses collaborateurs mettent en évidence le rôle de l'imagerie dans l'identification de concepts (Katz et Paivio, 1975) et l'effet des capacités individuelles d'imagerie sur la qualité de l'apprentissage (Ernest et Paivio, 1969 ; Paivio et Ernest, 1971).

Des expériences ont montré la similarité d'effet positif entre la perception directe de dessins et l'élaboration mentale de leur image dans la mémorisation de listes de mots concrets (e. g., Paivio, Rogers et Smythe, 1968) et dans les phénomènes d'hypermnésie (Erdelyi, Finkelstein, Herrel, Miller et Thomas, 1976). Cependant, Paivio et Csapo (e. g., 1973) trouvent que le rappel de dessins est supérieur au rappel des mots concrets correspondants. Ils l'expliquent par l'hypothèse de la supériorité du codage mnémorique visuel sur l'imagerie générée à partir des mots, car, à partir des dessins, les sujets effectueraient naturellement un codage verbal supplémentaire. Le double codage serait automatique dans ce cas-là. Ces

résultats sur la supériorité des dessins sont retrouvés dans une étude de développement. Lorsqu'un dessin est simple, il existe un codage verbal naturel supplémentaire (e. g., Frawley, 1970). Sur un dessin complexe, faciliter ou empêcher la réalisation des deux codages, imagé et verbal, modifie la performance (e. g., Frawley, 1974). Diverses recherches sur des paradigmes de mémorisation appuient également les prédictions du modèle du double codage (e. g., Belmore, 1982).

Ces résultats ont conduit Paivio à proposer un modèle avec deux modes de représentations symboliques distincts qui rend compte des données de la neuropsychologie, comme les dysfonctionnements après des lésions corticales localisées, les séparations chirurgicales des hémisphères ou les asymétries fonctionnelles (e. g., Paivio, 1986).

1 1 2 2 MODELISATION DU DOUBLE CODAGE.

Dans la théorie du "double codage", les activités mentales sont régies par le fonctionnement de deux processus de codage aux structures indépendantes et fonctionnant chacun sur des représentations symboliques spécifiques, les unes verbales, les autres imagées (e. g., Paivio, 1969). Pour l'auteur, ce sont deux systèmes qui interviendraient dans toutes les activités cognitives, l'imagerie, bien sûr, du fonctionnement de base jusqu'au stockage à long terme serait un système de représentation modal, mais aussi les activités perceptives et intellectuelles. Pour Paivio, les informations peuvent être codées et stockées par l'un de ces processus ou par les deux, la mémorisation est améliorée par la mise en oeuvre des deux codes simultanément. Les effets des deux codages pourraient s'ajouter. Dans le modèle, le système de représentations imagées est utilisé quand il faut traiter des objets ou des événements concrets, le système de représentation verbale se met en oeuvre dans les tâches abstraites. L'imagerie serait plus efficace que les processus verbaux. Enfin, le traitement verbal des informations s'effectuerait de manière sérielle, avec en conséquence une mémorisation de l'ordre de présentation des items verbaux alors que le traitement imagé des informations s'effectuerait de manière parallèle, la mémorisation de l'ordre serait quasi inexistante.

Paivio (1991) souligne que cette théorie à codages multiples pose la distinction entre les systèmes symboliques et les systèmes sensori-moteurs spécifiques, les événements verbaux et non verbaux accèdent par différentes modalités et les systèmes symboliques sont supposés en tenir compte. Mais le "double codage" n'est pas une séparation entre la modalité visuelle et le système verbal, car ce type de comparaison oppose une modalité sensorielle à un système symbolique général, le "double codage" oppose deux systèmes symboliques quelles que soient par ailleurs les modalités sensorielles des informations. Paivio (1978) avait adopté les termes *logogen* (Morton, 1969) et *imagen* pour bien distinguer les représentations structurelles sous-

jaçentes des expériences conscientes que sont les images mentales et les paroles intérieures. Le système symbolique au sens large montre une indépendance des sous-systèmes mais avec des connections entre les unités. Des opérations de traitement y sont réalisées comme l'activation des représentations, les passages d'un référentiel à l'autre, les traitements associatifs. Enfin des processus sont chargés d'organiser et de transformer les informations qui parviennent au système : la distinction théorique principale est que les processus verbaux et non verbaux organisent et transforment les stimuli de manière différente selon les contraintes structurelles respectives des deux systèmes. Par exemple, le système verbal génère des structures séquentielles de niveau de complexité variable alors que le système non verbal opère des transformations dans toutes les dimensions spatiales et des changements des propriétés sensorielles ou des mouvements. La théorie du double codage pose d'une manière intéressante la distinction entre le verbal et le visuo-spatial, il ne s'agit pas simplement d'une séparation selon le type de matériel mais d'une différence entre les processus mis en œuvre.

Il semble que nous pouvons admettre la dissociation des processus de mémoire immédiate verbale et de mémoire immédiate visuo-spatiale bien que la question des tâches utilisées pour évaluer la mémoire visuelle puisse être soulevée : Paivio, par exemple, fait des inférences sur la structure de l'image mentale en ne travaillant qu'avec un matériel verbal. Cette approche se justifiait dans le contexte sur les recherches verbales qui dominait la psychologie au moment de ses premières recherches mais d'autres chercheurs vont mettre au point des expériences avec des stimuli plus proches des éléments perçus visuellement et montrer des aspects beaucoup plus dynamiques de l'imagerie. Auparavant, nous verrons que contrairement à la mémoire verbale, la mémoire visuelle ne présente pas d'unité.

1 2 L'ECLATEMENT DE LA MEMOIRE VISUELLE.

Des arguments qui soutiennent que les processus de mémoire visuo-spatiale ne seraient pas tous liés au fonctionnement du seul hémisphère droit soulèvent des controverses qui vont amorcer l'éclatement de la mémoire visuelle.

L'hypothèse de la modularité a ouvert une perspective de recherche de dissociations auprès de patients souffrant d'atteintes cérébrales localisées. Dans ce cadre, une étude de cas développée par Farah, Hammond, Levine et Calvanio (1988) a permis une première différenciation des tâches utilisées traditionnellement dans les études sur la mémoire visuelle. Les auteurs vont proposer un modèle dans lequel les mécanismes sous-jacents sont variés.

1 2 1 ARGUMENTS EN FAVEUR DE L'ECLATEMENT.

La spécialisation de l'hémisphère droit pour les tâches visuo-spatiales est remise en cause, de plus, les localisations seraient même très diffuses pour certaines tâches. Les tâches interférentes et les tâches principales de mémoire vont être séparées en deux sous-groupes. Cette dissociation sous-entend l'hypothèse de l'implication de processus différents.

1 2 1 1 CONTROVERSE SUR LA LOCALISATION CEREBRALE.

Divers travaux laissent entrevoir que la mémoire visuelle ne reposerait pas spécifiquement sur un hémisphère ou sur l'autre. Wilkins et Moscovitch (1978) suggèrent que la comparaison mentale de la taille d'objets ne serait pas affectée après une lobectomie temporale droite ou gauche. Les techniques basées sur l'activité électrique cérébrale, comme l'étude du rythme alpha, permettent aussi de mieux connaître le fonctionnement mental. Le rythme alpha de repos correspond à une activité électrique particulière du cerveau dans les régions concernées par la perception lorsqu'elles ne sont pas activées. Ce rythme qui peut être enregistré, par exemple, dans les régions occipitales quand un sujet a les yeux fermés disparaît lorsque le sujet ouvre les yeux ou lorsqu'on lui demande de former mentalement des images (Golla, Hutton et Walter, 1943, cité par Denis, 1989). Des questions dont les réponses sont supposées requérir une inspection d'images mentales montrent un blocage du rythme alpha identique à droite et à gauche (Barrett et Ehrlichman, 1982). Denis (1989) souligne que les études sur la dissociation des hémisphères ont porté sur des processus qui utilisent l'imagerie dans le cadre de tâches variées mais pas sur les processus qui génèrent vraiment l'image visuelle, ce qui pourrait expliquer le manque d'homogénéité des résultats.

D'autres travaux montrent que l'hémisphère gauche peut être impliqué lors des tâches d'imagerie et que des tâches différentes vont être liées au fonctionnement d'aires différentes. Le réexamen de trente-sept cas pathologiques effectué par Farah (1984) semble montrer que les déficits qui affectent les processus de génération des images seraient plutôt associés à des lésions postérieures gauches. Cette analyse qui contredit l'hypothèse de la localisation des processus visuo-spatiaux dans l'hémisphère droit est corroborée par d'autres observations (e. g., Farah, Lévine et Calvanio, 1988). Dans une recherche, Farah, Gazzaniga, Holtzman et Kosslyn (1985) font classer des lettres comme étant grandes ou petites à un patient ayant subi une ablation des commissures inter hémisphériques ; les lettres qui, en minuscules d'imprimerie tiennent dans un interligne comme "a, c, e..." sont de petites lettres, les autres lettres comme "b, d, g..." sont de grandes lettres. Les auteurs constatent qu'en présentation latéralisée on ne trouve pas de différence significative entre les deux hémisphères sur une tâche de classification perceptive, c'est à dire lorsque les lettres sont présentées directement en

minuscules d'imprimerie. Lorsque les lettres sont présentées en majuscules d'imprimerie, la classification nécessiterait une génération des minuscules d'imprimerie correspondantes et l'inspection des images ainsi formées. Dans ce cas, la performance de l'hémisphère gauche est supérieure à celle de l'hémisphère droit, cette dernière étant proche du hasard. Il semble donc que certains aspects de la génération des images visuelles pourraient être liés au fonctionnement de l'hémisphère gauche.

S'il reste plausible de postuler l'existence de processus imagés distincts des processus verbaux, la localisation de ces fonctions dans le cerveau n'est pas clairement établie dans l'hémisphère droit alors que la localisation des processus verbaux dans l'hémisphère gauche reste admise. Ce qui frappe de prime abord c'est la diversité des tâches utilisées pour étudier la mémoire visuelle. Les tâches dont les performances ont étayé l'argumentation de la dissociation des hémisphères avaient un caractère verbal prononcé puisqu'il s'agissait de tâches qui étudiaient l'imagerie comme stratégie verbale. D'autres tâches pourraient dépendre d'autres aires.

1 2 1 2 LA SEPARATION DES TACHES EN DEUX GROUPES.

Farah, Hammond, Levine et Calvanio (1988) proposent l'étude du cas L.H. qui occupe la fonction de ministre. A la suite d'un accident de la circulation à l'âge de dix-huit ans, ce patient souffre de lésions dans les régions temporo-occipitales bilatérales et de lésions dans le lobe temporal et le lobe frontal inférieur droits. Il a trente-six ans au moment de l'examen, son Q.I. verbal est élevé, son Q.I. performances est légèrement inférieur à la moyenne. Ce patient n'a pas de problèmes de langage, ni de mémoire, ni de difficultés motrices mais son acuité visuelle est faible. Il a des difficultés à reconnaître les visages et les stimuli visuels complexes comme les plantes ou les animaux.

En analysant les résultats de L.H. à différentes tâches cognitives, une dissociation apparaît entre les tâches dans lesquelles L.H. est très handicapé et celles où il réussit sans difficultés particulières, par rapport à des sujets contrôles. Les tâches dans lesquelles L.H. est désavantagé sont les tâches visuelles classiques comme le rappel de la couleur d'objets familiers, les tâches de comparaison de tailles, les questions portant sur la queue des animaux ou sur la forme des pays. Les tâches pour lesquelles il ne rencontre pas de difficultés notoires sont les tâches de rotation de lettres ou de stimuli en trois dimensions, les tâches de Brooks (1967 ; 1968), le balayage mental l'étalonnage de dimensions et la localisation des états américains.

Cette étude peut être opposée à celle du cas E.L.D. développée par Hanley, Young et Pearson (1991). E.L.D. semble montrer un déficit opposé à celui de L.H. après une rupture d'anévrisme dans l'hémisphère droit. E.L.D. réussit dans les tâches visuelles classiques alors

qu'elle a une performance inférieure aux sujets contrôle dans la tâche de la matrice de Brooks (1968) et les blocs de Corsi (Milner, 1971). Ses capacités de mémoire visuelle semblent épargnées alors que son déficit spatial est plus marqué.

Farah propose une classification des tâches expérimentales en deux catégories (Farah et al, 1988). Ces deux groupes de tâches seraient liés au fonctionnement d'aires distinctes du cerveau. La première catégorie correspond aux tâches dans lesquelles L.H. échoue, ces tâches seraient traitées par les lobes occipitaux donc les aires visuelles du cerveau, Farah et ses associés les qualifient de tâches "visuelles". La seconde catégorie correspond aux tâches dans lesquelles L.H. réussit, ces tâches pourraient dépendre des lobes pariétaux intacts chez ce patient voire à des aires variées; comme ces tâches ont un caractère spatial plus marqué, Farah et ses associés les qualifient de tâches "spatiales", elles font appel à des processus plus dynamiques.

Des études sur les primates viennent corroborer la dissociation des aires impliquées dans le "visuel" et le "spatial". Des singes sont entraînés à retenir la localisation spatiale d'une cible pendant un délai de deux secondes et demie avant d'exécuter une saccade sur cette localisation, tâche supposée relever de la Mémoire de Travail spatiale (Wilson, O'Scalaidhe et Goldman-Rakic, 1993). Les neurones du sillon principal du cortex préfrontal dorsolatéral sont activés durant la période de maintien de l'information. En revanche, si on entraîne les singes à retenir un pattern ou la face d'un singe pendant un délai de deux secondes et demie, les neurones de la région convexe inférieure du cortex préfrontal dorsolatéral seuls sont activés pendant la phase de maintien. Il semble qu'une tâche de mémoire d'objets et une tâche de mémoire de localisations reposent sur des aires différentes du cerveau chez le singe.

La dissociation des tâches visuelles classiques au caractère relativement statique et des tâches plus dynamiques n'a de sens que si on dissocie les processus sous-jacents. La mémoire visuelle pourrait être liée au fonctionnement des aires occipitales gauches puisque seul L.H. qui a des lésions dans cette région souffre de déficits dans les tâches statiques. Cette hypothèse trouve un appui dans une recherche qui montre que des patients souffrant d'un déficit dans la rétention visuelle présentent le plus souvent des lésions au niveau postérieur de l'hémisphère gauche (Warrington et Rabin, 1971). Farah (et al, 1988) suppose que la mémoire spatiale serait liée au fonctionnement d'aires droites diverses. Les dommages dans l'hémisphère droit sont souvent à la base de déficits de mémoire spatiale, par exemple au niveau du cortex temporal (e. g., Milner, 1965), ou au niveau du lobe pariétal postérieur (e. g., Warrington et James, 1967).

Bien que les patients E.L.D. et L.H. semblent fournir une double dissociation, il se trouve que ces patients présentent tous deux des lésions dans l'hémisphère droit, l'évidence

anatomique n'est donc pas très claire. D'autant plus que d'autres études accentuent nos doutes, des difficultés dans la reconnaissance et le rappel de photographies de visages, de formes géométriques et de scènes visuelles complexes, tâches visuelles au caractère statique, pourraient être liées à des lésions dans la région temporale antérieure droite. Dans les études que nous venons de citer, les déficits ne semblaient pas liés à des lésions de l'hippocampe mais d'autres recherches montrent que des dommages étendus à l'hippocampe peuvent causer la perte de la mémoire spatiale, comme la mémoire de la localisation d'objets (e. g., Pigott et Milner, 1993).

1 2 2 L'HYPOTHESE DE LA MODULARITE.

A partir d'études tirées de la littérature sur les performances de patients souffrant de diverses atteintes pathologiques, Farah (1984) distingue différents types de déficits de la mémoire visuelle et propose un modèle modulaire qui s'inscrit dans le cadre du cognitivisme.

Les représentations visuelles en Mémoire à Long Terme pourraient être détériorées sans que la mémoire immédiate visuelle ne soit atteinte. Farah retrace treize cas de patients dont les localisations des dommages cérébraux sont malheureusement relativement éparpillées malgré l'homogénéité de leur pattern de déficits. Ils peuvent décrire et dessiner des objets présents mais se révèlent incapables de les reconnaître, de les nommer. Ils ne peuvent pas non plus décrire ou dessiner des objets à partir de leurs seuls noms. Pour Farah, ces patients ne peuvent pas atteindre les représentations visuelles contenues en Mémoire à Long Terme nécessaires à l'identification bien que leur mémoire immédiate visuelle soit préservée. En effet, ils ne sont pas démunis d'un stockage visuel temporaire nécessaire à la réalisation de dessins puisque d'autres recherches soutiennent l'idée que pour réaliser un dessin par copie, un stockage visuel temporaire est nécessaire même si le sujet a la possibilité de revenir souvent au modèle (Van Sommers, 1989).

Les processus de génération des images peuvent être déficients en l'absence d'autres déficits. En effet, Farah (1984) dépeint huit cas de patients portant des lésions dans les régions pariétale et occipitale gauche. Ils peuvent percevoir, décrire, nommer, dessiner des objets à condition qu'ils soient présents dans leur champ visuel. Selon les mêmes arguments que précédemment, leur mémoire visuelle immédiate serait préservée (Van Sommers, 1989). En revanche, ils affirment ne pas avoir d'images mentales et se révèlent incapables de décrire ou de dessiner les objets dont on leur donne le nom, donc à partir de leur Mémoire à Long Terme. Mais ces patients ne souffrent pas d'agnosie visuelle, cette préservation de la capacité d'identification montre que le lien entre l'apparence des objets et leur nom est préservé : s'il y

a reconnaissance c'est que l'accès à la Mémoire à Long Terme s'effectue avec succès. Selon Farah, si ces patients sans déficit du registre immédiat ni du registre permanent ne peuvent pas décrire des objets à partir de leur Mémoire à Long Terme, ce n'est pas dû à un défaut d'accès du concept à la représentation imagée, les déficits porteraient sur les processus de génération des images. D'autres données soutiennent la séparation des processus de génération et des processus de maintien des images. Riddoch (1990) décrit le cas D.W. qui présente un pattern de performances semblables et peut même dessiner un stimulus dix secondes après qu'on l'ait ôté de sa vue. Les processus de génération seraient indépendants des registres de mémoire.

De plus, Cocude et Denis (1988) trouvent une indépendance entre le temps nécessaire à la génération d'images à partir d'un matériel verbal et la durée de maintien des images qui correspondent à des mots concrets, les stimuli les plus difficiles à générer ne dévoilant pas une durée de maintien raccourcie. De même, en ce qui concerne les capacités impliquées dans les questionnaires d'imagerie, les différences interindividuelles au niveau des facilités de génération ne se retrouvent pas dans le maintien d'images. Enfin, les individus qui pratiquent des activités qui améliorent la concentration, comme le yoga, pourraient également maintenir plus longtemps leurs images alors que leur faculté de génération ne serait pas améliorée par la pratique de ce sport. Les yogi débutants auraient des performances intermédiaires entre les profanes et les yogi confirmés. Il semble que des processus pour la génération et le maintien puissent être postulés indépendants puisque les facteurs qui influencent la génération restent sans effet sur le maintien et que les facteurs qui influencent le maintien restent sans effet sur la génération.

Au vu des différents déficits rencontrés, il semble que nous pouvons postuler l'implication de processus distincts pour le maintien à long terme, le maintien à court terme et la génération des images visuelles. Nous notons que le cas D.W. étudié par Riddoch (1990) souffre de déficits dans la génération et la manipulation des images après une lésion dans la région temporo-pariétale gauche, les processus impliqués dans la génération et la manipulation ne sont pas dissociables après cette étude. Mais il semble par ailleurs que les tâches d'imagerie ne dépendraient pas du registre à court terme car une étude informelle de Frick (1987) montre le cas de deux sujets qui réussissent aux tâches de Mémoire à Court Terme visuelle alors qu'ils ne peuvent générer des images visuelles conscientes. Si la tâche de rotation mentale ne dépend pas de la mémoire immédiate ni du registre permanent, elle pourrait dépendre des processus attentionnels.

Il faut souligner les problèmes liés au fait que Farah analyse des cas issus de la littérature pour lesquels les recherches initiales n'étaient pas basées sur un modèle modulaire et que les données doivent être interprétées post hoc (Sergent, 1989) et aucune analyse

complémentaire n'est possible. Néanmoins des données récentes confirment l'implication de processus multiples dans les tâches de mémoire visuelle.

Avec cette séparation des tâches, il semble que l'on comprend un peu mieux l'échec des tentatives de dissociation entre les hémisphères. Contrairement au traitement du matériel verbal qui dépend d'aires délimitées situées principalement dans l'hémisphère gauche, les tâches visuelles seraient traitées par des aires diverses en fonction de leur propre variété. Nous verrons que les patterns de déficits cadrent bien avec le modèle développé par Kosslyn (1980) dont nous allons parler dans la section suivante concernée par les recherches autour de l'imagerie mentale. Si différents aspects de l'imagerie sont détériorés dans différents groupes de patients, on peut faire l'hypothèse qu'il n'existerait peut-être pas une seule mémoire visuelle mais des processus variés. D'ailleurs, pour Farah (1988), chez le sujet normal, l'imagerie dépendrait de processus visuels et de processus spatiaux et lorsque les processus visuels sont défaillants, seuls les processus spatiaux seraient utilisés dans les tâches d'imagerie ; une étude de Kerr (1983) montre que des sujets aveugles de naissance peuvent réaliser des tâches d'imagerie avec des effets similaires à ceux que l'on trouve chez des sujets voyants, comme l'allongement du temps de réponse avec l'angle de rotation ou avec la distance à balayer mentalement.

2 L'IMAGERIE VISUELLE, RESULTANTE DE PROCESSUS VISUELS ET SPATIAUX.

Une première approche de l'imagerie visuelle pourrait être celle-ci. Pour répondre à des questions sur une route à suivre, par exemple, on se formerait une image mentale de l'environnement. Cette image serait sous la forme d'une carte interne des lieux à traverser. A partir de cette carte, on pourrait générer des indices, les organiser en séquences plausibles, et transformer ces images dans un langage qui permette à notre interlocuteur de se former, à son tour, une carte interne similaire. La carte qu'il se serait formée fournirait une image suffisante de l'environnement pour que notre interlocuteur puisse s'orienter correctement. Ainsi, le comportement de l'individu indique qu'un objet visuel absent de son champ perceptif peut intervenir dans son activité mentale.

Nous avons vu qu'après l'étude des contenus subjectifs conscients par introspection, l'image a été interprétée comme la manifestation tangible de processus inaccessibles à la conscience. Un des points de divergence entre les théoriciens de l'image mentale va être la nature analogique ou propositionnelle des processus à la base de l'image.

2.1 UNE QUERELLE D'ECOLES.

Dans la perspective du cognitivisme, l'image visuelle serait une forme de la représentation adaptée à la conservation et à la manipulation des informations en provenance de l'environnement avec pour corollaire la question de la représentation. La représentation est une activité de production de symboles qui, de façon générale, remplacent d'autres entités. Dans l'imagerie mentale, cette question prend la forme d'une interrogation sur la correspondance entre les objets et leurs représentations. Une certaine façon d'envisager cette correspondance serait de considérer qu'un ensemble d'objets du monde réel est traduit sous la forme d'un ensemble d'éléments imagés qui lui est relié de manière systématique. Mais cette hypothèse de "l'image dans la tête" a soulevé des polémiques alimentées par le refus des études basées sur l'introspection et par l'hypothèse d'un système général de représentations : l'idée d'analogie sera modulée par la nécessité de postuler une forme de codage qui implique forcément une transformation et une perte d'informations.

Dans la littérature, l'usage du terme "analogie" ne renvoie pas seulement au sens d'analogie de surface, une représentation qui conserverait les propriétés du format d'origine de l'information, parfois, c'est le type de variation qui est sous-entendu. Un système analogique est un système qui donne des caractéristiques à variation continue par opposition à un système dont les caractéristiques varient par incrément. Par le double sens de ce vocable, il n'est pas toujours clairement défini que le concept d'analogie appliqué à l'étude de la mémoire visuelle renvoie à l'un ou l'autre sens ou bien les deux réunis car les processus d'imagerie sont supposés fonctionner sur un mode continu (témoins les travaux sur la rotation mentale où un objet est supposé transformé de manière continue), la notion de représentation analogique convient aussi parfaitement pour caractériser une forme de représentation qui présente une similitude de surface avec les perceptions visuelles (témoin les tenants de "l'image dans la tête") et les processus impliqués dans les tâches perceptives et les tâches de mémoire visuelle sont également supposés similaires. Dans ce dernier sens, un pas sera même franchi quand on ajoutera à l'analogie des processus, l'identité des mécanismes sous-jacents.

Par opposition, le courant conceptualiste postule que les images mentales (comme les représentations verbales, d'ailleurs) ne sont pas les médiateurs de la pensée mais simplement des phénomènes transitoires qui accompagnent des processus qui opèrent sur de l'information stockée de manière propositionnelle en Mémoire à Long Terme et qui ne méritent pas qu'on s'y attarde. L'impression de voir mentalement des images serait liée à des tentatives pour

revivre une expérience sensorielle non nécessaire à la réalisation de la tâche mais choisie parmi les stratégies possibles (Pylyshyn, 1981). Dans ce courant, les transformations ne sont pas supposées continues, l'image est supposée se reconstruire dans les tâches de rotation mentale par une série de traitements discrets (en anglais, quanta jump), comme semble le montrer l'expérience du cube de Hinton et Parsons (1981)⁴. Mais il n'y a pas non plus de représentations plus ou moins équivalentes aux perceptions. Ce courant qui postule que dans la mémoire permanente ce ne sont qu'énoncés linguistiques et descriptions d'objets, insiste surtout sur la nécessité de postuler des représentations plus abstraites.

2 1 1 LA THEORIE ANALOGIQUE.

Dans son approche analytique, Farah a caractérisé des paramètres variés de l'image. Le courant analytique a fait d'autres adeptes qui cherchent à déterminer les processus sous-jacents de l'imagerie mentale (e. g., Kosslyn, 1980 ; Shepard, 1978). Pour ces chercheurs, l'imagerie n'est pas un processus simple, ils vont s'ingénier à renouveler les conceptions de l'infrastructure nerveuse des activités mentales.

Ces chercheurs ne supposent plus que l'image mentale est l'équivalent d'un objet réel, pour eux, la perception et l'imagerie sont toutes deux des entités cognitives, des représentations mentales élaborées. Il est évident que l'imagerie et la perception se rapportent à des configurations du monde tangible, le sens commun leur attribue donc une similitude. L'activité perceptive contribue également à la genèse de l'imagerie comme le montrent les travaux sur les sujets aveugles de naissance. Dans les tâches où l'imagerie joue un rôle de facilitation, les aveugles de naissance rencontrent des difficultés que ne rencontrent pas les aveugles tardifs (e. g., Paivio et Okovita, 1971).

Mais ceci n'est pas suffisant pour asseoir la théorie de l'analogie entre perception et représentation, certains chercheurs ont mis en évidence le fait que certaines propriétés des représentations perceptives se retrouvent dans les représentations imagées.

2 1 1 1 L'ANALOGIE DE SURFACE OU STRUCTURALE.

Les figures récupérées à partir de la Mémoire à Long Terme semblent préserver assez précisément la forme réelle des perceptions. Shepard et Chipman (1970) le montrent à travers

⁴ Hinton et Parsons (1981) demandent à leurs sujets d'imaginer un cube en position d'équilibre sur un de ses angles et de dire comment sont placés les autres angles. La plupart des sujets " voient " ces coins à l'équateur du cube, alors qu'ils forment, en fait, une ligne brisée. Pour les partisans de la théorie propositionnelle, il n'y a pas de rotation continue du cube mais une reconstruction dans la position demandée qui s'appuie sur l'utilisation des connaissances des sujets.

une expérience dans laquelle les sujets sont invités à classer quinze états américains sur la similarité de leur forme. Les classements, qu'ils soient effectués à partir des cartes des états concernés ou à partir de la présentation des noms des états donnent des résultats similaires. Des études différentielles montrent que ce sont les sujets qui ont les plus grandes capacités en imagerie qui ont également la performance à une tâche de classification à partir de concepts la plus proche du classement perceptif (e. g., Shepard, 1975). Dans la théorie analogique, le registre permanent conserve des traits proches de ceux des perceptions.

Dans le cadre de l'étude d'un dispositif de traitement des informations visuelles dont ils font l'hypothèse, Kosslyn et ses collaborateurs (e. g., Kosslyn, Ball et Reiser, 1978) étudient l'organisation interne des images pour y détecter une éventuelle organisation spatiale, et chercher le cas échéant si cette organisation présente des similitudes avec celle des perceptions. En utilisant le paradigme des temps de décision, ils montrent que les images mentales peuvent être parcourues mentalement, en s'appuyant notamment sur les difficultés à observer de petits détails des images comme des perceptions et sur les capacités qu'ont les images à préserver les distances d'intervalle présentes dans les perceptions.

Si le sujet se forme une image globale, comme ce serait le cas sur un dessin, les détails de petite dimension seront plus difficiles à distinguer que les éléments qui occupent une grande partie de l'image. Kosslyn (1975) montre que ce serait le cas en demandant à ses sujets d'imaginer un animal cible à côté d'un autre animal tantôt beaucoup plus petit, tantôt beaucoup plus grand. L'auteur trouve que lorsque l'on demande au sujet de vérifier l'existence d'une propriété sur l'animal cible, le temps est significativement plus long lorsque le voisin est plus grand que lorsqu'il est plus petit. Si on inverse les caractéristiques des voisins, par exemple en demandant d'imaginer un insecte géant ou un éléphant minuscule, les résultats que l'on trouve vont dans le même sens : quand la cible est couplée avec un voisin de grande taille, qu'il soit réel ou imaginaire, le temps de décision est toujours plus long, il ne s'agit pas d'un intérêt général pour les animaux de grande taille par rapport aux insectes. Kosslyn suppose que l'animal cible est vu plus petit quand il jouxte un autre animal plus grand que quand il avoisine un autre animal plus petit. Il semble que les sujets maintiennent une image qui, en ce qui concerne la taille relative des objets, a des caractéristiques similaires à la perception d'un dessin réel.

Pour montrer que les images comme les perceptions dépeignent des étendues spatiales, Kosslyn et ses collaborateurs montrent qu'elles préservent les distances d'intervalle relatives entre les éléments de l'objet ou de la scène à travers des expériences d'évaluation de la relation entre les distances à parcourir sur une image mentale et les temps de réponse. Le temps de vérification de la présence d'un élément sur un objet augmente avec la distance à parcourir sur l'objet (Kosslyn, 1973). Kosslyn (et al, 1978) propose une tâche qui consiste à présenter une ligne avec des lettres disposées au dessus. Après la disparition du stimulus, on

demande au sujet de se concentrer sur une extrémité donnée de la ligne et on l'interroge sur le caractère d'une lettre. Lorsque la lettre à retrouver est située en première position, on trouve un allongement du temps de réponse avec la distance. Ceci prouve qu'il n'y a pas de codage verbal de type "x en minuscule, y en majuscule, z en minuscule", les sujets semblent suivre mentalement la ligne comme sur une image. Lorsque l'on étudie les effets des lettres intermédiaires entre le point de départ et la lettre test, le temps s'allonge pour chaque lettre intermédiaire et la distance réelle intervient toujours sur le temps de réponse. Les auteurs proposent également la tâche de la carte imaginaire qui permet d'explorer la capacité des sujets à balayer des images. On présente aux sujets la carte d'une île factice sur laquelle figurent sept sites. La disposition de ces sites est telle qu'elle offre vingt et une distances différentes. Après que les sujets aient mémorisé la carte et ses sites jusqu'à un critère de reproduction satisfaisant, on leur demande de s'en former une image mentale et de focaliser leur attention sur un des sites. Ensuite, on leur donne oralement le nom d'un autre site qui figure ou ne figure pas sur l'île factice, et on leur demande, lorsque le site existe, de s'y rendre mentalement et d'appuyer sur une clé pour signaler leur arrivée au détail concerné. Les auteurs trouvent une relation linéaire entre la latence de réponse d'accès et la distance entre deux détails. Cette relation n'existe pas lorsque l'on demande une simple réponse de présence ou d'absence de la sonde sans préciser explicitement que le trajet doit être suivi, il existe un codage oral auquel le sujet peut avoir accès directement sans passer par l'image. Lorsque la carte n'est plus apprise mais générée mentalement à partir de sa description, on retrouve les mêmes effets (Denis et Cocude, 1989). D'autres expériences confirment que le temps de balayage mental (en anglais, *mental scanning*) varie en fonction de la distance. Kosslyn (1980) présente des dessins à ses sujets. Après avoir ôté les stimuli, il incite les sujets à se concentrer mentalement sur un détail situé à une extrémité du dessin. Il demande ensuite au sujet de décider si une caractéristique était présente dans le stimuli. Kosslyn constate que plus la distance entre le point sur lequel le sujet a fixé son attention au départ et le point d'arrivée est grande, plus le temps de décision est long. En revanche, si on ne demande pas au sujet une fixation sur un détail mais plutôt un maintien global de l'image, on ne trouve pas de différence dans les temps requis pour décider si un élément était présent quel que soit l'endroit où cet élément se situe. Ces résultats sont corroborés par d'autres données expérimentales. La relation entre la distance et le temps de réponse est retrouvée sur un jugement de distance entre deux endroits du campus universitaire (Baum et Jonides, 1979) ainsi que l'effet de la présence d'obstacles (Kosslyn, Pick et Fariello, 1974) et du nombre de lieux intermédiaires imaginaires (Thorndyke, 1981) ou réels (Byrne, 1979). Quand le sujet est prié expressément d'examiner une image mentale, la correspondance entre la distance à parcourir mentalement et le temps de réponse indique une organisation de l'image mentale semblable à celle de l'objet. La structure des images semble refléter celle des perceptions.

Ces résultats sont confirmés par une étude de Podgorny et Shepard (1978) qui compare les processus qui analysent les formes sur les constructions mentales et sur les perceptions réelles. Les auteurs présentent à leurs sujets une grille de cinq cases sur cinq dans laquelle une lettre peut être formée par remplissage de cases contiguës. Les mêmes configurations sont soit encodées à partir d'une perception, le stimulus est alors présenté avec des cases noircies sur la grille, soit construites mentalement, le sujet imagine la lettre à l'aide d'une consigne orale. Ensuite, une case ou deux sont éclairées sur la grille vide et la tâche du sujet consiste à dire si ces cases marquées appartenaient à celles qui formaient la lettre auparavant. Podgorny et Shepard (1978) trouvent que les paramètres qui influencent les latences de réponses en situation perceptive, comme la complexité formelle de la lettre ou la distance du point à la lettre pour une réponse négative, produisent les mêmes effets en situation imaginative, avec, comme seule différence, une latence globalement plus longue dans ce dernier cas. Il semble que les processus qui analysent les formes peuvent être mis en oeuvre que le stimulus soit un objet maintenu après une perception visuelle ou une image construite mentalement. Les images mentales semblent refléter des représentations internes sur lesquelles on peut effectuer des traitements similaires à ceux que l'on effectue sur des perceptions, comme faire un effet de zoom ou un passage en revue.

Selon Kosslyn, les représentations seraient construites dans un dispositif de traitement dont les limites seraient analogues à celles de la perception visuelle. Ces limites en seraient pas extensibles et elles viendraient contraindre la quantité d'informations que le sujet pourrait maintenir simultanément dans la mémoire tampon visuelle (Kosslyn, 1975 ; 1976). Des processus générateurs seraient chargés de la construction des images. Mais nous soulignons que les hypothèses sur les structures sous-jacentes sont faites à partir d'études qui ne concernent que les processus qui opèrent sur les images (comme les processus chargés du passage en revue des images). Ces processus sont relativement statiques mais ce ne sont pas les processus de génération eux-mêmes.

2 1 1 2 LA VARIATION ANALOGIQUE OU ANALOGIE FONCTIONNELLE.

Les images semblent subir des transformations semblables aux déplacements que l'on peut faire subir aux objets du monde tangible. L'hypothèse sous-jacente est toujours que l'image peut faire l'objet de traitements similaires à ceux qui opèrent dans les activités perceptives. L'analogie fonctionnelle est la similitude des processus qui opèrent sur les perceptions et sur les images mentales, processus supposés faire évoluer les images en continu.

Les travaux de Shepard montrent cette identité de propriétés fonctionnelles à travers la tâche de rotation mentale. Shepard et Metzler (1971) présentent au sujet des stimuli visuels

en trois dimensions, il s'agit d'assemblages de cubes complexes. Pour chaque stimulus de référence, le stimulus test présenté ensuite au sujet peut avoir subi une rotation dans l'espace : soit dans le plan du dessin, soit en profondeur. Le sujet doit dire si, indépendamment de la rotation qu'il a subie, le stimulus test est identique au stimulus de référence ou différent, dans ce cas, il se trouve être symétrique au stimulus de référence. En faisant varier le degré de rotation de 0° à 180°, Shepard et Metzler observent que le temps requis pour donner la réponse quand le stimulus test est identique au stimulus de référence est une fonction linéaire de l'angle de rotation, comme si les sujets faisaient tourner mentalement la figure jusqu'à ce qu'elle corresponde à l'orientation proposée avant de prendre leur décision. La représentation interne des images mentales nécessite environ une seconde pour cinquante degrés de rotation. D'ailleurs, les sujets interrogés affirment en général qu'ils ont fait tourner la figure mentalement.

Cooper et Shepard (1973) renouvellent l'expérience avec des stimuli visuels en deux dimensions, des lettres de l'alphabet. Le stimulus test a subi une inclinaison par rapport au stimulus de référence. Le sujet devra dire si, indépendamment de l'inclinaison qu'il a subie, le stimulus test est identique au stimulus de référence ou s'il est en miroir. La relation entre la latence de réponse et le degré de rotation suggère que, pour une réponse positive, le traitement est une fonction ordonnée de la quantité de transformation nécessaire.

Pour Shepard (e. g., Shepard et Chipman, 1970), l'image mentale et l'objet correspondant ont une relation qu'on pourrait représenter comme celle qui relie les clés et les serrures. Au niveau de l'aspect physique, il existe une différence notable entre elles et pourtant, au niveau fonctionnel, une relation terme à terme les relie, une clé donnée ne peut ouvrir qu'une seule serrure. Il en irait de même pour les images mentales et les objets. Le traitement mental ne serait pas isomorphe à l'objet mais seul l'objet adéquat pourrait activer un traitement mental donné. En fait, Shepard emploie la subtile notion d'isomorphisme de deuxième ordre pour qualifier cette analogie fonctionnelle mais non qualitative entre les objets externes et leurs représentations internes. Nous prenons le mot "objet" au sens large, ici il ne s'agit pas de discuter l'analogie entre l'objet physique et la perception qu'en a le sujet.

Les travaux de Shepard laissent à penser qu'une analogie fonctionnelle existe entre la perception et l'imagerie visuelle, les images mentales peuvent subir des transformations identiques à celles dont les éléments du monde tangible peuvent faire l'objet. Ces résultats renforcent l'hypothèse d'un processus analogique. L'analogie porte à la fois sur la similitude des processus et sur la continuité des variations que subissent les images. Ceci soulève la question de l'identité des mécanismes mis en jeu : les images mentales pourraient être manipulées par les mêmes mécanismes que ceux qui opèrent sur les perceptions.

2 1 1 3 L'ANALOGIE DES MECANISMES.

Des effets classiques en situation perceptive se retrouvent dans les tâches d'imagerie, comme les effets consécutifs. Finke et Schmidt (e. g., 1978) trouvent que l'effet McCollough (1965) est retrouvé en situation imaginative : après la perception réelle ou la génération imagée de bandes horizontales et verticales, les sujets voient un quadrillage. Si on fait deux groupes de sujets en fonction de leur capacité d'imagerie, ce sont surtout les sujets qui ont la plus grande capacité à former des images qui montrent le plus l'effet McCollough en situation imaginative.

Sur les jugements de résolution, on trouve des effets identiques en perception visuelle et en condition imaginative (Finke et Kosslyn, 1980). Deux points sont présentés sur l'écran puis, selon la condition expérimentale, laissés ou ôtés ; la tâche du sujet consiste à déplacer son regard dans une des quatre directions et à dire quand les cercles présents ou maintenus par imagerie disparaissent. On trouve un effet différentiel, les individus qui ont la plus grande capacité d'imagerie ont aussi le plus grand champ de résolution en condition imagée alors qu'il n'y a pas de différence notable en condition perceptive. Les champs de résolution présentent une forme similaire en perception et en imagerie visuelle (Finke et Kurtzman, 1981). Cette similitude est un argument de poids pour soutenir l'équivalence des mécanismes de contrôle de la perception et de l'imagerie.

Nous voyons que les processus qui opèrent sur la perception et sur l'imagerie présentent des similitudes, on peut aller plus loin et se demander si ce sont les mêmes mécanismes qui produisent ces effets comportementaux similaires dans les deux cas ou si ces processus ont des caractéristiques communes tout en étant différents.

Le développement des techniques pour l'exploration du cerveau humain lié au préalable au diagnostic en pathologie, apporte des outils de choix pour la recherche en psychologie cognitive. Une technique de balayage du cerveau très utilisée est la tomographie par émission de positrons (en anglais, P.E.T. scan). La tomographie est une technique qui permet d'obtenir une image par radiographie d'un plan de coupe d'un organe, donc une image en "tranches" de l'organe concerné.

Toutes les activités cognitives s'accompagnent d'une demande accrue d'énergie dans des aires localisées du cerveau. Les parties actives du cerveau ont besoin d'une circulation sanguine plus importante et d'une augmentation du glucose. En contrôlant l'oxygène, le glucose et le flux sanguin, il est possible d'identifier les aires dans lesquelles le métabolisme est accru. Ainsi, pour une activité donnée, on va pouvoir déterminer quelles aires sont les plus activées. Dans la tomographie par émission de positrons, des marqueurs radioactifs présents artificiellement dans le cerveau, du xénon absorbé par inhalation par exemple, sont détectés par des capteurs périphériques. Ces marqueurs émettent des rayons qui peuvent être convertis

en cartes. Par exemple, Tulving (1989 a ; b) a administré à ses sujets de l'or radioactif par intraveineuse et a obtenu des cartes de haute résolution en quelques secondes.

En ce qui concerne la recherche sur la mémoire, l'utilisation des configurations de circulation sanguine en fonction des activités va nous renseigner sur l'activité neurale. Si les mesures de la circulation sanguine cérébrale localisée indiquent que les mêmes aires sont activées au cours de deux activités distinctes, on pourra postuler que les deux activités utilisent des ressources communes. Si les mêmes aires sont activées lorsqu'un individu regarde un objet et quand il imagine cet objet, ces données iront dans le sens de l'équivalence entre la perception et l'imagerie. En revanche, si des aires différentes sont activées durant la perception et durant l'imagerie, la théorie de l'équivalence ne sera pas encouragée.

Durant les activités d'imagerie, la circulation sanguine la plus apparente se situe dans les régions postérieures, lobes occipitaux et aires temporales postérieures inférieures (Roland et Friberg, 1985). La tâche d'imagerie consistait à demander au sujet de visualiser mentalement une promenade dans son voisinage en alternant des tours à droite et à gauche en partant de chez lui. Cette tâche active des aires de traitement visuel mais aussi des aires de mémoire. Ces aires semblent être aussi les plus activées au cours des traitements visuels (Roland, 1982). Répondre à des questions qui nécessitent une activité d'imagerie produit une activité accrue dans les régions occipitales et dans les aires de traitement visuel pariétal postérieur et temporal alors que répondre à des questions qui ne nécessitent qu'une recherche verbale ne produit pas les mêmes activations (pour une revue, Farah, 1988).

Si différentes aires sont associées à différentes tâches cognitives, il semble en revanche que les tâches de perception visuelle et d'imagerie visuelle activent les mêmes régions du cerveau. Dans les tâches qui nécessitent des connaissances associatives, les régions du cerveau liées à la mémoire et à la vision seraient activées.

D'autres données issues de la neuropsychologie montrent une similarité entre les déficits affectant la perception et l'imagerie, comme le syndrome de la négligence unilatérale. Après une lésion du lobe pariétal droit, les sujets ne perçoivent plus ce qui se trouve dans la partie gauche du champ visuel. Il faut noter que la vision de premier niveau serait correcte mais que les informations ne seraient plus traitées par les fonctions supérieures. Ce déficit se retrouve également dans les tâches d'imagerie. Les mécanismes mis en jeu dans les deux cas fonctionnent de manière analogue (Bisiach et Luzzati, 1978).

Une autre façon de montrer que des mécanismes communs sont impliqués dans la perception et dans l'imagerie, est de rechercher les situations dans lesquelles on trouve des interactions fonctionnelles.

Une perception supra liminaire peut être prise pour un phénomène imaginaire (Segal, 1972). Une activité d'imagerie visuelle peut créer une interférence significative avec une tâche

de détection de cibles visuelles, alors qu'une interférence auditive ne fait pas le même effet (Segal et Fusella, 1970). En revanche, une activité d'imagerie peut dans d'autres cas favoriser une activité perceptive (e. g., Farah, 1985).

Une activité qui est connue pour affecter la perception peut produire un effet similaire sur une tâche d'imagerie. L'activité perceptive qui consiste à regarder un disque qui tourne induit un effet consécutif de mouvement rotatif inverse au stimulus perçu ensuite. Corballis et McLaren (1982) montrent que lorsque les sujets pratiquent cette tâche avant une tâche de rotation mentale de lettres, les latences de réponses augmentent quand le mouvement consécutif est inverse à celui du stimulus et diminuent dans le cas contraire. Ces résultats et quelques analyses plus fines des chercheurs montrent qu'un mouvement perçu peut générer une interaction avec un mouvement imaginé. Il semblerait donc que les stimuli perçus et les images mentales s'inscrivent dans la même mémoire tampon visuelle si l'on se réfère au modèle de Kosslyn (1975) dont nous parlerons plus loin.

Les travaux dont nous venons de parler semblent donner des résultats qui vont dans le sens d'une mise en oeuvre des mêmes mécanismes dans les tâches perceptives et imaginatives. Les structures de représentations qui s'activent pour former les images seraient similaires à celles de la perception (Denis, 1989). Mais nous soulignons que les tâches utilisées étaient souvent des tâches relativement statiques (comme visualiser une promenade ou détecter des cibles visuelles), que nous aurions classées comme des tâches "visuelles" dans la section précédente et non des tâches spatiales qui sont liées au fonctionnement de zones plus étendues du cerveau. Dans ce cadre précis, l'imagerie visuelle pourrait reposer sur les structures neurales du système visuel.

2 1 1 4 CRITIQUE DE LA THEORIE ANALOGIQUE.

Au niveau expérimental, nous avons déjà souligné que les recherches sur l'analogie structurale s'appuient sur les études des processus qui opèrent sur les représentations pour induire que les structures sous-jacentes sont identiques car il n'est pas possible d'étudier les structures à proprement parler. On peut s'interroger sur la validité des hypothèses sur les structures sous-jacentes vu l'indigence des données.

La conception analogique radicale qui suppose que les représentations sont isomorphes aux perceptions ne serait pas économique car le système ne pourrait pas retenir tous les possibles. Les tenants de l'analogie ne croient plus aujourd'hui à la métaphore d'une image comme reproduction du réel, l'information est supposée subir des transformations et une organisation qui vont, dès la perception, conduire à une schématisation de ses traits caractéristiques. La perception et l'image seraient le résultat de processus d'abstraction. Ce

renouveau est lié en grande partie aux tenants de la théorie propositionnelle qui, notamment par l'article de Pylyshyn (1973), secouèrent l'hypothèse analogique.

2 1 2 LA THEORIE PROPOSITIONNELLE.

Les théories analogiques et les théories propositionnelles soutiennent deux conceptions différentes de l'imagerie visuelle. Pour les premières, l'imagerie est un processus cognitif à proprement parler dont il faut définir les différents paramètres. Pour les secondes, il n'y a pas de véritable imagerie mentale, les images sont des épiphénomènes subjectifs. Cette dernière conception, quoique moins répandue, apporte une réflexion intéressante sur les processus d'imagerie.

2 1 2 1 ARGUMENTS EN FAVEUR DE L'ABSTRACTION.

L'idée de base de cette conception est de soutenir que les représentations ne peuvent revêtir des formes multiples en fonction de toutes les entrées sensorielles possibles. Neisser (1972) critique déjà la conception de l'image comme équivalence d'un tableau perceptif. Mais ce sont surtout le modèle H.A.M. de J. R. Anderson et G. H. Bower (1973) et la conception révolutionnaire de l'imagerie mentale de Pylyshyn (1973, 1981) qui vont porter un coup massif aux conceptions symboliques de l'image mentale.

Anderson et Bower (1973) se placent dans le cadre d'une conception abstractive de la mémoire, l'idée d'un stockage d'images de toutes sortes en provenance de chacune des modalités serait aberrante. Tout d'abord, cette conception n'est pas économique, on manquerait de place. Ensuite, un système omniscient devrait être postulé pour visionner et interpréter toutes ces images. Pour les auteurs du modèle H.A.M., la Mémoire à Long Terme contient des informations de nature propositionnelle, des prédicats sur les objets et leurs relations. Ces représentations abstraites et non modales sont stockées dans un système unique pour représenter à la fois les informations d'origine perceptive et les informations d'origine linguistique. Nous pouvons faire des inférences grâce à nos connaissances comme nous pouvons construire une image à partir de descriptions verbales. L'analogie de surface entre les images et les perceptions ne tient pas et les correspondances temporelles habituellement trouvées dans les expériences sur l'analogie structurale entre l'exploration des images et celles des objets du monde réel pourraient être le reflet de pénétration cognitive. L'expérience vécue a enseigné au sujet la relation entre la distance et le temps, par exemple, et cette connaissance modèlerait le comportement du sujet (Pylyshyn, 1981). Il n'est pas exclu en effet que les connaissances du sujet et les suppositions qu'il fait puissent générer des variables parasites. Une expérience de Mitchell et Richman (1980) proche de la tâche de la carte imaginaire

(Kosslyn et al, 1978) montre cet effet. Lorsque l'on demande aux sujets non plus de balayer mentalement l'image mais d'estimer le temps qu'il leur faudrait pour réaliser le balayage, les estimations des sujets correspondent au temps de balayage par imagerie.

Pour montrer que l'imagerie n'est pas un processus à variation continue, Hinton et Parsons (1981) développent une expérience intéressante. Ils demandent à leurs sujets d'imaginer un cube en position d'équilibre sur un de ses angles. Les sujets doivent ensuite dire comment sont placés les autres angles. Ces coins sont imaginés par la plupart des sujets comme situés sur une ligne horizontale, alors qu'ils forment, en fait, une ligne brisée. Les partisans de la théorie propositionnelle trouvent ici un argument pour montrer que nous n'effectuons pas mentalement un déplacement continu du cube mais que nous utilisons nos connaissances pour le construire dans une position déterminée. Comme la tâche est trop difficile, nous faisons des inférences erronées.

2 1 2 2 LA CONCEPTION DE PYLYSHYN.

Si Pylyshyn (1973, 1981) ne remet pas en doute l'existence du phénomène transitoire de l'image mentale à proprement parler, pour lui, l'imagerie ne peut pas être un système aux propriétés structurales et fonctionnelles propres.

Il s'intéresse aux structures de la représentation qui soutiennent l'imagerie. L'hypothèse de base capitale de son argumentation est la forme abstraite et non modale que revêtent les représentations, en opposition aux traditionnelles représentations symboliques, images et mots. Pour Pylyshyn (1973), les représentations abstraites sont des propositions, c'est à dire des concepts qui prennent une forme analogue à la structure de surface de phrases, ce sont des sortes de descriptions des objets qui ne sont pas accessibles à l'expérience subjective. Les traitements qui opèrent sur ces représentations pourront avoir pour résultat la production d'images ou de mots qui seront bien sûr conscients mais l'image sera une construction discrète au caractère transitoire.

Un des arguments de Pylyshyn pour nier la théorie concurrente est le manque de capacité, le système ne serait pas capable d'emmagasiner un stock d'images visuelles aussi important. D'autre part, le stockage de l'information dans deux formes totalement distinctes ne pourrait rendre compte de nos connaissances des relations entre les concepts disparates ; puisque les individus peuvent passer des images mentales aux mots correspondants et vice versa, un système de représentation, format ou langage, doit englober ces deux formes de cognition. Denis (1989) souligne d'ailleurs que l'hypothèse d'un système unique de codage sémantique pour les représentations a fait son chemin. Les nouvelles données ont été établies sur des paradigmes de jugement sémantique. Il a été trouvé une similarité des propriétés de codage et des lois qui régissent la mémorisation pour les matériels verbal ou imagé (Anderson

et Paulson, 1978). Les différences qui restent observables pourraient être liées à l'efficacité différentielle d'autres processus comme la discrimination qui serait plus ou moins efficace (Friedman et Bourne, 1976), l'activation qui serait plus ou moins rapide (Durso et Johnson, 1979). Par exemple, un dessin permettrait une construction de représentation plus rapide et provoquerait une réactivation plus rapide par la suite (Carr, McCauley, Sperber et Parmelee, 1982).

La conception propositionnelle va s'assouplir en raison de l'idée qu'il est nécessaire de postuler une certaine différenciation. Si tout est codé indistinctement sous le même format, on peut se demander comment l'individu peut retrouver l'origine perceptive ou verbale des informations contenues en Mémoire à Long Terme (Paivio, 1977). La théorie propositionnelle va faire l'hypothèse que les stimuli figuratifs et les stimuli verbaux activent bien des représentations communes mais avec une certaine spécificité. Selon leur origine, les stimuli pourraient "entrer en contact préférentiel avec des sous-ensembles d'information sémantique différents" (Denis, 1989, page 47). En d'autres termes, les composantes du système général seraient de la même nature abstraite mais auraient des caractéristiques différentes leur permettant d'entrer en contact soit avec des éléments verbaux, soit avec des éléments figuratifs.

Ainsi, on préserve l'idée de représentations de nature abstraite et propositionnelle mais les éléments qui les composent peuvent avoir un caractère différencié. L'image acquiert un statut moins subalterne, elle sera le résultat de l'activation d'éléments de la représentation générale par des processus particuliers.

2 1 2 3 CRITIQUE DE LA THEORIE PROPOSITIONNELLE.

Des arguments peuvent être opposés à l'idée de pénétration cognitive. Il est peu probable que le sujet connaisse explicitement toutes les règles de la perception et que, pour celles qu'il connaît avec certitude, il réussisse à adapter strictement son comportement à ses connaissances (Denis, 1989). Des expériences qui contrôlent ces variables parasites montrent qu'on retrouve bien la relation entre la durée et la distance que le sujet est censé parcourir même lorsque l'on ne demande pas explicitement aux sujets de le faire (e. g., Pinker, Choate et Finke, 1984). Par ailleurs, les sujets auxquels on demande de prédire les performances dans les tâches d'exploration ou de transformation ne formulent jamais explicitement la reprise de phénomènes perceptifs dans les tâches d'imagerie, ils ne disent pas textuellement, par exemple, "il faut plus de temps pour parcourir une distance plus longue", et ceci, même pour les sujets les plus brillants dans les tâches d'imagerie (e. g., Denis et Carfantan, 1986). De même, on ne trouve pas forcément d'effet lié à l'expérimentateur (Jolicoeur et Kosslyn, 1985). Enfin, l'argument le plus fort à opposer à l'idée de pénétration cognitive est sans doute

paradoxalement celui qui montre que les résultats aux tâches d'imagerie ne miment pas toujours les résultats à des tâches similaires mais perceptives. Une expérience de Kosslyn, Cave, Provost et Von Gierke (1988) soutient l'idée que la construction d'une représentation mentale prend plus de temps que l'élaboration d'une représentation perceptive. Une lettre minuscule apparaît à l'écran puis s'efface. Dans la condition imagée, deux croix sont présentées ensuite et le sujet doit dire si ces deux croix seraient sur une version en majuscule de la lettre concernée, version que le sujet est invité à construire mentalement. Plus les croix sont éloignées l'une de l'autre, plus le temps de décision est long. Mais, en condition perceptive, c'est à dire quand les lettres majuscules sont directement présentées avec les croix dessus, la distance entre les croix n'intervient pas dans la latence de décision, la réponse est quasi immédiate. Il n'y a donc pas, ici, d'imitation en condition imagée de ce qui se passe en condition perceptive. Le sujet n'agit pas comme s'il mettait en oeuvre les mécanismes de la perception que l'expérimentateur serait supposé attendre car si tel était le cas la réponse serait immédiate, comme dans la tâche perceptive. Il semble au contraire que le sujet construise une image.

Pour renforcer l'hypothèse de la variation continue, Cooper (1976) démontre clairement que la représentation interne passe par un continuum d'états intermédiaires. Le matériel expérimental est un polygone irrégulier. Les sujets doivent imaginer que ce polygone tourne sur lui-même. Après avoir calculé la vitesse individuelle de rotation des sujets, l'expérimentateur présente un polygone de test qui peut être identique ou symétrique au polygone de départ. L'expérimentateur a douze orientations possibles à présenter aux sujets. On trouve que les temps de réponse sont beaucoup plus courts lorsque le polygone de test est présenté dans la position déterminée pour correspondre à la position que le sujet a dû, d'après les calculs, faire atteindre au polygone qu'il fait tourner mentalement. Si on présente un polygone dans une autre orientation, les temps de réponse augmentent de façon linéaire avec la différence calculée entre l'orientation à laquelle le sujet est supposé être arrivé et l'orientation du stimulus test.

Il semble que nous pouvons affirmer désormais que la représentation mentale passe par une série de positions intermédiaires, ce que l'on ne pouvait pas faire avec certitude à partir des seules expériences qui montraient que la durée de la rotation mentale était proportionnelle à l'angle de rotation. En revanche, ici, la présence d'images dans des positions intermédiaires correspondant aux positions dans lesquelles serait perçu un objet qui tourne physiquement sur lui-même est clairement démontrée. Comme les positions testées sont relativement nombreuses, on pourrait pencher pour un processus analogique néanmoins le choix ne peut pas être clairement établi entre un processus continu et un processus qui évoluerait à tout petits pas discrets.

Le fait que la conception propositionnelle postule une certaine différenciation souligne également les difficultés que rencontre cette théorie dans sa conception la plus

radicale. Un reproche que l'on peut adresser aux tenants de la théorie propositionnelle est de se ranger derrière la théorie et d'apporter rarement la démonstration expérimentale des hypothèses qu'ils avancent, l'expérience du cube (Hinton et Parsons, 1981) étant à notre connaissance la seule réalisée dans le cadre de cette théorie. En général, les auteurs des thèses propositionnelles acceptent les résultats de leurs détracteurs, ils refusent seulement leurs interprétations. Sur le plan méthodologique, Paivio (1975) redoute que les tenants des modèles propositionnels qui s'inspirent des travaux de l'intelligence artificielle n'adoptent, à force de rationalisme et de conceptions en algorithmes, une interprétation trop étroite des représentations mentales. La modélisation est effectivement un des arguments de poids des tenants de la théorie propositionnelle (Anderson et Bower, 1973).

De l'adversité naît toujours quelque chose de positif. Les défenseurs des théories abstraites ont eu le mérite de soulever des problèmes importants. Leurs exigences ont contraint leurs détracteurs à une grande rigueur expérimentale qui les a conduits à rechercher à leur tour des données expérimentales et neurologiques beaucoup plus précises et à concevoir des modèles très riches.

2 3 UN MODELE A COMPOSANTES COMME COMPROMIS.

Face aux deux positions théoriques, Anderson (1978) choisit une position neutre, celle de l'indétermination. Il pense que les deux théories se valent. Pour lui, il est toujours envisageable de modéliser les données issues des recherches de l'associationnisme. Il pense que si l'on réussit à implanter un modèle propositionnel qui mime les données issues des recherches basées sur la théorie analogique, les thèses des partisans de l'analogie ne seront plus crédibles.

Mais il peut paraître sage d'envisager un compromis entre le point de vue propositionnel et le point de vue analogique. Il est économique et logique de penser que le système humain puisse disposer d'unités abstraites et générales qui offrent l'avantage de pouvoir grouper les multiples aspects du savoir bien que de nombreuses données expérimentales aillent plutôt dans le sens d'une spécialisation des processus.

Potter (1979) postule l'existence concomitante d'un système conceptuel et de processus modaux. La pensée au sens large serait de nature conceptuelle, non modale. Mais des processus reliés aux différentes modalités effectueraient les traitements. Ces processus seraient des relais entre les perceptions et le système conceptuel.

Nous allons nous intéresser au modèle de Kosslyn (1980). L'auteur, tenant du cognitivisme, soutient qu'il est nécessaire d'analyser les propriétés spécifiques des représentations imagées tout en cherchant à définir précisément l'infrastructure sous-jacente. C'est la raison pour laquelle il a, à la fois, développé une approche expérimentale précise et construit un modèle de simulation qu'il a implanté sur ordinateur. La contrainte de l'implantation amène le chercheur à approfondir sa conceptualisation. Ainsi, en ce qui concerne l'imagerie mentale, les composantes et les structures internes seront définies beaucoup plus précisément (Kosslyn et Shwartz, 1977). La simulation a une valeur heuristique car elle réalise concrètement la théorie elle-même, elle pourra être à la source de découvertes intéressantes.

Kosslyn suppose un modèle "à composantes" (en anglais, componential) dans lequel les modules de traitement sont relativement indépendants. Nous allons voir que si son modèle génère un produit cognitif proche de l'image, l'auteur ne refuse pas cependant la représentation propositionnelle en Mémoire à Long Terme.

2 3 1 UNE INFRASTRUCTURE PROPOSITIONNELLE POUR UNE IMAGE ANALOGIQUE.

Pour Kosslyn (1980), les images ont deux composantes. La représentation de surface est l'entité proche de ce qu'on appelle couramment l'image. La représentation profonde est l'information contenue en Mémoire à Long Terme à partir de laquelle l'image pourra être construite. La première fait l'objet d'études expérimentales, la seconde ne peut qu'être induite. Mais en réussissant l'implantation de son modèle sur ordinateur, Kosslyn (e. g., 1987) réalise sa théorie. Selon l'auteur, l'expérience d'avoir une image reflète la présence de représentations fonctionnelles quasi picturales dans une mémoire active, il a introduit la notion de mémoire tampon visuelle (en anglais, visual buffer) pour rendre compte des résultats qu'il trouvait dans ses expériences (Kosslyn, 1975). La mémoire tampon visuelle comporte des limites non extensibles, notamment par rapport à la taille apparente, similaires à la perception visuelle. Ces limites viennent contraindre la quantité d'informations disponibles en même temps pour un traitement.

2 3 1 1 L'IMAGE, UN PHENOMENE TRANSITOIRE ANALOGIQUE.

Kosslyn (1975) a montré que les images, chez les sujets expérimentaux, ont des propriétés structurales analogues aux perceptions. Dans son modèle informatique (e. g., Kosslyn, 1980), elles seront des entités quasi imagées qui prendront la forme de patterns d'activation dans la mémoire tampon. Les entités seront susceptibles de décrire non seulement

l'étendue spatiale des objets mais aussi d'autres propriétés visuelles comme la texture ou les contrastes. Dans le modèle, l'image est une configuration, un remplissage sélectif de points dans la matrice de surface qu'est la mémoire tampon visuelle. Cette mémoire fonctionne comme si elle était un espace coordonné avec une étendue spatiale limitée, d'une forme grossièrement circulaire équivalente à l'estimation de la forme du champ visuel. Nous notons que la construction d'image, chez l'individu, est nécessairement une activité consciente, or, comme conscience et Mémoire de Travail sont pratiquement indissociables, étudier l'activité d'imagerie revient à étudier un aspect de la Mémoire de Travail.

Au niveau de la génération des images, l'argument du balayage mental a été étendu pour suggérer que les images se construisent dans le temps et que les différentes parties d'une image sont construites les unes après les autres. Une expérience de Kosslyn et de ses collaborateurs, par exemple, montre que les temps de décision sont influencés par la complexité des lettres, que les différentes parties des lettres ne sont pas générées mentalement en même temps, que l'ordre de génération correspond à l'ordre habituel d'écriture (Kosslyn, Cave, Provost et Von Gierke, 1988). D'autres données soutiennent également l'idée que les images se construisent de manière sérielle puis s'effacent et que le nombre d'éléments des configurations influence les latences de réponses, les configurations les plus détaillées étant les plus longues à construire (e. g., Kosslyn, Reiser, Farah, et Fliegel, cité par Kosslyn, 1980). Pour tenir compte de ces données, Kosslyn va supposer dans son modèle que les différentes parties de l'image, détails d'un objet ou objets d'une scène, se construisent de manière séquentielle en se juxtaposant puis s'effacent ensuite. Les éléments seront donc à différents degrés d'effacement. Les éléments à la même phase d'effacement sont groupés selon la loi gestaltiste du "sort commun". Par ailleurs, les images seront supposées décrites du point de vue particulier, celui du spectateur (en anglais, *viewer centered*, selon la terminologie de Marr et Nishihara, 1978).

La résolution dans la mémoire tampon, comme dans le champ visuel, est limitée. Pour en rendre compte dans son modèle, Kosslyn (1980) donne une grenure à la matrice de surface. Quand les images sont trop petites, il y a beaucoup de points à l'intérieur d'une même cellule, ce qui rend la lisibilité plus difficile, cette propriété est modélisée en mettant une lettre majuscule dans la cellule alors que si un seul point occupe une cellule, on y met une lettre minuscule. D'autre part, les images sont mieux définies près du centre et se dégradent à la périphérie, ce qui est représenté par une augmentation de la taille des cellules en allant du centre à la périphérie. Ces variables de structure seraient liées au fait que pour l'homme, si la mémoire tampon visuelle supporte aussi l'expérience visuelle de la perception, cette structure nécessite surtout une grande résolution dans la région de la fovéa.

Cette mémoire tampon serait une sorte d'espace qui s'organise en support des images mentales au moment même de leur genèse. Pour Kosslyn, il existe une correspondance précise entre les éléments de l'objet imaginé et les régions activées. On voit donc que l'analogie postulée par Kosslyn est plus substantielle que l'analogie fonctionnelle, elle touche la structure même de l'image supposée correspondre point par point avec l'objet imaginé. Chaque partie de l'objet est représentée de manière analogue et dans une disposition semblable à l'objet réel, ceci rend compte des résultats des expériences précédentes dans lesquelles les distances entre les éléments de l'image semblaient correspondre à celles qui séparent les éléments des objets réels (e. g., Kosslyn, Ball et Reiser, 1978).

2 3 1 2 DES REPRESENTATIONS EN FORME DE FICHIERS.

Kosslyn (1980) postule deux sortes de représentations profondes pour soutenir les images. L'une qu'on pourrait qualifier de perceptive représenterait les apparences physiques. L'autre serait discursive, elle décrirait les choses.

Les représentations qui procurent l'architecture globale de l'objet sont de nature littérale. Mais le véhicule des encodages littéraux n'est pas un espace coordonné, il stocke les encodages dans des unités non spatiales qui sont modélisées par des fichiers ressemblant à des fichiers informatiques. Dans la simulation, les fichiers stockent des listes de coordonnées polaires, de type [r19 □1]. La paire "r, □" indique la distance et l'angle d'orientation relatifs à l'origine de la matrice de surface. L'origine des coordonnées polaires est toujours placée au centre de l'objet. La taille de l'objet sera ajustée en multipliant les valeurs de r, et le changement de localisation en déplaçant l'origine, à laquelle tous les couples "r, □" sont relatifs. Ce système est plus économique qu'un système cartésien. Il rend aisément compte des capacités des individus à imaginer un même objet à des tailles différentes ou à rapprocher plus ou moins les objets qu'il imagine. Les unités sont identifiées par un nom qui indique à la fois le contenu et le format de l'encodage, de type "*.img" (par exemple, "car.img" pour une voiture) et sert de code d'accès. L'extension .img correspond à un encodage littéral, celui qui soutient la construction de l'image. Le contenu précis de ces encodages dépend des encodages perceptifs.

Toutes les représentations sous-jacentes des images auraient un encodage squelettique sommaire (en anglais, skeletal encoding), c'est à dire une forme globale. Ces encodages représentent l'information littérale qui pourrait être stockée à partir d'un premier regard. Le sujet peut également encoder des unités complémentaires qu'il sera capable d'amalgamer ensuite en une seule image, pour compléter en quelque sorte l'image de base succincte. Les divers encodages sont reliés ensemble par des relations propositionnelles. Ces propositions notent l'endroit du squelette où doivent se rattacher les diverses unités

complémentaires et la manière de laquelle elles se rattachent. Il en résulte une hiérarchie qui rend compte de résultats expérimentaux : les sujets encodent d'abord une forme globale et ne voient les détails particuliers que dans un deuxième temps (Rock, Halper et Clayton, 1972), les détails particuliers ne sont reconnus que dans le cadre d'un contexte général quand l'orientation de la présentation est inhabituelle (Rock, 1973). Les détails annexes notamment sur les différentes parties de l'objet et leurs localisations seraient codés de manière abstraite et propositionnelle. Le véhicule des encodages propositionnels est structuré pour contenir des listes de propositions. Ces listes sont stockées dans des fichiers reliés par des flèches qui indiquent quels autres fichiers complémentaires peuvent être cherchés. L'organisation est hiérarchique, la recherche sera sérielle en partant des parties les plus fortement associées à celles qui le sont moins. Les listes sont identifiées par un nom qui indique à la fois le contenu et le format de l'encodage, de type "*.prp" (par exemple, "car.prp" pour une voiture) et sert de code d'accès. L'extension .prp correspond à un encodage propositionnel. Les listes contiennent les différentes parties d'un objet ou d'une scène qui sont indiquées par la relation "hasa.*" (par exemple, pour une voiture, hasa.reartire pour indiquer qu'elle a un pneu arrière). Les listes indiquent également où situer l'objet dans la scène ou l'élément sur le squelette de base au moyen d'un terme de relation et du nom d'un élément de base (par exemple, pour un pneu arrière, "location under - rearwheelbase", pour dire qu'il est situé sous la base de la roue arrière). Elles sont complétées par des indications sur la taille grossière de l'objet par rapport à un standard unique, celui de la taille humaine (par exemple, size : medium), une description abstraite des aspects critiques de l'apparence sous forme de listes de chiffres, le nom de la catégorie de superordre de l'objet (par exemple, "superord : véhicule"), le nom des encodages qui stockent la représentation littérale de l'apparence, les fichiers d'images (par exemple, "imagefile car.img"). Il existerait également des fichiers pour expliquer le sens des différentes relations.

Nous voyons qu'il n'est pas exclu de poser une architecture profonde de nature propositionnelle pour la mémoire visuelle tout en admettant que le système puisse construire des images dont les propriétés seront analogues à celles qui se forment à partir des perceptions. Si nos préoccupations sont différentes de celles des chercheurs de ce champ, nous ne faisons en effet pas d'hypothèses sur les propriétés des structures internes, nous trouvons en revanche intéressant de noter que Kosslyn (1980) souligne lui-même que les propriétés ne peuvent être comprises qu'en relation avec les processus qui opèrent sur elles. Nous allons voir comment fonctionne l'actualisation et le traitement des images dans le modèle.

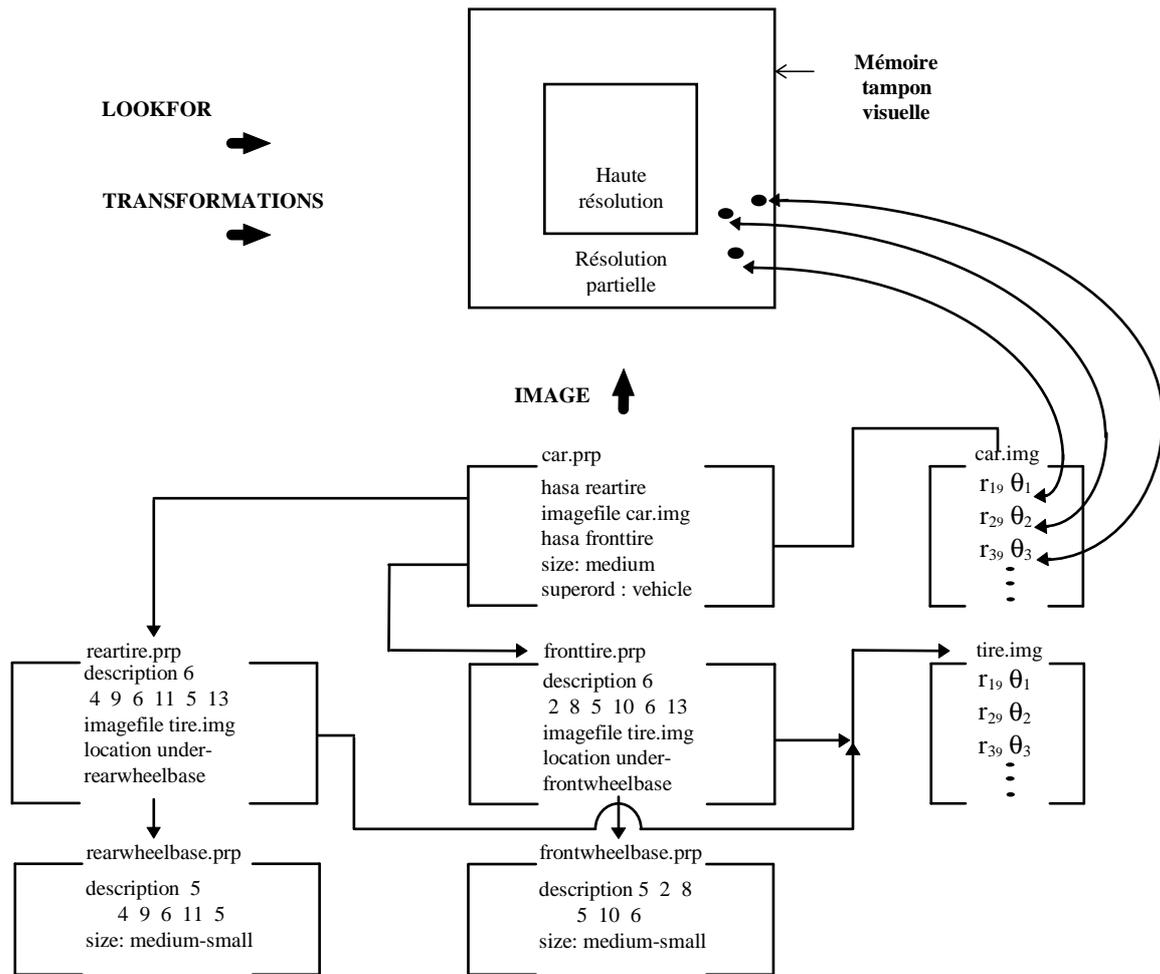


Figure 6 : Représentation schématique des structures du modèle de Kosslyn (1980).

2 3 2 LA MEMOIRE TAMPON DU MODELE EST-ELLE UNE MEMOIRE DE TRAVAIL ?

Kosslyn, a postulé une mémoire tampon visuelle (en anglais, visual buffer) comme lieu d'actualisation des images. Pour nous, cette mémoire active, foyer des expériences conscientes, pourrait être la Mémoire de Travail, bien que l'auteur n'emploie jamais l'expression "Working Memory" pour désigner la mémoire tampon de son modèle, le buffer est la mémoire visuelle immédiate selon lui. En revanche, Kosslyn (1991) mentionne un rôle dans le transfert des informations entre la mémoire tampon et le registre permanent pour une Mémoire de Travail. Logie (1995, page 131) avance que le stockage visuel temporaire n'est que la charge arrière sur laquelle repose l'image visuelle consciente qu'est le contenu de la mémoire tampon.

2 3 2 1 LA MEMOIRE TAMPON, LIEU DE TRAITEMENTS.

Kosslyn (1980) postule divers traitements de base qui s'appliquent aux structures de données et qui travaillent ensemble. Il existe des procédures qui dressent les représentations profondes en éléments de surface, c'est à dire, qui génèrent les images. D'autres procédures sont chargées d'évaluer l'image de surface, de trouver un pattern représentant une partie quelconque ou d'évaluer le niveau de résolution de l'image. Des procédures peuvent transformer l'image, en ajuster la taille, la passer en revue ou lui faire subir une rotation. Enfin des procédures sont utilisées pour répondre à des questions concernant les images.

Pour la génération d'images, la procédure "image", interface entre la configuration imagée et le reste du système cognitif cherche le fichier propositionnel (.prp) de l'objet que le système doit imaginer, puis part à la recherche d'un éventuel fichier d'image (.img). La procédure "image" coordonne ensuite trois autres procédures chargées de générer l'image, elle appelle la procédure "picture" qui permet au fichier de coordonnées "r, □" d'être converti en ensemble de points dans la matrice de surface, la procédure "picture" dessine l'image, en quelque sorte. La procédure "image" cherche les détails nécessaires indiqués par les entrées "hasa" dans le fichier propositionnel de l'objet. La procédure "find", interface entre la représentation propositionnelle d'une catégorie et la configuration spatiale d'un exemplaire, trouve la partie de l'image de base où un nouvel élément pourra être ajouté. La procédure "put" intègre l'encodage stocké de l'apparence de l'élément dans l'image de surface.

En ce qui concerne l'inspection d'images, il n'y a pas "d'oeil dans l'esprit" pour Kosslyn et Pomerantz (1977), mais un ensemble de procédures qui opèrent pour catégoriser les items spatiaux, un interface entre les représentations propositionnelles et les représentations de surface. La procédure "find" classe les éléments, la procédure "résolution" juge la résolution par la densité de points, la procédure "regenerate" rafraîchit l'image. Les procédures "zoom" pour grossir une image, "pan" pour élargir une image, en faire un panoramique en quelque sorte, "scan" pour recentrer la partie utile, et "rotate" pour effectuer une rotation, transforment les images pour rendre saillantes les parties qu'il faut mettre en évidence. Pour rendre compte de l'exploration d'images, Kosslyn (1980) postule que ces procédures bougent sélectivement des points dans la matrice de surface. Ces procédures et d'autres procédures qui peuvent s'avérer nécessaires comme "put" et "picture", sont coordonnées par la procédure "lookfor". "lookfor" agit pour que la partie à explorer soit régénérée, qu'elle ait une bonne résolution, qu'elle se présente à l'échelle convenable, qu'elle soit centrée.

Les images peuvent être transformées au cours des inspections. Une image n'est pas un dessin fixe en deux dimensions, elle peut être déplacée dans l'espace. En ce qui concerne les transformations, Kosslyn (1980) choisit un modèle qui fait éclater l'image puis en réajuste

les éléments mais il laisse ouverte la question du fonctionnement séquentiel ou parallèle chez l'homme. Les images sont transformées par portions. Pour que les procédures qui réajustent ensuite les parties soient efficaces, les déformations doivent être limitées, les pas ne doivent donc pas être trop grands. Les transformations peuvent opérer sur l'image entière pour la recentrer, l'agrandir, la réduire ou sur des parties délimitées de l'image pour exécuter une transposition, des changements relatifs de taille, une rotation ou des transformations spéciales.

Des processus permettraient d'utiliser les images pour répondre à des questions sur les objets. La procédure "compare" coordonne la manière de laquelle le système accède à et compare l'information pour répondre à des questions de comparaison. La procédure "answerif" coordonne la manière de laquelle est cherchée et traitée l'information dans les prises de décisions sur des énoncés.

La mémoire tampon visuelle est le lieu où s'effectuent tous les traitements sur les images. La nature active de ce processus le rapproche du concept de Mémoire de Travail.

2 3 2 2 LE PROCESSUS DE RAFRAICHISSEMENT.

Les images dans la mémoire tampon du modèle sont transitoires et nécessitent des efforts pour être maintenues, les éléments commencent à s'affaiblir dès qu'ils sont placés à moins qu'ils ne soient rafraîchis. Pour assurer le maintien des images visuelles, une fois que celles-ci sont formées, Kosslyn (1980) fait l'hypothèse de l'existence de processus de rafraîchissement qui s'appliqueraient aux images. Les unités générées dans le dispositif de traitement seraient activées tout au long des tâches d'imagerie, leur disparition correspondant à une activation insuffisante. On trouve peu de travaux à ce moment-là pour répondre à la question de la distinction entre les processus de génération et les processus de maintien. Pour Kosslyn (1980), plus les configurations sont complexes, plus elles seraient difficiles à maintenir, de plus, l'exploration active de l'image favoriserait son maintien (Kosslyn, 1980). Il postule néanmoins un processus de rafraîchissement (la procédure "regenerate") différent du processus de génération (la procédure "generate"). D'autres résultats expérimentaux laissent à penser que les processus qui génèrent les images pourraient être dissociés des processus qui les maintiennent (e. g., Farah, 1984).

La nature éphémère des images étant admise, Kosslyn suppose que des processus entreraient en action pour rafraîchir l'image. La procédure "regenerate" est chargée de réactiver les parties de l'image de surface. Dans le modèle (Kosslyn, 1980), la régénération se produit directement à la surface, sans qu'il ne soit nécessaire de repasser par la génération. Cette caractéristique est modélisée de la façon suivante. Quand l'image est générée initialement, chaque partie est imprimée avec une lettre différente suivant l'ordre alphabétique.

La procédure "regenerate" passe en revue la matrice de surface et rafraîchit la partie la plus ancienne en premier et les lettres sont attribuées de nouveau de telle sorte que les parties les plus récemment encodées soient imprimées avec les lettres les plus proches du début de l'alphabet.

Le rafraîchissement puiserait dans les ressources cognitives. Comme celles-ci sont limitées, la durée de maintien de l'image dépendrait du volume des ressources disponibles. Kosslyn (1980) a défini une limite à la capacité de traitement de l'image en terme de vitesse à laquelle la construction et le déclin se produisent. Si l'image comprend trop de sous-ensembles, les premiers construits se seront évanouis avant que la procédure de régénération n'ait pu se mettre à fonctionner. La capacité de traitement sera dépassée, les différentes parties de l'image ne seront pas exposées en même temps.

En définitive, l'ordinateur n'a pas d'images en stock mais seulement un dispositif qui est un ensemble de procédures qui accèdent à des fichiers. Pourtant, même s'il ne s'agit que d'une liste de points et de leur coordonnées, l'ensemble "structures plus traitements" génère un produit qui a vraiment les propriétés spatiales d'une image. Kosslyn insiste sur le caractère "imagé" de ce qui émerge. Quand les points sont juxtaposés dans la matrice, des configurations émergent qui n'étaient pas notées explicitement ni même dérivables aisément de la liste de points ; les éléments constitutifs pris isolément ne font pas une image, pourtant c'est une véritable image qui est générée.

2 2 3 CRITIQUES DU MODELE DE KOSSLYN.

Tout en rejetant l'idée simpliste de la présence d'un stock d'images dans la tête, le modèle suggère comment de façon économique l'individu pourrait actualiser des images proches des perceptions visuelles. On voit grâce au modèle de Kosslyn que l'image mentale peut atteindre un statut concret à partir d'une base abstraite. Son modèle offre donc la possibilité de réconcilier les points de vue analogique et propositionnel.

Kosslyn aborde la mémoire visuelle d'une manière intéressante : il centre ses recherches sur les tâches et cette démarche nous paraît fondamentale. L'auteur postule l'existence d'une mémoire tampon dans laquelle sont créées les images mentales et qui fonctionne comme une mémoire active dans laquelle des traitements sur l'image sont opérés et qui possède des processus de rafraîchissement. En implantant son modèle sur ordinateur, Kosslyn permet à sa théorie de prendre corps. Cette réalisation l'oblige à chercher comment modéliser les résultats classiques sur le sujet humain, elle a donc une grande valeur heuristique. Nous pensons que la mémoire tampon du modèle est un candidat pour la

Mémoire de Travail visuo-spatiale puisque c'est là que se déroule l'activité consciente d'imagerie.

Dans son modèle, Kosslyn (1980) n'intègre pas de dissociation entre les propriétés visuelles et spatiales. Pour lui, les images mentales ont des propriétés visuelles et une organisation spatiale qui sont étroitement liées. Néanmoins, nous avons vu dans la section précédente que les données de la neuropsychologie soutiennent cette distinction chez l'homme (e. g., Farah, Hammond, Levine et Calvanio, 1988). Les tâches traditionnelles d'imagerie comme la comparaison mentale de la taille d'objets ou les questions qui nécessitent d'activer des objets de la mémoire permanente pour découvrir certaines propriétés, pourraient être liées au fonctionnement des aires visuelles du cerveau. Les tâches plus dynamiques comme la rotation ou le balayage mental seraient liées au fonctionnement d'aires variées. Nous avons admis que cette séparation des tâches impliquait l'hypothèse de la distinction des processus sous-jacents.

Le modèle de Kosslyn peut-il rendre compte de cette distinction ? En fait, par la multiplicité des procédures qui sont postulées, on peut supposer que le modèle peut intégrer d'une certaine manière cette dissociation sans qu'elle ne soit ouvertement prise en compte. En effet, Kosslyn distingue les procédures qui génèrent les images, celles qui sont responsables du passage en revue des images une fois qu'elles sont formées, celles qui transforment, celles qui permettent de répondre à des questions sur les propriétés. La séparation est bien présente mais elle semble avoir un caractère plus éclaté que la simple séparation du visuel et du spatial.

CONCLUSIONS DU CHAPITRE 2

Le but premier des chercheurs qui se sont intéressés à la mémoire visuelle a souvent été de spécifier les propriétés des structures sous-jacentes avec au coeur des débats un conflit sur la nature des informations contenues en Mémoire à Long Terme. Les tenants de la théorie propositionnelle (Anderson et Bower, 1973 ; Pylyshyn, 1973 ; 1981) pensent que l'image mentale visuelle n'existe pas alors que les tenants de la théorie analogique soutiennent l'existence d'images qui seraient des équivalents des perceptions. Si la conception de "l'image dans la tête" a disparu, une analogie peut être postulée entre les mécanismes de la perception et ceux de l'imagerie, analogie fonctionnelle (e. g., Shepard et Chipman, 1970) ou structurale (Kosslyn, 1973 ; 1975). Le modèle implanté sur ordinateur par Kosslyn (1980) pourrait réconcilier tout le monde puisque son auteur montre de façon économique comment des

représentations spécifiques et des représentations plus générales et plus abstraites pourraient s'articuler pour actualiser des images dans une mémoire tampon.

La querelle sur la nature des informations contenues en Mémoire à Long Terme qui seraient à l'origine de la génération d'images ne nous concerne pas directement. Nous pouvons rapprocher cette divergence de points de vue avec la séparation entre les tenants des ressources flexibles et les tenants des ressources spécialisées en Mémoire de Travail. Anderson et Bower (1973) qui postulent des ressources flexibles en Mémoire de Travail soutiennent naturellement la conception propositionnelle puisque ce type de conception est hautement flexible alors que les tenants de l'analogie se rapprocheront forcément de la conception en terme de ressources spécialisées.

Les premières recherches sur la mémoire visuelle se sont d'abord donné comme but de dissocier la mémoire verbale et la mémoire visuelle car si l'imagerie était l'objet de préoccupations depuis l'Antiquité, il fallait asseoir cette dissociation sur des données fiables. Les recherches expérimentales de Paivio ont été déterminantes. Paivio affirme l'existence de la mémoire visuelle à travers des tâches verbales pour lesquelles il montre qu'un double codage, reposant simultanément sur des processus verbaux et visuels, améliore la performance (e. g., Paivio, 1975). Nous voyons que dès que l'on aborde la question de la mémoire visuelle, on se heurte à des problèmes au niveau des tâches, les tâches utilisées pour montrer l'existence de la mémoire visuelle sont en général des tâches qui portent sur le caractère imagé du matériel ... verbal ! Cependant, cette première dissociation était sans doute le passage obligé pour mettre en évidence l'existence de processus non verbaux dans le contexte de l'époque.

Par ailleurs, l'hypothèse de la spécialisation hémisphérique avait amené l'idée que chaque hémisphère pourrait prendre en charge les traitements sur un type de matériel, l'hémisphère gauche serait chargé du matériel verbal et le droit du matériel visuo-spatial. En fait, l'implication de l'hémisphère droit n'est pas avérée, il semble que les processus responsables de la génération des images seraient plutôt associés à des régions postérieures gauches (Farah, 1984 ; Denis, 1989). En fait, il s'agit également d'un problème de tâches et une dissociation entre les tâches est mise en évidence (Farah, 1984 ; Farah Hammond, Levine et Calvanio, 1988). Les tâches d'imagerie les plus statiques reposeraient seulement sur l'utilisation de processus semblables à ceux qui sont liés à la perception visuelle. Les tâches les plus dynamiques, celles qui nécessitent une transformation du matériel, reposeraient sur l'utilisation de processus plus variés et l'on trouve une activation dans des régions diverses du cerveau. Le problème des tâches est officiellement soulevé lorsque Farah (et al, 1988) classe les tâches en séparant celles qu'elle qualifie de "visuelles" de celles qu'elle qualifie de "spatiales".

Les tenants de la théorie analogique avaient comme centre d'intérêt principal les représentations stockées en Mémoire à Long Terme, ils cherchaient à montrer l'analogie des représentations et des perceptions, l'analogie des processus et des mécanismes impliqués dans l'imagerie et la perception. Les tenants de la théorie propositionnelle supposent que l'image n'est qu'un épiphénomène émergeant à partir de représentations abstraites, leur centre d'intérêt se trouve donc déplacé, c'est la construction de l'épiphénomène imagé qui les intéresse. Kosslyn qui intègre les deux courants suppose que les produits imagés pourraient être actualisés à partir de représentations abstraites dans une mémoire tampon, envisagée dans son modèle comme une sorte de matrice où les images visuelles se construiraient et subiraient des traitements en fonction des demandes des tâches à réaliser (e. g., Kosslyn, 1980). L'adéquation entre les résultats des sujets expérimentaux et les performances du modèle est satisfaisante. Cette mémoire tampon à capacité limitée est munie d'un processus de rafraîchissement qui pourrait être rapproché du mécanisme de rafraîchissement par répétition que nous connaissons pour la mémoire immédiate verbale puisque l'information est supposée rafraîchie de manière séquentielle. Dans le modèle de Kosslyn, de multiples processus sont impliqués dans les tâches d'imagerie et ceci peut être rapproché des dissociations au sein des processus de l'imagerie visuelle faites par Farah (1984) dans le cadre d'une approche modulaire à partir de données de la neuropsychologie. Nous avons souligné que cette mémoire tampon, par le caractère conscient des activités qui s'y déroulent, pouvait être une sorte de Mémoire de Travail dont elle emprunte par ailleurs les caractéristiques : capacité limitée, lieu de traitement, présence d'un processus de rafraîchissement. De plus une tâche d'imagerie comme la rotation mentale de stimuli nécessite l'actualisation d'informations à partir de la Mémoire à Long Terme, leur maintien et l'occurrence de traitements sur ce matériel, elle a des caractéristiques similaires aux tâches de Mémoire de Travail.

Bien qu'un hermétisme paraisse séparer les deux courants de recherche, il nous semble que les travaux sur l'imagerie mentale qui s'intéressent à la construction de l'image posent le problème de la Mémoire de Travail visuo-spatiale par le fait même qu'ils s'intéressent à la construction épisodique de l'image. Leurs centres d'intérêt sont les mêmes : comment se construit l'image, comment elle est maintenue, comment elle est traitée. Les données et réflexions consécutives aux travaux sur l'imagerie devraient être plus intégrés dans les travaux sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale.

CHAPITRE 3

***LA MEMOIRE
VISUO-SPATIALE***

Le premier chapitre nous avait laissé sur l'idée d'un hypothétique système esclave spécifique et unitaire responsable de la rétention et du traitement des représentations visuo-spatiales, le calepin visuo-spatial postulé par les travaux de Baddeley et de ses collaborateurs sur la Mémoire de Travail. A l'issue du second chapitre, nous constatons que les études sur la mémoire visuelle et l'imagerie mentale amènent la question de la Mémoire de Travail visuo-spatiale. Dans le chapitre courant, avant de nous pencher sur les problèmes inhérents à la Mémoire de Travail visuo-spatiale, nous distinguerons la Mémoire à Court Terme visuo-spatiale du processus plus périphérique qu'est la mémoire iconique.

1 MEMOIRE ICONIQUE ET MEMOIRE VISUELLE A COURT TERME.

La mémoire iconique et la Mémoire de Travail visuo-spatiale possèdent un lien de parenté par le domaine des entrées, le type de matériel, qu'elles sont censées retenir mais elles peuvent être différenciées sur leurs caractéristiques de fonctionnement. Le concept de mémoire à très court terme visuelle ou mémoire iconique a été largement développé (e. g., Posner, 1969), il est nécessaire de montrer que la Mémoire de Travail visuo-spatiale se distingue de la mémoire iconique.

1 1 LA MEMOIRE ICONIQUE.

Le domaine de la psychologie qui s'intéresse à la détection et à l'interprétation des stimuli sensoriels est le domaine de la perception. Les travaux qui s'y rapportent nous permettent de mieux comprendre la sensibilité des organismes humains aux signaux sensoriels et la manière de laquelle nous interprétons ces signaux. On emploie le terme "perception" pour désigner l'interprétation et la compréhension des "sensations" qui se réfèrent, elles, à la réception de l'énergie des stimuli en provenance du monde physique. La question de la dichotomie entre les expériences sensorielles et leurs interprétations a soulevé des débats chez les psychologues qui travaillent sur la recherche perceptive mais ces discussions n'entrent pas dans le cadre de cette recherche.

Après la phase sensorielle visuelle on décrit une "mémoire iconique". Cette terminologie donnée par Neisser (1967) désigne les stockages visuels dont la durée ne dépasse pas une fraction de seconde. On peut faire l'expérience de ce stockage sensoriel où les impressions visuelles persistent très simplement : si l'on déplace une brindille dont l'extrémité est enflammée dans la nuit, on peut apercevoir une traînée lumineuse qui suit la braise. Le déplacement d'un point lumineux dans l'obscurité met en évidence une persistance visuelle d'environ cent millièmes de secondes.

Des travaux de Sperling qui portent sur le rappel de lettres présentées en trois rangées de quatre lettres pendant une durée de cinquante millièmes de secondes remettent en question la capacité supposée de la mémoire iconique. Le rappel libre traditionnellement employé donne une performance de quatre ou cinq lettres sur les douze présentes à l'encodage. On pourrait penser que les sujets n'ont le temps de voir ou la possibilité de retenir que ces quatre à cinq lettres. Or, Sperling (1960) montre que si l'on demande au sujet de rappeler une seule ligne de lettres et bien qu'on lui indique la ligne qu'il doit restituer au moment seulement de la réponse, les sujets rappellent environ trois stimuli par ligne ce qui porte à neuf le nombre d'items qui pourraient être présents en mémoire iconique. Sperling met ainsi en évidence l'inefficacité des tâches d'empan perceptif simples à rendre compte de la capacité de la mémoire iconique. En restituant les informations textuellement, les sujets perdent une partie de ce qui semble pourtant stocké en mémoire iconique. Selon les tâches utilisées, on voit que la performance mesurée peut varier, il est donc très difficile de connaître la capacité réelle du processus. Les raisons de cette difficulté tiennent aux faits que, d'une part on ne connaît pas avec précision le rôle des indices dans les tâches de rappel partiel, d'autre part la restitution d'un item pourrait faire diminuer les chances de trouver les items suivants. En effet, la génération d'une réponse aurait un coût qui pourrait générer un effet d'interférence, ce que Tulving et Arbuckle (1963) appellent interférence de sortie (en anglais, output interference). En jouant sur le délai entre la présentation de lettres et le moment du rappel, Sperling (1963) trouve que la performance des sujets estimée d'après les résultats au test par ligne chute de neuf lettres en test immédiat à quatre ou cinq items lorsque l'indice pour la réponse est fourni à cinq cents millièmes de secondes d'intervalle. Cette performance est identique à celle du report total des expériences classiques. Pour Sperling, la durée de la mémoire iconique serait de deux cent cinquante millièmes de secondes. D'autres expériences portent sur du matériel non verbal. Une expérience de C. W. Eriksen et J. F. Collins (1967) suggère que la durée pourrait n'être que de cent millièmes de secondes dans une expérience qui porte sur un phénomène particulier, la capacité de combiner des patterns sans signification. On présente séparément au sujet deux configurations de points qui, si on les superpose, peuvent faire apparaître des lettres. La performance, mesurée par la qualité de l'identification, décline jusqu'à sa disparition à cinq cents millièmes de secondes mais marque une chute dramatique

quand l'intervalle atteint cent millièmes de secondes. Phillips (1974) propose une tâche de reconnaissance qui montre que la mémoire iconique n'est pas sensible à la complexité de la figure à mémoriser. Deux configurations de cases, la seconde étant ou non identique à la première, sont présentées successivement dans un délai très bref. L'augmentation de leur complexité de quatre à vingt-cinq cases ne modifie pas la performance tant que les deux configurations restent superposées. Une autre caractéristique de la mémoire iconique est sa sensibilité à la luminosité ambiante, il existe un effet de masquage lumineux. Un flash lumineux après la présentation de l'icône provoque un effet perturbateur sur les performances. En opposition, une présentation dans l'obscurité allonge le délai de maintien des stimuli (Sperling, 1963).

On peut s'interroger sur l'utilité de ce concept au niveau des tâches de traitement de l'information visuelle. Haber (e. g., 1983) dénie tout intérêt cognitif à la persistance visuelle. Dans la vie courante, ce codage n'est que rarement utilisé, la perception humaine normale n'implique pas de brèves fixations et les yeux restent rarement immobiles. Bien que l'existence de la persistance visuelle ne puisse être mise en doute, pour Haber, la vision normale n'est pas une suite de flashes discrets. Pour Coltheart (1983), le rôle de la mémoire iconique est d'assurer une persistance à partir de l'apparition d'un stimulus et non pas de fournir un prolongement du maintien après sa disparition, elle serait utile pour fournir un temps minimal permettant au système perceptif de traiter les informations de trop courte durée.

1 2 APRES LA MEMOIRE ICONIQUE.

La mémoire iconique est une mémoire transitoire qui ne dure que quelques dixièmes de secondes. Or, des informations utiles pour les activités de haut niveau doivent pouvoir être maintenues plus longtemps que quelques fractions de secondes. Pour la réalisation des tâches complexes, la mémoire iconique ne semble donc pas pouvoir être un candidat pour remplir les fonctions d'une Mémoire de Travail visuo-spatiale.

Posner et ses collaborateurs supposent qu'au delà de la mémoire iconique se situerait une Mémoire à Court Terme visuelle (Posner et Keele, 1967 ; Posner, Boies, Eichelman et Taylor, 1969). Ils développent une procédure qui consiste à présenter au sujet une lettre suivie, après un délai, d'une seconde lettre à comparer avec la première pour dire si ces deux lettres portent le même nom. Les sujets doivent presser une clé le plus rapidement possible lorsque les lettres ont le même nom (par exemple, AA ou Aa) et une autre clé lorsque les lettres n'ont pas le même nom (par exemple, AB ou Ab). Pour des lettres du même nom, les auteurs observent que lorsque les deux lettres sont identiques au niveau visuel (par exemple, AA), les réponses des sujets sont inférieures de quatre-vingts millièmes de secondes en moyenne par

rapport à la condition où les lettres sont différentes (par exemple, Aa ou aA). En faisant varier le délai entre les deux présentations, les auteurs observent que l'avantage de l'identité visuelle diminue et disparaît complètement à partir de deux secondes. Pour Posner, cela montre l'existence d'une trace visuelle dont la durée serait de deux secondes. En fait, à partir de deux secondes, la stratégie du sujet pourrait être d'utiliser le codage du nom qui est clairement établi et plus fiable pour appuyer sa réponse sans toutefois que le codage visuel n'ait totalement disparu : la disparition de l'avantage de l'identité perceptive ne signifierait pas la disparition de la mémoire visuelle mais le choix préférentiel d'un autre codage. D'ailleurs, une expérience de Phillips et Baddeley (1971) suggère que la Mémoire à Court Terme visuelle pourrait durer jusqu'à trois secondes et les recherches de Parks, Kroll, Salzberg et Parkinson (1972) avec la suppression articulatoire montrent que la trace visuelle peut être maintenue jusqu'à huit secondes.

D'autres expériences explorent la rétention de lettres (Kroll, Parks, Parkinson, Bieber, Johnson, 1970). Il s'agit d'expériences utilisant la procédure de "pistage" (en anglais, shadowing) concurrent, qui consiste à partager les stimuli en dichotomie sur les deux oreilles. Le matériel à retenir peut être présenté oralement mais emmêlé avec du matériel non pertinent que les sujets doivent suivre également, dans ce cas, deux voix très distinctes présentent les stimuli, une voix féminine et une voix masculine. Ou bien le matériel est présenté visuellement, et la voix féminine redit les lettres interférentes sans discontinuer. En rappel immédiat les performances sont identiques dans les deux conditions, ce qui montre que la perception est correcte dans les deux cas. En revanche, une phase de rétention durant laquelle le pistage auditif concurrent se prolonge aboutit à une perturbation plus importante sur la rétention de matériel présenté oralement que sur celle du matériel présenté visuellement. Il semble donc que les lettres présentées visuellement ne bénéficient pas du seul codage phonologique, supposition renforcée par les recherches de Parkinson, Parks et Kroll (1971) qui montrent que l'effet de similarité phonologique qui perturbe la rétention de lettres présentées oralement disparaît lorsque la présentation est visuelle. Mais ces résultats sont parfois interprétés comme un effet d'amorçage passif des unités qui représentent les lettres en Mémoire à Long Terme (e. g., Kroll et Parks, 1978).

L'avantage de l'identité perceptive et de la présentation visuelle de stimuli verbaux laissent à penser qu'il existe bien une activité mnémonique à court terme autour des informations de nature figurative. Cette mémoire visuelle à court terme dure plus longtemps que la mémoire iconique. Baddeley (1986) souligne que les recherches de Posner permettent de supposer qu'il existe une forme de "répétition" visuelle. S'il existe une forme de rafraîchissement, la mémoire visuelle à court terme pourrait éventuellement être considérée comme la base de la Mémoire de Travail visuo-spatiale. Nous allons maintenant nous pencher sur les différentes approches de la Mémoire de Travail visuo-spatiale.

2 LA MEMOIRE DE TRAVAIL VISUO-SPATIALE

Nous présenterons trois approches complémentaires de la Mémoire de Travail visuo-spatiale. La première approche nie l'existence d'une Mémoire à Court Terme visuo-spatiale comme entité indépendante, les activités mnémoniques sont l'expression d'un système général. En s'appuyant sur les arguments qui soutiennent la dissociation du verbal et du visuo-spatial, la seconde approche conçoit la Mémoire de Travail visuo-spatiale comme un tout qui s'oppose à la mémoire verbale, avec un courant qui défend la conception d'un système esclave unitaire et spécifique et un courant qui défend l'idée que la Mémoire de Travail visuo-spatiale dépend de l'Administrateur Central, ces deux courants s'inscrivant dans la mouvance du modèle initial de Mémoire de Travail (Baddeley et Hitch, 1974). En s'appuyant sur les arguments qui soutiennent que les processus qui traitent les aspects non verbaux sont multiples, la troisième approche postule un éclatement de la mémoire visuo-spatiale en composantes spatiales et visuelles, elle fait donc écho aux travaux sur l'imagerie mentale qui soutenaient déjà ce type de dissociation (e. g., Farah, 1984). Selon les conceptions nous retrouverons cette dissociation sous forme de composantes spécifiques ou sous forme de processus éclatés dépendants de l'Administrateur Central.

2.1 LA MEMOIRE DE TRAVAIL VISUO-SPATIALE NON DIFFERENCIEE DES AUTRES MEMOIRES.

Les résultats expérimentaux de Jones et de ses collaborateurs mettent en évidence des différences qui sont classiquement attribuées à la nature des stimuli censée déterminer les mécanismes mis en activité : l'individu est supposé avoir à sa disposition divers registres de stockage et divers traitements et le système gère les tâches en activant les processus adaptés. Jones va chercher à montrer que tous les objets sont équivalents sur le plan fonctionnel quelle que soit leur nature et que les facteurs déterminants les différences d'effets entre les tâches visuo-spatiales et verbales peuvent être de petites différences dans la nature des interférences

et les types de rappel. Ses travaux remettent en cause le modèle de Mémoire de Travail classique.

2 1 1 LE ROLE DE DETAILS TRIVIAUX

2 1 1 1 L'EQUIVALENCE FONCTIONNELLE DES OBJETS.

Dans le modèle de Mémoire de Travail classique (Baddeley et Hitch, 1974), on trouve une organisation de mémoires dans laquelle les événements sont stockés séparément en fonction de leur nature, interprétation qui s'appuie sur le paradigme des tâches interférentes et de l'interprétation que les auteurs en font. Ils partent sur l'idée de base que les activités concurrentes créent un effet interférent massif lorsqu'elles mobilisent les mêmes processus que les tâches principales et que le degré d'interférence est minimal quand les activités concurrentes mobilisent des processus supposés différents de ceux dans lesquels l'activité principale puise (e. g., Baddeley, 1990). Or il existe un certain nombre de faits expérimentaux qui vont à l'encontre de cette assertion. Des études sur la mémoire spatiale sérielle de Smyth et de ses collaborateurs ont montré que la suppression articulatoire par comptage à rebours fait chuter l'empan spatial sériel mesuré par la mémoire de l'ordre dans lequel un ensemble de localisations a été présenté (Smyth, Pearson et Pendleton, 1988 ; Smyth et Pelky, 1992). Si nous pouvons argumenter que la tâche interférente verbale employée ici avait un coût attentionnel, il est, en revanche, plus difficile d'expliquer certaines corrélations. L'empan spatial corrèle avec la vitesse d'articulation alors qu'il ne corrèle pas avec la vitesse de mouvements (e. g., Smyth et Scholey, 1992). L'effet inverse lui-même a également été trouvé puisque Morris (1987) montre qu'une tâche de poursuite visuo-spatiale crée une interférence sur le rappel de consonnes présentées dans la modalité auditive. Et le rejet de la cause de l'échec sur l'Administrateur Central, traditionnel dans les interprétations des modèles classiques, peut aussi être refusé puisque Quinn (1994) a montré qu'un mouvement passif, donc ne nécessitant pas ou très peu de capacité attentionnelle selon les travaux de Marteniuk (e. g., 1976) provoquait un effet d'interférence sur la tâche verbale de Brooks (1967).

Jones, Farrand, Stuart et Morris (1995) montrent que les courbes de rappel sont similaires pour tous les objets. Ils mettent au point une tâche spatiale qui minimise les possibilités de codage verbal (Morris, 1987) : des points noirs posés aléatoirement et de manière séquentielle sur l'écran. Les points sont présentés ensuite ensemble sur l'écran et le sujet doit les pointer dans leur ordre d'apparition à la première présentation. Jones (et al, 1995) trouve de nombreux traits d'analyse en faveur de l'équivalence fonctionnelle. Les sujets ne présentent aucune difficulté pour retenir sept items, même lorsqu'il s'agit d'items spatiaux. La

primauté et la récence revêtent des formes similaires pour le matériel spatial et pour le matériel verbal même en présentation auditive, avec une récence très marquée quand il faut rappeler l'ordre seulement (Battacchi, Pelamatti et Umeltà, 1990). La durée de l'intervalle de rétention joue un rôle modeste dans les patterns d'erreurs. L'erreur augmente avec l'allongement de la longueur des listes d'items.

Ceci est évidemment contraire aux résultats de Broadbent et Broadbent (1981) et de Phillips et Christie (1977 a ; b) qui ne trouvaient pas de primauté et de Phillips et Christie (1977 a ; b) qui trouvaient un effet de récence sur un item seulement dans les tâches de mémoire visuo-spatiale et se servaient de la différence entre les courbes des tâches visuo-spatiales et des tâches verbales pour argumenter la dissociation des processus qui soutiennent ces deux mémoires. Mais les auteurs en question proposaient une tâche de sondage (Broadbent et Broadbent, 1981) ou de reconnaissance (Phillips et Christie, 1977 a ; b) et non des tâches similaires pour le matériel verbal et pour le matériel visuo-spatial. Il faut noter d'ailleurs qu'un effet de récence dans des tâches visuelles, comme le langage des signes et les mouvements de lèvres avait déjà été mis en évidence (e. g., Shand et Klima, 1981). Des modèles supposent que la récence est liée à l'aisance de discrimination de l'information spatiale et temporelle (pour une revue, Greene, 1992). La récence auditive a été analysée comme un produit de la discrimination temporelle supérieure du matériel auditif (e. g., Nairne, 1988). Cette explication ne rend pas compte du fait que les courbes de rétention de points présentent un effet de récence marqué. Puisqu'on ne peut supposer que les sujets codent verbalement la tâche de mémorisation de points, Jones et ses collaborateurs postulent que les deux tâches se partagent des attributs fonctionnels communs.

Jones (et al, 1995) montre que le rappel en ordre de tout matériel, stimuli verbaux et stimuli spatiaux, est perturbé aussi bien par des tâches verbales que par des tâches spatiales. Il n'y aurait pas d'interférence spécifique, l'interférence serait plus forte avec des séquences non répétées d'actions ou de sons qu'avec des séquences répétées et, ceci, indépendamment de la nature des stimuli.

Les auteurs testent la tâche spatiale sérielle de mémoire de points et une tâche verbale sérielle de mémoire de lettres dans lesquelles seul l'ordre des items doit être rappelé, avec diverses tâches interférentes. Les deux tâches principales se montrent sensibles à l'interférence par la boîte de Moar (1978), tâche dans laquelle il faut presser successivement une série de douze clés. Le tapotement simple sans changement d'état ne provoque pas de perturbation. Les deux tâches principales se montrent également sensibles à la suppression articulatoire par répétition de la séquence de chiffres "1, 2, 3, 4, 5" alors que la suppression articulatoire par simple répétition d'une syllabe ne provoque pas de perturbation. On ne retrouve donc pas les dissociations fonctionnelles classiques des modèles de Mémoire de Travail. Les stimuli quels

qu'ils soient sensibles aux interférences qui présentent un changement d'état : la discontinuité perceptive serait la condition nécessaire à l'interférence.

2 1 1 2 UNE DIFFERENCIATION DES TACHES.

Après avoir montré que tous les objets se comportaient de la même manière lorsque l'on fait un simple rappel de l'ordre de présentation, Jones et ses collaborateurs mettent en évidence le fait que dans les tâches classiques on n'a pas toujours prêté assez d'attention aux paradigmes expérimentaux. De ce fait, on ne sait pas toujours bien ce que l'on demande lorsque l'on propose une tâche de mémoire. Des points de la présentation qui semblent des détails insignifiants peuvent faire basculer une tâche qu'on croyait être un rappel de stimuli en ordre en simple tâche de rappel de l'ordre.

Farrand et Jones (1996) comparent la performance selon l'ordre de rappel, endroit ou envers, sur des tâches dans lesquelles on demande aux sujets de rappeler l'ordre et les items et sur des tâches dans lesquelles seul le rappel de l'ordre est demandé et ceci pour du matériel visuo-spatial (des points) et du matériel verbal présenté dans la modalité visuelle ou auditive. Ils trouvent que lorsque l'on demande aux sujets de rappeler les stimuli et leur position sérielle, la performance est meilleure en rappel endroit qu'en rappel envers, et ceci même lorsque les sujets sont prévenus assez tôt pour pouvoir mettre en place une stratégie adaptée. En revanche, lorsque seul l'ordre de présentation doit être restitué, la performance ne présente pas de différence significative entre le rappel endroit et le rappel envers. Classiquement, pourtant on ne trouvait pas de différence entre le rappel endroit et le rappel envers sur les blocs de Corsi (Isaacs et Vargha-Khadem, 1989). Farrand et Jones (1996) interprètent la différence entre la performance à leur expérience et les résultats classiques par le fait que dans la tâche développée par Corsi les stimuli restent toujours présents, il n'y a pratiquement pas à les récupérer, il s'agit, en définitive, d'une tâche dans laquelle seul l'ordre est demandé alors que dans les tâches verbales classiques, il y a toujours une recherche des stimuli et de leur ordre de présentation.

Pour Jones, Farrand, Stuart, Morris (1995), les représentations des sons, des articulations, des stimuli visuo-spatiaux sont équivalentes sur le plan fonctionnel au moins en ce qui concerne la performance dans les tâches de mémoire sérielles, c'est l'organisation du matériel à rappeler qui est le facteur déterminant de l'empan. Jones (1993) va proposer un modèle procéduraliste unitaire, le modèle O-OER.

2 1 2 LE MODELE O-OER.

Dans la conception procéduraliste stricte, tous les contenus de la mémoire se partagent un niveau commun de représentation. Il n'est pas question ici de modules spécifiques et de représentations analogiques, selon cette conception, les modèles modulaires sont établis à partir d'une erreur d'interprétation du paradigme des tâches interférentes, la rétention ne serait qu'une conséquence naturelle du traitement de l'information (Crowder, 1993) et il faut simplement spécifier les règles qui gouvernent les représentations.

Jones (1993) développe le modèle O-OER (en anglais, Object-Orientated Episodic Record, enregistrement épisodique dirigé par l'objet) dans lequel le point d'orgue est la séparation des informations sur les objets et des informations sur l'ordre. Son modèle original rend surtout compte de la mémoire de stimuli verbaux mais comme tous les objets sont supposés fonctionner de manière identique, on peut facilement extrapoler ce qui se passerait pour des stimuli visuo-spatiaux. La caractéristique majeure du modèle est la formation d'objets sur une surface épisodique virtuelle, pour Jones, la mémoire est une sorte de tableau noir sur lequel les objets sont activés, et le processus de segmentation du flux auditif occuperait un rôle central dans la formation d'objets séparés.

En ce qui concerne le matériel verbal ou qui peut être traduit sous une forme verbale, les objets sont des sons séparés les uns des autres dérivés des flux de stimuli en provenance des divers canaux d'entrée. Ils ne portent aucune marque du canal par lequel ils sont entrés. Prenons comme exemple ce qui est supposé se passer pour la modalité auditive. Le traitement de formation des objets est réalisé par un processus de segmentation. Du flux auditif émergent des changements dans les caractéristiques des sons, les changements corrélés en hauteur et en intensité seraient responsables de la segmentation du flux : c'est la détection d'indications acoustiques qui donne les limites des événements. Les objets perceptifs jugés différents occupent des localisations distinctes sur la surface.

Quoique séparés sur le tableau, les objets sur la surface épisodique sont toujours organisés en flux : ils sont reliés par des pointeurs qui reflètent l'organisation des flux d'information en provenance des sources visuelles et auditives. Quand des stimuli sont entendus, des objets et des liens sont formés sur le tableau automatiquement. Quand les stimuli sont lus, les objets et les flux sont formés par une répétition délibérée. L'articulation délibérée établit et maintient les liens. On comprend alors aisément que si le sujet est astreint à une suppression articulatoire, le processus chargé de lier les items va échouer et que la performance va diminuer. En testant le paradigme des tâches interférentes avec la suppression articulatoire, Macken et Jones (1995) ont montré que l'effet de changement d'état (en anglais, changing-state) se retrouve avec ce type de tâche secondaire quel que soit le moment où cette suppression est effectuée. De plus, le fait d'entendre ou non ce qui est articulé n'est pas le point critique, la vocalisation jouerait un rôle en accentuant l'état de changement du matériel

pertinent. Les auteurs proposent deux interprétations. Tout d'abord, la vocalisation permettrait la création de liens épisodiques forts, quand le sujet est engagé dans l'articulation de matériel non pertinent les liens ne pourraient être créés pour le matériel pertinent, l'articulation concurrente serait très dévastatrice. Une autre interprétation est plus en terme de ressources : les mécanismes impliqués dans les changements d'état seraient absorbés par la suppression articuloire donc moins disponibles pour maintenir l'information de changement d'état dans le flux à rappeler.

Jones (1993) fait l'hypothèse d'un autre attribut, métaphore du processus de répétition, le fil (en anglais, thread). Le fil traverse chaque objet. La répétition, processus de la trajectoire épisodique (Rumelhart, 1991) rafraîchit les liens entre les objets dans le modèle O-OER. Le rafraîchissement porte sur les liens et non les objets eux mêmes comme dans la conception classique de la Mémoire de Travail.

Ce modèle permet d'interpréter les effets classiques de longueur de mots et de similarité phonologique.

Dans le modèle, les liens entre les objets sont sujets au déclin, le fil de la répétition assure le maintien de ces liens. L'interférence par des stimuli entendus sur le rappel sériel d'items s'explique par la coexistence en Mémoire à Court Terme des objets de la répétition du matériel visuel à restituer et des objets d'origine auditive dérivés du flux de stimuli non pertinents. La perturbation est le résultat d'un conflit dans l'organisation des deux ensembles de pointeurs, l'un venant du matériel répété mentalement délibérément, l'autre du flux déposé au niveau préattentif par les traitements perceptifs auditifs. Lorsqu'un même item est répété dans le canal auditif, les pointeurs pointent sur eux-mêmes, la compétition avec les autres pointeurs est réduite et l'effet d'interférence est faible. Pour Jones, la perturbation aurait lieu en mémoire et non à l'encodage car l'effet de stimuli non pertinents se produit même lorsque la tâche interférente a lieu seulement durant la phase de maintien du matériel (e. g., Miles, Jones et Madden, 1991). De plus, cet effet ne se retrouve pas sur les tâches qui ne sont pas des tâches de mémorisation, comme la tâche de réaction sérielle visuelle qui s'avère pourtant sensible à un bruit blanc (Jones, 1983). Enfin les résultats expérimentaux qui soutiennent l'idée que le rappel libre est relativement protégé des effets perturbateurs des paroles (Salamé et Baddeley, 1990) peuvent être interprétés comme la preuve qu'en rappel libre, les stimuli sont rappelés comme des objets discrets, sans liaison entre eux.

L'effet longueur de mots est expliqué de la façon suivante dans le modèle. Le processus d'enfilage est à la base de la répétition et de la restitution, dans le flux chaque objet est traversé à son tour et les liens sont ainsi revivifiés. Si chaque objet est articulé, que l'articulation soit réelle ou sans vocalisation, les mots longs vont prendre plus de temps à traverser que les mots courts. Comme, selon Macken et Jones (1995), la durée des liens est limitée dans le temps, les liens entre les mots longs seront plus sensibles au déclin. L'effet

longueur de mots semble lié aux mots eux-mêmes et non aux pointeurs. Avec la suppression articulatoire, les mots ne seraient plus répétés mais leurs représentations seulement activées. Un mot long ne prend pas plus de temps pour être activé, ceci explique que la suppression articulatoire supprime l'effet longueur de mots.

Le facteur qui détermine le degré de perturbation est la similarité dans le flux et non la similarité entre les flux pertinent et non pertinent. L'effet de similarité phonologique dans les items à rappeler refléterait la difficulté pour segmenter le flux en unités discrètes quand les items se ressemblent (Jones et Macken, 1995 ; Macken et Jones, 1995), il serait lié à un effet de pointeurs épisodiques.

Finalement, pour Jones et ses collaborateurs, la distinction entre l'effet longueur de mots et l'effet de similarité phonologique ne soutient pas la distinction entre le processus articulatoire et la charge phonologique mais celle des objets et de leurs liens.

Les recherches de Jones ont souligné l'importance du contrôle du matériel et du protocole dans les tâches et la prudence qui s'impose dans les interprétations. Le modèle O-OER est particulièrement économique puisque toutes les informations y fonctionnent de la même manière. Les travaux de Jones et de son groupe de chercheurs nous permettent aussi d'écarter l'idée qu'on ne peut pas faire de rappel sériel sur des stimuli non verbaux.

Nous pouvons souligner que Jones laisse tout de même passer des points de détails dans les protocoles de ses expériences qui peuvent avoir des conséquences sur ses résultats expérimentaux. Jones a choisi de travailler sur un ensemble limité de lettres alors qu'il propose par ailleurs un dispositif visuel qui comporte un grand nombre de localisations possibles (Jones et al, 1995 ; Macken et Jones, 1995). Le champ des possibles est plus étendu dans un cas que dans l'autre et on ne peut pas affirmer que cela ne peut avoir de conséquence (e. g., Lapointe et Engle, 1990). A un niveau plus général, nous pouvons regretter que Jones et ses collaborateurs n'appuient leurs recherches que sur le rappel sériel, il nous aurait paru utile qu'ils éclairent également le fonctionnement du rappel libre. Cette omission amène une critique plus fondamentale. Le changement d'état ne peut pas rendre compte de tout (Smyth et Scholey, 1996) et il existe des dissociations, comme la séparation du verbal et du spatial, qui sont montrées par les travaux de neuropsychologie et les recherches expérimentales et dont Jones et ses collaborateurs ne tiennent jamais compte.

2 2 APPROCHE UNITAIRE DE LA M.D.T. **VISUO-SPATIALE.**

Cette approche s'est appuyée sur la dissociation entre la Mémoire à Court Terme verbale et la Mémoire à Court Terme non verbale pour postuler l'existence d'une Mémoire de Travail visuo-spatiale unitaire ressemblant à sa consœur. Cette mémoire visuo-spatiale unitaire englobe en quelque sorte toutes les activités mnémoniques qui tournent autour des caractéristiques non verbales des stimuli.

Selon les conceptions, cette mémoire va prendre la forme d'un module relativement indépendant et/ou être reliée exclusivement à l'Administrateur Central.

2 2 1 UN PROCESSUS SPECIFIQUE MAIS SIMILAIRE A LA BOUCLE PHONOLOGIQUE.

Nous allons montrer que, dans les conceptions issues du modèle de Baddeley et Hitch, (1974), la structure et le fonctionnement de la Mémoire de Travail visuo-spatiale ont été calqués exactement sur ceux de la Boucle Phonologique, sous-système du modèle général de la Mémoire de Travail dévolu au traitement du matériel verbal qui bénéficiait déjà, lorsque le modèle a été développé pour la première fois, d'une conceptualisation avancée.

Pour postuler une Mémoire de Travail visuo-spatiale, les chercheurs se sont d'abord donné pour objectif de valider l'existence d'une composante de stockage indépendante de la Boucle Phonologique. Pour atteindre cet objectif, ils ont cherché des dissociations entre des tâches verbales et des tâches visuo-spatiales.

2 2 1 1 LES TRAVAUX QUI MONTRENT LA DISSOCIATION.

En psychologie expérimentale et cognitive, les chercheurs abordent la question de la dissociation des processus de Mémoire de Travail par le biais du paradigme des tâches interférentes. Il existe également un courant de neuropsychologie qui met en évidence des dissociations anatomiques.

A] ARGUMENTS ISSUS DE LA NEUROPSYCHOLOGIE.

On a vu dans le second chapitre que les aires cérébrales associées à l'imagerie visuelle et celles qui sont associées au maintien des informations verbales se situaient à des localisations différentes dans le cerveau. Au niveau des tâches simples de mémoire, les données issues de la psychophysologie vont dans le sens d'une indépendance des processus de Mémoire à Court Terme verbal et spatial. De Renzi et Nichelli (1975) trouvent que les troubles de l'empan à court terme spatial sont la conséquence de lésions postérieures de l'un des hémisphères alors que les lésions de l'hémisphère gauche engendrent des troubles de

l'empan verbal. On peut maintenant s'interroger sur l'existence de semblable dissociation au niveau des tâches de Mémoire de Travail.

Au niveau des tâches complexes de Mémoire de Travail, nous trouvons des dissociations dans les travaux de neuropsychologie. Hanley, Young et Pearson (1991) relatent le cas d'une patiente E.L.D. dont les performances présentent une très nette dissociation entre les tâches verbales et les tâches visuo-spatiales. Si l'on compare ses performances à celles du groupe contrôle, E.L.D. a un empan verbal normal alors que son empan visuo-spatial est nettement inférieur dans les tâches traditionnelles de mémoire visuelle comme la rotation mentale ou la mémorisation à court terme de visages non familiers, et dans les tâches de Mémoire de Travail comme les blocs de Corsi (1972 ; Milner, 1971), la matrice de Brooks (1967) en condition imagée ou les chevilles conceptuelles (Paivio, 1963). En revanche, nous soulignons que la patiente E.L.D. a une performance semblable à celle du groupe contrôle dans des tâches visuelles de comparaison mentale de la taille d'objets ou d'évaluation de distances. E.L.D. aurait accès aux informations visuelles stockées en Mémoire à Long Terme avant sa maladie, elle peut donc utiliser une information passive en provenance du registre à long terme mais ne peut effectuer de traitement sur ces informations. On aurait ici une dissociation entre la Mémoire de Travail visuo-spatiale et la Mémoire de Travail verbale avec une Mémoire à Long Terme visuelle tout de même préservée.

Par ailleurs, la patiente P.V. (Vallar et Baddeley, 1984 a ; b) souffre d'un déficit spécifique de la mémoire verbale conséquent à une lésion dans l'hémisphère gauche sans atteinte du registre de mémoire visuo-spatiale. Belleville, Peretz et Arguin (1992) présentent un patient, R.L., qui souffre d'un trouble spécifique du processus de répétition verbale sans altération des empan visuel et spatial. Des données de neuropsychologie soutiennent également l'idée que la mémorisation du matériel verbal pourrait bénéficier d'entrées non phonologiques : les performances des patients qui souffrent d'un déficit de Mémoire à Court Terme verbale comme K.F. (Shallice et Warrington, 1970) ou P.V. (Vallar et Baddeley, 1984 a ; b) sont plus affectées lorsque les stimuli sont présentés oralement que lorsque les stimuli sont présentés visuellement.

Il semble qu'au niveau des études de neuropsychologie l'on ait bien des doubles dissociations, on peut donc postuler l'existence de processus séparés pour le matériel verbal et le matériel visuo-spatial en Mémoire de Travail.

Nous avons souligné que chez E.L.D. (Hanley et al, 1991) la mémoire visuelle n'est pas déficiente comme un tout. E.L.D. s'avère capable d'effectuer des tâches qui nécessitent l'actualisation d'informations contenues dans la Mémoire à Long Terme visuelle comme la comparaison de taille d'animaux ou l'évaluation de distances, informations qu'elle a mémorisées avant son accident. Pour réaliser ce type de tâches, E.L.D. doit être capable

d'actualiser des informations en provenance de sa Mémoire à Long Terme visuelle dans une mémoire temporaire visuelle car nous ne pouvons pas penser que les informations en provenance du registre visuel permanent puissent être traitées directement sans actualisation sinon il ne serait plus nécessaire d'envisager une Mémoire à Court Terme quelconque. Sa performance est donc relativement correcte dans les tâches d'imagerie où il y a une simple activation sans traitement.

La patiente rencontre des difficultés dans la rotation mentale, dans la mémorisation à court terme de visages non familiers et dans les tâches de localisations. Elle ne peut constituer de nouvelles "images" pour réussir la tâche des chevilles conceptuelles. E.L.D. se montre incapable d'effectuer des apprentissages complexes ou des traitements visuels ; son déficit porte plus spécifiquement sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale. Chez cette patiente, la composante Mémoire à Court Terme visuelle possède certains aspects qui sont préservés alors que la Mémoire de Travail visuo-spatiale semble plus altérée.

Tout n'est donc pas simple, mais les cas étudiés permettent néanmoins une dissociation entre les aspects visuels et les aspects verbaux de la Mémoire de Travail.

B] ARGUMENTS ISSUS DE LA PSYCHOLOGIE EXPERIMENTALE ET COGNITIVE.

Les recherches en psychologie expérimentale et cognitive vont, en s'appuyant sur le paradigme des tâches interférentes, poursuivre deux objectifs. Tout d'abord, elles vont dissocier la Mémoire de Travail visuo-spatiale de sa consœur, la Mémoire de Travail verbale, puis, toujours à partir du même paradigme, elles vont tenter de connaître la nature et de définir la structure et le fonctionnement de la Mémoire de Travail visuo-spatiale.

Les premières investigations systématiques.

Brooks a développé des techniques d'imagerie qui méritent qu'on s'y attarde car elles vont être utilisées ensuite pour les premières investigations systématiques de la Mémoire de Travail visuo-spatiale (Baddeley, Grant, Wight et Thomson, 1975 ; Baddeley et Lieberman, 1980). Brooks (1967) propose un matériel expérimental qui permet de mettre en évidence la dissociation entre la mémoire verbale et la mémoire visuo-spatiale à partir d'une même tâche de rappel de phrases. Selon les termes utilisés à la présentation, le contenu des phrases pourra faire l'objet d'un double codage verbal et imagé (les phrases sont susceptibles de décrire un parcours dans une matrice) ou reposera seulement sur une répétition verbale⁵. Brooks a

⁵ La matrice de Brooks (1967) est une matrice de quatre cases sur quatre que les sujets doivent imaginer. Le point de départ est toujours la seconde case de la seconde rangée. La tâche consiste à rappeler une série d'énoncés. Ces énoncés peuvent être de deux sortes. Dans une condition, les phrases à retenir décrivent un parcours dans la matrice. "Dans le carré suivant vers la droite, mettez un 2". Les sujets codent la séquence

montré qu'un mode de réponse oral perturbe plus le rappel dans la condition dite verbale que dans la condition dite imagée alors qu'un mode de réponse par pointage provoque un pattern de résultats inverse. Brooks (1968) développe un autre couple de tâches qui, à partir de la génération et du maintien de matériels différents, aboutissent à une forme de réponse semblable⁶. Il observe de nouveau une interaction entre le type de tâche et le mode de réponse utilisé. La performance à la tâche visuelle est meilleure lorsque les sujets répondent oralement que lorsqu'ils pointent leurs réponses. La performance à la tâche verbale est meilleure avec les réponses par pointage qu'avec les réponses orales.

Bien que les tâches de Brooks (1967 ; 1968) ne soient pas des épreuves de Mémoire de Travail typiques, Baddeley, Grant, Wight et Thomson (1975) y recourent pour dissocier expérimentalement les tâches de Mémoire de Travail verbales et visuo-spatiales, et, selon leurs interprétations, les processus de Mémoire de Travail chargés du matériel verbal et du matériel imagé. Les auteurs couplent la paire de tâches de Brooks (1968) avec une tâche interférente de poursuite d'un rotor (en anglais, tracking), tâche qui consiste à maintenir un style sur un point de lumière qui se déplace en suivant un parcours circulaire. Ils observent que la tâche imagée perturbe la tâche de poursuite alors que la tâche verbale ne provoque pas d'effet significatif. Baddeley et ses collaborateurs croisent aussi les deux versions de la matrice de Brooks (1967) avec l'interférence par poursuite et la suppression articulatoire. Ils constatent que la poursuite du rotor est perturbée par la version imagée de la tâche et non par la version verbale, et que, en revanche, la poursuite du rotor perturbe la tâche imagée et non la tâche verbale. Les auteurs interprètent cette dissociation comme montrant l'existence de processus de Mémoire de Travail distincts pour le matériel verbal et pour le matériel visuo-spatial.

On peut reprocher le caractère essentiellement verbal du matériel de la matrice de Brooks (1967) ; dans toutes les conditions, les sujets doivent restituer des phrases. Dans la condition imagée, finalement, les images sont formées pour créer un double codage, qui,

comme un chemin ou une configuration qu'ils peuvent suivre dans la matrice, on parlera de "condition imagée" puisque les sujets se forment une image visuelle. Dans l'autre condition, les adjectifs spatiaux sont remplacés par des adjectifs non spatiaux comme bon ou mauvais, rapide ou lent. Les énoncés ont un caractère abstrait non significatif : "Dans le carré suivant vers le bon, mettez un 2". La mémorisation de la séquence ne peut reposer que sur un codage verbal, on qualifiera cette condition de "condition verbale".

⁶ Dans la tâche visuelle, il s'agit de mémoriser une lettre majuscule dont le coin inférieur gauche est marqué d'une étoile. Les sujets doivent, tout en maintenant le stimulus en état d'activation, le parcourir mentalement et le traiter d'une manière originale qui aboutit à produire une série de réponses positives pour les coins inférieurs et supérieurs, et négatives pour les autres coins. Dans la tâche verbale, il s'agit de mémoriser une phrase, puis de la parcourir mentalement et de la traiter de manière à produire une série de réponses positives pour les noms et négatives pour les autres mots.

comme on l'a vu dans le chapitre précédent améliore la performance, mais il s'agit tout de même d'une tâche dont la nature reste verbale.

En fait, si le V.S.S.P. a été conçu pour rendre compte des performances des sujets aux tâches qui ne sont pas verbales, c'est tout de même aux aspects non verbaux des tâches verbales, le caractère imagé des mots que Baddeley et ses collaborateurs se sont intéressés au départ. Ils ont échoué dans leurs tentatives pour perturber l'utilisation de l'imagerie visuelle dans le rappel de stimuli verbaux pour lesquels ils supposaient que les sujets créaient une image : les mots concrets (Baddeley et al, 1975). Les auteurs ont pensé que leurs recherches sur l'aspect abstrait ou concret des mots ne portaient pas vraiment sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale, ils ont fait l'hypothèse que le V.S.S.P. ne serait impliqué que lorsqu'une manipulation active d'images est nécessaire. Ces interprétations se rapprochent de celles de Hanley et ses collaborateurs. Ceux-ci trouvaient que la patiente E.L.D. qui souffrait d'un déficit de Mémoire de Travail visuo-spatiale pouvait tout de même effectuer des tâches visuelles à condition que celles-ci ne nécessitent pas de traitement (Hanley et al, 1991). Leur imagination fertile ouvre des perspectives de recherche à partir de tâches parfois surprenantes.

Baddeley et Lieberman (1980) amènent leurs sujets à manipuler activement des images en les incitant à développer une stratégie mnémorique d'imagerie visuelle lors de tâches d'apprentissages de mots concrets associés. Dans la condition d'apprentissage par imagerie visuelle, on fait d'abord apprendre aux sujets une comptine de nombres plus rimes qui serviront ensuite de chevilles (en anglais, pegwords). Cette tâche a été développée par Paivio (1971)⁷. Les sujets passent aussi une épreuve d'apprentissage par répétition dans laquelle ils répètent simplement les couples nombre plus mot à retenir. La présentation est trop rapide pour permettre la génération d'une image mais elle se produit un nombre de fois suffisant pour égaler le temps de présentation de l'autre condition. Lors du rappel, on présente un chiffre de un à dix en ordre aléatoire, le sujet doit retrouver le mot qui lui était associé. Ces deux conditions d'apprentissage sont croisées ou non avec une condition d'interférence. Dans la condition contrôle, les sujets n'ont pas de contrainte. Dans la double tâche, ils doivent réaliser une tâche de poursuite d'un rotor pendant l'apprentissage et le rappel. La performance de la condition dans laquelle les sujets apprennent en formant une image est significativement plus élevée que celle de la condition de simple apprentissage par répétition. La tâche de

⁷ Chaque nombre de un à dix est associé à un mot qui rime comme, par exemple en français, "UN est un PAIN". Quand cette comptine est sue, on présente les couples NOMBRE *plus* MOT A RETENIR, c'est cela la véritable tâche, et on incite les sujets à utiliser la rime comme une cheville pour former une image visuelle intégrant les deux termes. Par exemple, si le premier couple est UN *plus* LIVRE, on incite le sujet à créer une image entre le PAIN, associé de prime abord dans la comptine à UN, et un LIVRE, image qui peut être ludique comme un pain lisant un livre. Il est laissé aux sujets un temps suffisant pour créer une image. Au rappel, on incite les sujets à retrouver l'image qu'ils s'étaient formée.

poursuite fait chuter la performance mais une interaction significative montre que seule la performance à l'apprentissage par imagerie est perturbée de manière significative par la poursuite. Baddeley et Lieberman (1980) en concluent que la perturbation de l'opération du V.S.S.P. par une tâche concurrente de poursuite n'affecte un apprentissage à long terme que si une manipulation active d'images visuo-spatiales est requise. Nous notons qu'en plus de son aspect verbal prononcé, cette tâche relève de la Mémoire à Long Terme, les interprétations qui sont faites ne sont valides que si l'on suppose que l'actualisation des informations en provenance du registre à long terme passe nécessairement par le registre temporaire.

Comme les effets sont plus faibles que dans la matrice de Brooks, les auteurs proposent une tâche de localisations pivots qu'ils jugent plus "spatiale" et dans laquelle ils espèrent trouver une plus grande implication du V.S.S.P. qu'ils postulent justement comme un processus plutôt spatial. La tâche consiste en une promenade imaginaire dans le campus universitaire au cours de laquelle les sujets effectuent mentalement dix stations à des lieux connus de leur Université pour créer des images entre cette localisation et un mot concret⁸. Les sujets passent aussi une épreuve d'apprentissage par répétition comme dans l'expérience précédente. Comme dans l'expérience précédente, les deux conditions d'apprentissage sont croisées ou non avec une tâche d'interférence par poursuite. Les auteurs trouvent de nouveau que la performance à la condition dans laquelle les sujets apprennent en formant une image est significativement plus élevée que celle de la condition d'apprentissage par répétition et que la tâche de poursuite fait chuter la performance de manière significative seulement lorsque l'apprentissage se fait par imagerie. L'effet de l'interférence est plus dévastateur ici que dans la tâche des mots pivots, mais il l'est moins que dans la matrice de Brooks. Pour Baddeley, l'interférence perturbe la composante spatiale de l'imagerie, plus la tâche a une composante spatiale élevée, plus elle se montre sensible à une interférence par une tâche de poursuite. Les critiques émises sur l'expérience des mots pivots au niveau de l'aspect verbal du matériel et de la dépendance sur le registre permanent s'appliquent également ici.

Enfin, pour montrer que ce n'est pas le simple fait de réaliser un apprentissage avec organisation du matériel qui rend les tâches d'imagerie sensibles à l'interférence par poursuite, Baddeley et Lieberman (1980) proposent une tâche avec une stratégie mnémonique sur un matériel uniquement verbal. La stratégie est axée sur les premières lettres de l'alphabet. La tâche consiste à apprendre dix mots d'une même catégorie. Dans la condition mnémonique, les mots commencent en fait par des lettres différentes qui suivent l'ordre de l'alphabet et le sujet en est informé. Dans la condition d'apprentissage par répétition, les mots sont présentés de manière aléatoire. Comme dans les expériences précédentes, les deux conditions d'apprentissage sont croisées ou non avec une tâche d'interférence par poursuite. La stratégie

⁸ Par exemple, si le premier arrêt est à la porte d'entrée de l'établissement et le premier objet un crocodile, on peut imaginer un crocodile montant la garde à la porte, si la seconde station est la boîte à lettres et si le second mot est un cochon, on peut imaginer un cochon assis sur la boîte à lettres.

mnémorique améliore la performance de manière significative. L'interférence par poursuite produit un effet significatif général sans qu'il n'y ait d'interaction significative. Pour les auteurs cela montre que ce n'est pas l'emploi d'une stratégie mnémorique qui rendait les tâches de mots pivots ou de localisations pivots plus sensible à l'interférence par une tâche de poursuite mais bien le caractère spatial de ces tâches. En fait, leur interprétation nous semble un peu hâtive car nous pensons que l'interaction n'est pas significative en raison d'un effet plafond, la performance à la condition de stratégie mnémorique est de 9,17 items sur les dix présentés. La poursuite pourrait bien perturber toute stratégie d'organisation.

Il apparaît qu'un processus actif est impliqué dans des manipulations diverses, en particulier dans les mnémoniques visuo-spatiales, processus qui n'interviendrait pas pour rendre compte de l'avantage de l'aspect concret des mots qui refléterait plutôt une caractéristique de l'enregistrement en mémoire sémantique directement accessible, selon les auteurs. Il nous semble prématuré d'affirmer que ce processus bénéficie de ressources spécifiques ou qu'il repose sur des ressources centrales. Néanmoins, pour Baddeley, ce processus est assimilé à un système esclave spécifique adapté au stockage temporaire de l'information spatiale qu'il baptise Visuo-Spatial Scratch Pad, nom qui évoque un bloc de papier pour griffonner. Quinn, d'après Baddeley (*Working Memory*, 1986, page 109) lui a suggéré que le terme Visuo-Spatial Sketch Pad était plus adapté car scratch n'excluait pas la possibilité d'écrire, alors que sketch amenait plus étroitement à l'idée de dessin. Le caractère non verbal du module est donc bien souligné dans les écrits de Baddeley mais l'emploi quasiment généralisé de l'abréviation V.S.S.P. laisse libre cours à l'interprétation du lecteur. Il faut cependant noter que pour Logie (*Visuo-spatial Working Memory*, 1995, page 69) le terme Scratch Pad est mieux adapté précisément car il rend mieux compte des traitements que le processus peut effectuer sur la forme de lettres ou de mots. Logie se montre ainsi plus proche que Baddeley des chercheurs qui s'intéressent à la théorie du "double codage".

Les travaux de Baddeley et Lieberman (1980) soulignent une séparation entre la mémoire visuelle et la mémoire spatiale qui n'est pas sans évoquer celle qui a été mise en évidence dans les travaux sur la mémoire visuelle et l'imagerie mentale (e. g., Farah, Hammond, Levine et Calvanio, 1988). Or, les auteurs n'essayaient pas d'intégrer cette dissociation dans le modèle de Mémoire de Travail, ils tentent simplement de savoir si le V.S.S.P. est de nature visuelle ou spatiale. Enfin, nous posons une fois de plus le problème des tâches utilisées : toutes les tâches proposées par Baddeley et ses collaborateurs ont un caractère verbal trop marqué.

A la recherche de tâches réellement visuo-spatiales.

Après ces premiers balbutiements, les recherches vont se centrer sur des tâches principales et interférentes plus spécifiques au processus visuo-spatial (Farmer, Berman et Fletcher, 1986 ; Morris, 1989).

Farmer et al (1986) essaient de trouver une interférence qui corresponde aux critères suggérés par Phillips et Christie (1977 a ; b), c'est à dire une interférence spécifique au processus visuo-spatial qui produirait un effet perturbateur sur la performance à une tâche principale relevant de la mémoire visuo-spatiale, mais n'aurait pas de coût attentionnel. Si on trouvait une tâche interférente qui produise semblable résultat, on pourrait argumenter avec plus de vigueur l'existence d'un processus visuo-spatial séparé des autres composantes de la Mémoire de Travail. Dans les expériences de Farmer et al (1986), les sujets réalisent une tâche de raisonnement spatial développée par Benson et Gedye (1963) et la tâche de raisonnement verbal déjà utilisée par Baddeley (1968)⁹. La tâche de raisonnement verbal qui consiste à vérifier la véracité d'un énoncé donnant l'ordre de deux lettres a été décrite dans la seconde section du premier chapitre. Chacune de ces tâches est présentée soit en condition contrôle, soit couplée avec une tâche secondaire censée supprimer l'activité d'un des systèmes esclaves, tapotement spatial pour le calepin visuo-spatial et suppression articulatoire pour la Boucle Phonologique, sans toutefois faire une demande trop lourde sur l'Administrateur Central.

Ces recherches nous révèlent que la suppression articulatoire fait chuter la performance à la tâche de raisonnement verbal, alors qu'elle n'a pas d'effet significatif sur la tâche de raisonnement spatial. Une tâche de tapotement, les sujets doivent taper successivement sur cinq cibles, fait chuter la performance à la tâche de raisonnement spatial, alors qu'elle n'a pas d'effet significatif sur la tâche de raisonnement verbal.

Les techniques de suppression employées par les auteurs produisent un exemple net d'interférence sélective. La tâche interférente verbale ne fait chuter la performance que sur la tâche de raisonnement verbal. La tâche interférente spatiale ne fait chuter la performance que sur la tâche de raisonnement spatial. Cette dissociation permet de postuler l'existence de processus séparés pour le traitement du matériel verbal et du matériel spatial. Dans le cadre du modèle de Baddeley, ces résultats expérimentaux sont compatibles avec l'hypothèse de deux systèmes esclaves distincts. Mais les tâches utilisées ici ont beaucoup de composantes et il n'est pas certain qu'elles évaluent les aspects mnésiques.

Morris (1989) présente des expériences dans lesquelles il utilise du matériel verbal et du matériel visuo-spatial bien distincts et des interférences spécifiques durant le codage.

Le matériel verbal consiste en une série de neuf consonnes à restituer en rappel libre. Elles sont choisies parmi une liste de douze consonnes établie au départ. Ces consonnes sont présentées soit au centre de l'écran, soit à trois localisations que le sujet peut prédire sans

⁹ La tâche de raisonnement spatial est la tâche du mannequin ; on présente un personnage portant un cercle dans une main et un carré dans l'autre, avec en dessous, une des figures géométriques présentée comme la sonde. Les sujets doivent presser une clé correspondant à la main du personnage qui tient la sonde indiquée.

difficulté, à gauche, au centre, à droite, suivant ainsi régulièrement l'ordre de la lecture, soit au hasard parmi les trois localisations possibles. Dans ces deux cas le rappel est libre mais le sujet doit donner à la fois la lettre et sa position. Si la suppression articulatoire fait chuter la performance dans chacune de ces conditions, une tâche de poursuite spatiale dans la boîte de Moar (1978)¹⁰ n'a d'effet dévastateur que lorsque les lettres apparaissent à des endroits différents et l'effet est plus marqué lorsque les localisations sont aléatoires. En revanche, si une méthode de rappel ordonné est employée, la poursuite fait chuter la performance dans tous les types de présentation. La rétention des consonnes est perturbée par l'interférence verbale et non par l'interférence spatiale. La rétention des localisations est perturbée par l'interférence spatiale et non par l'interférence verbale. Comme les items sont dégradés différemment selon leur position sérielle, pour l'auteur, cela montre que l'interférence agit sur des informations contenues dans la mémoire temporaire, et non au niveau perceptif. Les performances dans les conditions contrôles ne diffèrent pas, et il n'y a ni effet plancher ni effet plafond, la condition aléatoire ne présente pas une plus grande difficulté ou une plus grande sensibilité à l'interférence que les autres types de présentation. Pour Morris (1989), les résultats obtenus montrent que la rétention de localisations ne repose pas sur la disponibilité de ressources centrales mais qu'elle serait liée à l'intervention d'un mécanisme dévolu aux informations spatiales sensible à une interférence par la poursuite dans la boîte de Moar. Pour l'auteur, les tâches qui ont une composante visuo-spatiale et les tâches de rappel ordonné nécessitent un processus de guidage (en anglais, monitoring) visuo-spatial.

Enfin, pour Morris (1989), les sujets activent des constituants en fonction de la demande de la tâche. Morris (1986) a suggéré que les constituants de la Mémoire de Travail formeraient des "constellations", en quelque sorte des assemblages de processus pour répondre aux demandes des tâches. Morris (1989) a proposé une tâche avec des mots et des localisations qui lui permet d'évaluer indépendamment la sensibilité à l'interférence des mémoires verbale et visuo-spatiale. Les effets d'interférence croisés soutiennent la séparation du verbal et du visuo-spatial.

2 2 1 2 LE V.S.S.P. DU MODELE DE BADDELEY.

Après avoir posé la Mémoire de Travail visuo-spatiale en l'opposant à la Boucle Phonologique, Baddeley et ses collaborateurs vont explorer l'architecture fonctionnelle de cette mémoire et postuler que les processus dévolus au maintien et au traitement des matériels verbal et visuo-spatial fonctionnent de façon identique. Dans le premier chapitre, nous avons déjà parlé de l'organisation hiérarchique du modèle de Mémoire de Travail développé par

¹⁰ La boîte de Moar est constituée d'une boîte contenant cinq rangées de cinq clés. La tâche consiste à appuyer sur les clés les unes après les autres dans un ordre précis. Un aménagement permet à l'expérimentateur d'observer l'exécution de la tâche alors que le sujet lui-même ne voit pas sa main.

Baddeley et Hitch (1974). Il s'agit d'un système en trois parties, l'Administrateur Central, la Boucle Phonologique et le calepin visuo-spatial. Comme l'auteur ne prend pas réellement en compte la dissociation qui émerge entre les tâches au caractère plutôt visuel et les tâches au caractère plutôt spatial, il postule un module de Mémoire de Travail visuo-spatial unitaire.

Les travaux de ces auteurs et leurs synthèses sur la mémoire verbale leur ont permis de développer un modèle de la Boucle Phonologique qui rend bien compte des effets que l'on trouve dans les expériences. Ils ont su tirer profit de la découverte d'effets existant dans la parole qui se retrouvaient dans le stockage verbal à court terme, la similarité phonologique et l'effet longueur de mots, pour supposer un recouvrement entre le processus responsable de la parole et la Boucle Phonologique du modèle.

Il se trouve que les travaux sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale sont trop rares lorsque Baddeley et Hitch (1974) proposent leur modèle pour fournir une base au V.S.S.P. Qu'à cela ne tienne, après avoir cherché, comme on vient de le voir, des interférences spécifiques qui leur permettent de postuler l'existence du système, les auteurs s'évertuent à montrer qu'il fonctionne de la même manière. La méthode d'investigation employée par Baddeley et ses collègues est celle des tâches doubles. Ils recherchent, comme pour la Boucle Phonologique, des tâches interférentes qui perturbent le fonctionnement du calepin visuo-spatial avec pour objectif d'analyser les processus qui sous-tendent les performances sur les aspects non verbaux de tâches variées. Ils tentent notamment de montrer que le processus de rafraîchissement du matériel visuo-spatial est basé sur le processus de réponse et ils recherchent des effets spécifiques mais similaires à ceux qui signaient la fonctionnalité de la Boucle Phonologique.

La Boucle Phonologique et le calepin visuo-spatial profiteraient tous deux d'entrées perceptives de nature essentiellement passives. Comme à sa consœur, on attribue au V.S.S.P. une aire de stockage passive des informations perceptives. La Boucle Phonologique, pour lutter contre le déclin rapide du matériel, bénéficie de processus de contrôle actifs, le V.S.S.P. se verra également doté d'un mécanisme de contrôle qui maintient les informations activées. Alors que le recouvrement entre le système de production de la parole manifeste et le processus de stockage à court terme était le thème de base dans l'étude de la Boucle Phonologique, les auteurs vont postuler l'idée d'un recouvrement entre le système perceptif visuel et le stockage visuo-spatial à court terme : pour la Boucle Phonologique, le processus de contrôle est basé sur la réponse correspondante, l'articulation, pour le calepin visuo-spatial, le processus sera basé sur les mouvements des yeux. Ces processus permettraient la transformation des entrées perceptives passives en une mémoire active capable de renvoyer en boucle les informations afin de rafraîchir continuellement la trace et minimiser l'oubli. Mais Baddeley souligne que l'évidence du rafraîchissement de la trace visuelle par une activité motrice oculaire implicite est faible.

A] UN PROCESSUS DE RAFRAICHISSEMENT BASE SUR LA REPONSE.

Au cours de ses premiers travaux, Baddeley situait ses résultats dans le cadre d'une Mémoire de Travail de nature plutôt visuelle et puisqu'il fallait un processus de contrôle actif et que celui-ci était supposé basé sur la réponse, le calepin visuo-spatial s'est vu doté d'un mécanisme de rafraîchissement lié aux mouvements des yeux. Ces mouvements ne seraient pas manifestes chez l'adulte qui peut, comme on l'a déjà montré, réaliser une articulation sans vocalisation.

Les mouvements des yeux pourraient jouer un rôle dans la composition des images (Neisser, 1976) ou dans le passage en revue des images (Kosslyn et Shwartz, 1981). Mais ce rôle n'a pas été clairement mis en évidence. Par analogie avec l'articulation sans vocalisation dont on peut supprimer les effets par une articulation manifeste concurrente, Baddeley (1986) fait l'hypothèse de l'existence d'un processus impliqué dans l'imagerie qui serait basé sur des mouvements des yeux non manifestes chez l'adulte.

Baddeley (1986) tente de supprimer les effets de ce processus par des tâches interférentes impliquant des mouvements réels des yeux. La tâche interférente qu'il propose est une tâche de poursuite oculaire¹¹. Il trouve que les mouvements volontaires des yeux font chuter significativement la performance à la version imagée de la matrice de Brooks (1967) mais qu'ils restent sans effet significatif sur la version apprise par simple répétition des phrases. D'autre part, quand les yeux fixent une cible immobile et que le fond bouge, il ne trouve aucun effet d'interférence significatif. L'auteur fait l'hypothèse que les mouvements des yeux perturbent un processus de répétition ou de maintien de l'image. Il teste donc l'effet de la tâche interférente à différents moments de la tâche principale et trouve un effet significatif des mouvements des yeux quel que soit le moment où ils se situent : durant l'encodage, le rappel ou durant les deux. A première vue, Baddeley pense soit que les processus d'entrées et de restitution dépendraient de processus de contrôle semblables aux mouvements des yeux, soit que le processus de mouvement des yeux serait utilisé pour répéter et maintenir l'image. Mais il propose aussi une autre interprétation, l'Administrateur Central pourrait jouer un rôle déterminant, le foyer attentionnel se déplaçant avec la vision centrale.

Très vite la question de la nature spatiale plutôt que visuelle de la Mémoire de Travail s'est posée, comme elle se posait déjà dans les travaux sur l'imagerie visuelle.

Baddeley et Lieberman (1980) ont tenté de dissocier les aspects visuels et spatiaux en testant le système à l'aide de tâches interférentes visuelles non spatiales et de tâches

¹¹ Il s'agit de suivre avec les yeux le trajet sinusoïdal d'un stimulus qui change de forme et d'indiquer aussi vite que possible ce changement en pressant une clé. Ce contrôle est effectué pour éviter que les sujets n'ignorent la tâche secondaire. Leurs mouvements oculaires sont par ailleurs enregistrés.

interférentes spatiales non visuelles. Les auteurs utilisent la matrice créée par Brooks (1967) dans ses deux versions, imagée ou basée uniquement sur la répétition verbale. Les performances sont meilleures en condition imagée. Baddeley et Lieberman équilibrent la probabilité de rappel correct en donnant huit phrases à retenir en condition imagée et six phrases en condition verbale. Ils testent l'effet de deux tâches interférentes, l'une au caractère spatial plutôt que visuel, l'autre au caractère visuel non spatial. La tâche interférente spatiale non visuelle est une tâche de poursuite d'un pendule¹². La tâche interférente visuelle non spatiale est un jugement de brillance de diapositives vides.

Les auteurs posent l'hypothèse suivante : si le codage visuo-spatial repose sur un processus de rafraîchissement à dominante spatiale et motrice, l'interférence spatiale non visuelle va faire chuter la performance. En revanche, s'il repose sur un processus de rafraîchissement visuel non spatial, c'est la tâche visuelle non spatiale qui créera des interférences. L'interférence spatiale non visuelle perturbe la matrice en condition imagée mais non la condition par répétition, l'interférence visuelle provoque l'effet inverse.

Le système esclave du modèle semble capable d'utiliser de l'information verbale pour construire un code spatial. D'autre part, ce système se montre sensible à une tâche spatiale non visuelle et non à une interférence visuelle non spatiale. Ces données, ainsi que d'autres résultats présents à l'époque dans la littérature (Wright, Holloway et Aldrich, 1974) amènent Baddeley et Lieberman (1980) à conclure que le calepin visuo-spatial serait spatial plutôt que visuel par essence. Les mouvements d'autres parties du corps pourraient être impliqués dans un processus de contrôle actif. Mais les auteurs n'intègrent pas des résultats contradictoires comme ceux de Baddeley (1986) dans leurs interprétations. Nous pouvons supposer qu'ils le font dans le souci de conserver un V.S.S.P. unitaire comme la Boucle Phonologique pour conserver le modèle initial.

Quoiqu'il en soit, les processus proposés ne semblent pas adaptés au maintien d'autres traits visuels comme la couleur ou la brillance. Si on peut montrer que ces traits peuvent aussi être maintenus par le calepin, un autre mécanisme de rafraîchissement deviendrait plausible. Nous voyons qu'en suivant cette conception, on peut étendre à l'infini le nombre des mécanismes de rafraîchissement.

B] DES EFFETS IDENTIQUES.

Les chercheurs vont se pencher naturellement sur la recherche d'effets similaires à ceux que l'on trouve en mémoire immédiate verbale : effets de stimuli inattendus et effets de similarité.

¹² Le sujet a les yeux bandés et il doit suivre avec une flèche lumineuse les mouvements d'un pendule qui oscille. Une cellule photoélectrique située sur le pendule envoie une émission sonore continue ou discontinue selon qu'elle est en contact ou non avec la flèche lumineuse, le sujet peut ainsi adapter son mouvement.

Logie (1986) teste des techniques de suppression articulatoire et visuelle croisées avec des tâches de rétention de listes de mots présentés dans deux conditions d'apprentissage. Il propose des expériences dans le but de développer une technique simple qu'il suppose adaptée à l'étude du traitement visuo-spatial. En fait, Logie se place dans le cadre du modèle de Mémoire de Travail de Baddeley dont il reprend la logique d'étude et réutilise les tâches. Il teste les tâches de mnémoniques visuo-spatiales et la tâche d'apprentissage par répétition avec diverses tâches interférentes.

Dans la condition d'apprentissage par répétition dans laquelle le stockage est réalisé par simple répétition du matériel, Logie (1986) encourage les sujets à répéter les couples nombre plus mot. Il réalise cette condition en premier afin que la stratégie des sujets ne soit pas influencée par leur connaissance de l'utilité de la constitution d'une image. L'autre condition d'apprentissage est celle des mnémoniques visuelles dans lesquelles le stockage est facilité par un traitement imagé. Une phase de maintien de dix secondes est ménagée à la fin de la présentation. Ces deux conditions d'apprentissage sont croisées avec diverses conditions d'interférence. Les tâches secondaires quand elles ont lieu se déroulent lors de la présentation et du rappel. Une condition contrôle dans laquelle le sujet ne fait qu'exécuter la tâche principale est également proposée.

Logie (1986) trouve qu'une tâche interférente d'appariement de matrices fait chuter la performance à la tâche mnémonique¹³. Comme les sujets doivent sans cesse charger leur mémoire avec le dernier pattern encodé, l'effet pourrait être lié au coût attentionnel de la tâche interférente. La tâche proposée n'est donc pas adaptée, aussi, dans d'autres expériences, à l'instar des stimuli inattendus dans la modalité auditive de Salamé et Baddeley (1982), Logie teste des tâches de distraction réalisées par la présentation de configurations de cases ou de carrés de couleur que le sujet est prié de regarder tout en les ignorant. En ce qui concerne les configurations, des matrices de neuf cases dont quelques-unes sont remplies au hasard apparaissent successivement. Cette tâche interférente sans coût attentionnel fait chuter la performance à la tâche de mots pivots, alors qu'elle fait augmenter de manière non significative la performance à la tâche d'apprentissage par simple répétition (Logie, 1986, expérience 3). Nous soulignons ce phénomène difficile à interpréter car, bien que les différences ne soient pas significatives, on trouve symétriquement que la suppression articulatoire fait augmenter de manière non significative la performance aux tâches visuo-spatiales (e. g., Baddeley, Grant, Wight et Thomson, 1975 a). En ce qui concerne l'autre interférence, de simples carrés colorés remplacent les configurations. Cette tâche produit un effet identique à la précédente mais moins marqué.

¹³ Une matrice de trois cases sur trois dont la moitié des cases est remplie, est présentée aux sujets. Ceux-ci doivent la retenir jusqu'à l'apparition de la matrice suivante qui peut être identique ou différente d'une case, et presser une clé seulement lorsque la matrice présentée est identique à la précédente.

Pour vérifier que cet effet n'est pas dû à une sensibilité à l'interférence plus marquée pour les tâches mnémoriques que pour les tâches qui ne nécessitent qu'une simple répétition verbale, Logie teste ces deux tâches d'apprentissage avec des stimuli visuels et auditifs que le sujet perçoit mais qu'il peut ignorer. Il semble qu'il n'y ait pas de plus grande sensibilité générale pour une tâche que pour l'autre, en revanche, l'interaction est significative. Les résultats montrent que lorsque le matériel a été codé avec une technique mnémorique, sa mémorisation est plus sensible à l'interférence par images visuelles alors que lorsqu'il a été répété mentalement, sa mémorisation est plus sensible à l'interférence par les mots présentés par voie auditive.

On retrouve dans ces expériences un effet qui avait été mis en évidence sur la Boucle Phonologique : celui de la sensibilité de la tâche à des entrées relevant de la même modalité mais qui ne devaient pas être traitées. Pour Baddeley (1986), les résultats de Logie (1986) sont consistants avec l'idée d'un V.S.S.P. qui fonctionne de manière analogue à la Boucle Phonologique. Baddeley trouve également un autre intérêt à ces expériences dans le fait qu'il n'est pas nécessaire que les tâches aient une composante spatiale marquée pour interférer avec la tâche principale qui relève de l'imagerie.

Si un processus de rafraîchissement visuel est supposé, on peut s'interroger sur la présence d'un effet de similarité puisque, sur la mémoire verbale, cet effet existe et que son étude a permis des interprétations intéressantes.

Baddeley (1986) tente, avec des sujets normaux, de reproduire l'effet de similarité visuelle sur un rappel de lettres en ordre. Pour empêcher le codage phonologique, il impose une suppression articulatoire à ses sujets. Il utilise des lettres qui sont similaires ou dissemblables sur le plan visuel. La suppression articulatoire fait naturellement chuter la performance. L'effet de similarité visuelle n'existe pas en condition contrôle, c'est à dire quand les sujets n'effectuent pas de suppression articulatoire. En revanche, lorsque les sujets effectuent une suppression articulatoire, l'effet de similarité visuelle est significatif. Il est certes de faible ampleur, mais il est présent sur toute la courbe de performance. Une expérience contrôle dans laquelle les sujets copient les lettres montre que la performance n'est pas affectée par la suppression articulatoire, la suppression ne perturbe donc pas la perception du matériel mais bien sa mémorisation. Walker, Hitch et Duroe (1993) montrent également que l'effet de similarité visuelle est présent sur toute la courbe de rappel de stimuli visuels que ceux-ci soient des patterns difficiles à nommer ou des lettres encodées sous suppression articulatoire.

Il semble qu'il existe un effet de similarité visuelle. La présence d'effets comme l'effet de stimuli vus mais non regardés ou l'effet de similarité visuelle laissent Baddeley supposer que la Boucle Phonologique et le V.S.S.P. fonctionnent de manière analogue.

2 2 1 3 CRITIQUES DE CETTE CONCEPTION.

En ce qui nous concerne, nous regrettons une fois de plus que les travaux sur lesquels s'appuie Baddeley (1986) ne reposent que sur des tâches verbalisables. Nous considérons que cette caractéristique les rend inadaptées pour l'évaluation de la mémoire visuo-spatiale. De plus, nous pensons que les tâches utilisées sont inefficaces car elles ne permettent pas une mesure d'empan visuo-spatial. L'étude du cas de la patiente E.L.D. (Hanley et al, 1991) que nous avons rapporté précédemment (page 106) nous interroge aussi sur la validité d'une conception unitaire de la composante visuo-spatiale.

D'autre part, nous trouvons surprenant de constater que, malgré le recouvrement supposé entre le système perceptif visuel et le stockage visuo-spatial à court terme, Baddeley (1990) trouve un intérêt mineur aux travaux sur l'imagerie. Il ne se penche pas sur le modèle de mémoire visuelle développé par Kosslyn (1980) qui nous semble un candidat plausible pour la Mémoire de Travail visuo-spatiale. Pour Baddeley (1990), il semble ne pas exister de lien possible entre l'approche de Shepard (Podgorny et Shepard, 1978 ; Shepard, 1975 ; Shepard et Chipman, 1970) ou de Kosslyn (1980 ; 1987) et la sienne. La seule interprétation qu'il trouve à la similarité entre les réponses sur des images mentales et sur des perceptions réelles est en terme de méthode. Selon lui, les chercheurs de l'imagerie ont une approche du problème qui s'appuie sur des techniques issues de la psychophysique et cela seul peut expliquer les résultats analogiques trouvés entre l'imagerie et la perception.

Enfin, l'interprétation des effets de l'interférence est sujette à caution. La modification d'aspects triviaux des tâches utilisées peut amener à remettre en cause tout un raisonnement interprétatif (e. g. Smyth et Pelky, 1992 ; Jones, 1993).

2 2 2 UNE COMPOSANTE UNITAIRE SOUS LE CONTROLE DE L'ADMINISTRATEUR CENTRAL.

La validation du V.S.S.P. du modèle de Baddeley reposait sur des dissociations entre les tâches visuo-spatiales et les tâches verbales. Puisque le modèle comporte également un Administrateur Central, certains chercheurs ont tenté apparemment sans succès des dissociations entre le système esclave dévolu au matériel visuo-spatial et l'Administrateur Central. En effet, les tâches qui perturbent le fonctionnement de la mémoire visuo-spatiale sont nombreuses dans la littérature (e. g., Baddeley et Lieberman, 1980 ; Moar, 1978 ; Morris, 1987) mais certaines d'entre elles s'avèrent non spécifiques à l'interférence sur du matériel visuo-spatial. Ces constatations amènent les chercheurs à penser que seuls les processus centraux seraient impliqués dans le traitement des informations de nature figurative (e. g., Morris, 1987).

2 2 2 1 ON AVAIT OUBLIE QUE LE SYSTEME ETAIT TRIPARTITE.

Montrer que le module de Mémoire de Travail visuo-spatial se distingue de la Boucle Phonologique n'est pas suffisant pour prouver son existence propre au sein de la Mémoire de Travail du modèle tripartite classique, il est nécessaire d'aller voir si ce module fonctionne indépendamment de l'Administrateur Central. L'existence d'un module de mémoire visuelle ne peut être validée que s'il fonctionne au moins en partie sur ses propres ressources.

Phillips et Christie (1977 a) développent un paradigme de mémoire de matrices. Ce paradigme consiste à présenter au sujet des matrices dont la moitié des cases est remplie et l'autre moitié vide, au hasard. Ce matériel ne peut pratiquement pas être codé verbalement.

A chaque essai on présente une série de matrices. Après la phase d'encodage, on demande au sujet de reconnaître chacune des matrices présentées une à une en ordre inverse. Cette tâche présente un très net effet de récence mais seulement sur le dernier item : le dernier item est reconnu à quatre-vingt dix pour cent alors que les items précédents ne le sont qu'à soixante pour cent. La reconnaissance des items visuels ne montre pas d'effet de primauté. Un masquage visuel fait diminuer la performance sur le dernier item mais l'effet de récence reste très significatif. Cet effet persiste lorsque l'on fait reconnaître une seule matrice cible prise au hasard dans la série et lorsqu'on fait varier le nombre de matrices dans la série. Lorsque l'on ajoute une phase de maintien de dix secondes sans interférence, la performance diminue mais l'effet de récence reste significatif. La courbe reste semblable également lorsque l'on fait varier l'intervalle entre la présentation des stimuli. Lorsqu'on présente une autre matrice pendant la phase de rétention et que cette matrice n'a pas à être retenue, il ne s'agit alors que d'un suffixe, l'intrusion de cette matrice ne provoque pas de perturbation sur la dernière matrice de la série principale (Phillips et Christie, 1977 b).

Hitch et Walker (1991), Walker, Hitch et Duroe (1993) retrouvent cet effet de récence sur un item dans une tâche de localisation d'une sonde au cours de laquelle les sujets encodent, sous suppression articulatoire, de patterns difficiles à nommer ou des lettres de différentes couleurs à différentes localisations.

Nous soulignons que les méthodes de rappel diffèrent selon le type de matériel, rappel pour les mots et reconnaissance pour les configurations, et qu'il n'y a de consensus pour affirmer que le rappel libre et la reconnaissance sont seulement des situations expérimentales différentes ou qu'elles mettent en jeu des processus différents (Tiberghien et Lecocq, 1973 ; Lecocq et Tiberghien, 1973). Néanmoins, Phillips et Christie s'appuient sur ces résultats pour soutenir la dissociation des processus en fonction du type de matériel. Notons également que Jones, Farrand, Stuart et Morris (1985) trouvaient des courbes de

rappel semblables pour le matériel verbal et les localisations de cibles, ce qui pourrait souligner l'inadéquation de la tâche proposée par Phillips et Christie.

Phillips et Christie montrent également que les tâches visuo-spatiales sont sensibles à des effets d'interférence non spécifiques. Lorsque l'on fait une tâche interférente de calcul mental de trois secondes pendant la phase de rétention, l'effet de récence disparaît complètement alors que la reconnaissance des items aux autres positions sérielles est, en revanche, insensible à cette tâche interférente (Phillips et Christie, 1977 a) et cet effet existe même lorsqu'on ne demande pas aux sujets une réponse ouverte (Phillips et Christie, 1977 b). Lorsqu'on présente une autre matrice ou un pattern légèrement différent pendant la phase de rétention et qu'on fait sur cet item interférent une tâche de reconnaissance immédiate qui peut relever de la mémoire iconique, la performance à la matrice de test est affectée, et elle l'est plus encore lorsque la tâche sur l'item interférent nécessite une mémorisation. Enfin, dans une expérience complexe (Phillips et Christie, 1977 b, expérience 5), les auteurs tentent de savoir si les entrées perceptives sont cause d'interférence. Ils conduisent leurs expériences sur deux sessions au cours desquelles un pattern interférent de facture différente de celui de la tâche principale est présenté ou non après celle-ci. Dans l'une des sessions, considérée comme faisant intervenir la perception "active", les auteurs font l'hypothèse que les sujets forment une représentation en mémoire du pattern interférent, on teste de temps en temps la performance sur ce pattern pour voir s'il n'est pas ignoré. On peut supposer, bien que les auteurs ne le précisent pas, qu'ils invitent expressément leurs sujets à maintenir activement le pattern interférent. Dans l'autre session, les sujets sont invités à ne pas construire de représentation sur le pattern interférent, cette condition est considérée comme relevant de la perception "passive". Les résultats de cette expérience montrent que lorsque les sujets ont été invités à maintenir activement le pattern interférent, la performance est significativement perturbée par la simple présentation sans test de ce pattern. De plus, il n'y a pas de différence significative sur la performance de la matrice testée selon que le test ait lieu immédiatement après la présentation du pattern interférent ou en différé. Alors que lorsque les sujets sont priés d'ignorer le pattern, la présentation de ce pattern ne provoque aucune perturbation significative par rapport aux conditions contrôles, sans pattern interférent. Les auteurs en concluent que seule la perception "active" est source d'interférence.

2 2 2 2 LA CONCEPTION DE PHILLIPS ET CHRISTIE.

Si Quinn (1988) postule que le V.S.S.P. et l'Administrateur Central sont fortement liés mais indépendants, la conception de Phillips et Christie (1977 a ; b) est plus radicale. Forts de leurs résultats expérimentaux, ces derniers vont poser l'hypothèse d'une Mémoire à Court Terme visuelle dépendante des ressources attentionnelles, le V.S.S.P. n'est pas

nécessaire. Nous allons voir que les auteurs commencent eux aussi par interpréter les différences et les analogies entre le visuo-spatial et le verbal avant de poser la mémoire visuo-spatiale comme indépendante de la Boucle Phonologique mais puisant dans les ressources centrales.

Phillips et Christie (1977 a) interprètent leurs résultats expérimentaux comme la preuve de l'existence de deux composantes dans la mémoire visuelle : un processus de Mémoire à Court Terme visuelle et un processus de Mémoire à Long Terme visuelle. La composante récente montre une seule représentation très précise et d'accès rapide. Cette représentation est très instable puisque l'entrée d'un autre pattern l'efface complètement. Phillips et Christie (1977 a) pensent que cette représentation serait en Mémoire à Court Terme visuelle. La terminologie "visualisation" qu'ils emploient pour qualifier la Mémoire à Court Terme visuelle laisse sous-entendre, pour les auteurs, que la représentation est active. La composante stable montre des représentations qui ne conservent que quelques aspects pertinents des stimuli, mais en nombre illimité. La construction de ces représentations dépend essentiellement des traitements qui se déroulent pendant la présentation puisque le fait d'ajouter des intervalles entre les stimuli n'améliore pas la performance et qu'une tâche interférente finale ne les perturbe pas. Les contraintes viendraient de la construction et de la structure interne des représentations visuelles schématiques. Phillips et Christie (1977 a) pensent que ces représentations seraient en Mémoire à Long Terme.

Pour Phillips et Christie (1977 a), les résultats de leurs expériences soutiennent l'idée que la mémoire visuelle est organisée en processus analogues à ceux de la mémoire verbale. De plus, l'absence de primauté et la discontinuité plus marquée de la récente soutiendraient l'idée que les tâches utilisées ne dépendraient pas de représentations verbales (Phillips, 1974). En quelque sorte, les auteurs intègrent l'idée de deux processus différenciés pour la Mémoire à Court Terme verbale et pour la Mémoire à Court Terme visuelle qui fonctionnent sensiblement de la même manière, mais leur conception se démarque de celle de Baddeley et Hitch (1974) puisque pour eux, la Mémoire de Travail visuo-spatiale ne repose pas sur un processus spécifique comme le V.S.S.P. du modèle classique.

Deux sortes de tâches secondaires créent une interférence sur la mémorisation de matrices : le calcul mental et les tâches visuelles qui impliquent la formation active d'images.

Le fait que le calcul mental fasse chuter la performance que les chiffres soient présentés sur le mode visuel ou auditif alors que la simple lecture ou audition de chiffres ne fait pas un effet aussi drastique (e. g., Phillips et Christie, 1977 b) laisse les auteurs penser que la cause de l'interférence serait liée à l'implication des capacités de résolution de problèmes. Les tâches interférentes visuelles font chuter la performance seulement lorsqu'elles impliquent la formation et l'utilisation de représentations, pas lorsqu'un simple stockage sensoriel suffit

(Phillips et Christie, 1977 b), la visualisation pourrait donc être limitée non pas par les vues construites mais par les actions nécessaires pour leur construction.

L'ensemble de ces résultats amène Phillips et Christie (1977 a ; b) à supposer que la visualisation nécessite les ressources d'un Administrateur Central général proche de celui du modèle de Baddeley et Hitch (1974). D'autres faits expérimentaux leur laissent supposer que d'autres processus plus spécifiques pourraient exister, comme un processus visuel de capacité limité pour la reconnaissance des items familiers (Merickle, 1976). Ils proposent donc de rechercher une tâche interférente qui aurait un effet massif sur la performance à une tâche principale relevant de la mémoire visuo-spatiale sans avoir d'effet notable sur une tâche principale relevant des processus centraux, tâche qui ferait une lourde demande sur le processus visuo-spatial tout en ayant un coût attentionnel réduit et signerait alors l'existence d'un processus visuo-spatial séparé.

Les travaux de Morris (1987) appuient cette conception mais avec une légère modification. Morris (1987) développe une tâche d'encodage séquentiel de localisations de cercles. Sur un écran, il présente à ses sujets un cadre dans lequel cinq cercles s'éclairent les uns après les autres à des positions déterminées par des tables de nombres aléatoires parmi les quatre-vingt une possibles. Les sujets répondent en traçant les cercles sur une feuille comportant déjà le cadre. Cette tâche est réalisée soit avec une interférence verbale soit avec une interférence de type poursuite réalisée dans la boîte de Moar (1978). Quand les interférences se déroulent durant la présentation des items, la tâche de mémorisation des cercles se montre sensible à l'interférence par la boîte de Moar (1978) et non à l'interférence verbale. Si la tâche de poursuite interfère avec le traitement visuo-spatial à l'encodage, en revanche, Morris ne trouve d'effet de l'interférence que si la tâche concurrente a lieu seulement lors du maintien. Pour lui, ces résultats sont la preuve que les tâches de poursuite reposent sur des processus centraux mais non sur le calepin visuo-spatial. Comme la poursuite dans la boîte de Moar perturbe aussi une tâche de consonnes à rappeler avec leur position sérielle, Morris en déduit que c'est en utilisant ces ressources centrales qu'elle perturbe l'encodage des cercles qui n'est donc pas pris en charge par un processus visuo-spatial indépendant, le calepin fonctionnerait avec l'aide de l'Administrateur Central lors de l'encodage. En revanche, le calepin serait indépendant lors de la phase de maintien de l'information puisque la poursuite ne le perturbe pas. Pour Morris, le V.S.S.P. opère indépendamment de la Boucle Phonologique, il utilise les ressources centrales à l'encodage et au rappel, mais il bénéficie d'une certaine autonomie lors des phases de maintien des stimuli.

2 2 2 3 CRITIQUE DE CETTE CONCEPTION.

Les conceptions de ces auteurs conservent l'idée d'une Mémoire à Court Terme visuelle distincte de la Mémoire à Court Terme verbale et fonctionnant sensiblement comme

elle. Ces conceptions s'éloignent du modèle en trois modules de Baddeley et Hitch (1974) en postulant que la Mémoire à Court Terme visuelle dépend en partie pour Morris (1987) ou totalement pour Phillips et Christie (1977 a, b) des processus centraux.

Une fois de plus nous nous interrogeons sur la nature des tâches principales et interférentes utilisées. Deux critiques peuvent être faites sur les techniques proposées ici pour étudier la Mémoire à Court Terme visuelle. La première concerne la pertinence de la tâche interférente utilisée par ces auteurs. En effet, on sait que l'addition fait intervenir des processus visuo-spatiaux (Fayol, 1990), il est donc normal qu'elle fasse chuter la performance à une tâche relevant de la mémoire visuelle et spatiale. D'autre part, il semble que l'on puisse interpréter les résultats de la manière suivante. La tâche principale pourrait dépasser les capacités du processus visuo-spatial, ceci permettrait d'expliquer que les sujets ne peuvent retenir plus d'une configuration. Les recherches de Broadbent et Broadbent (1981) montrent d'ailleurs une récence sur trois items et un effet d'interférence sur tous les items des séries, items constitués de patterns de trois traits, et non pas sur le dernier item encodé seulement. Broadbent et Broadbent (1981) qui savent que leurs sujets codent verbalement les patterns interprètent également les résultats de Phillips et Christie en terme de codage sémantique, les travaux de Avons et Phillips (1987) semblent confirmer que dans la reconnaissance de configurations de matrices, on trouve un codage en description de formes et en classification sémantique. Cette interprétation qui suppose un codage verbal des matrices est contredite par les travaux de Hitch et Walker (1991) qui trouvaient une courbe de rappel identique à celle de Phillips et Christie (1977 a, b) bien que les tâches visuo-spatiales qu'ils proposaient soient effectuées sous suppression articulatoire. Quoiqu'il en soit, le tâche de Phillips et Christie telle qu'elle est ne semble pas adaptée pour l'évaluation de la Mémoire de Travail visuo-spatiale.

Quant à la tâche de cercles utilisée par Morris (1987), elle nous semble difficile, d'une part parce que les sujets doivent retenir la localisation de cinq cercles parmi quatre-vingt une possibilités, d'autre part parce qu'ils doivent transférer les données de l'écran à la feuille de réponses. Vu la difficulté de la tâche, l'intervention des processus centraux serait nécessaire pour la mener à bien.

En restant proche du modèle de Mémoire de Travail, nous pouvons aussi critiquer la logique qui soutient les interprétations des auteurs qui nous paraît un peu trop fermée. Les interprétations des effets de récence, par exemple, en mémoire verbale sont basées sur l'hypothèse que le stockage verbal est séquentiel per se comme l'est la parole. Cette hypothèse paraît vraisemblable. Mais rien ne prouve en revanche que le stockage visuel ait les mêmes propriétés, on sait au contraire que beaucoup d'aspects de la vision sont parallèles et non séquentiels. Le contexte séquentiel temporel ne serait peut-être pas adapté pour les investigations de la Mémoire de Travail visuo-spatiale. Les interprétations des effets d'interférence ne sont pas claires non plus. Morris (1987) conclut hâtivement que l'exécution de la poursuite repose exclusivement sur des ressources centrales et enchaîne avec l'idée que

tout ce que la poursuite perturbe devra en conséquence dépendre des processus centraux. Dans le modèle de Baddeley et Hitch (1974) l'Administrateur Central est supposé plus perméable. L'Administrateur Central distribue les tâches aux systèmes esclaves mais il peut leur allouer des ressources de stockage quand ils sont submergés. De plus, lorsque la tâche interférente a un coût attentionnel très important, comme par exemple la génération de chiffres au hasard (Baddeley, 1966 b), on constate une diminution de la performance aux tâches classiques de Mémoire de Travail aussi bien verbale que visuo-spatiale, comme la matrice de Brooks dans les deux formes d'encodage. Salway et Logie (1995) postulent qu'en plus de leurs ressources spécifiques respectives ces tâches font une demande importante sur les ressources du processus central. Finalement, toute tâche peut reposer en partie sur les ressources centrales, ce ne serait pas une propriété de la Mémoire à Court Terme visuelle.

Par ailleurs, pour valider l'existence de trois modules en Mémoire de Travail, les méthodes employées ne sont pas totalement pertinentes. En particulier, les dissociations expérimentales ne mettent jamais en évidence l'existence des trois modules du modèle. Nous avons vu de simples dissociations entre les tâches verbales et les tâches visuo-spatiales qui font supposer aux chercheurs l'existence de la Boucle Phonologique et du V.S.S.P. puis de simples dissociations entre les tâches visuo-spatiales et les tâches coûteuses qui font supposer aux chercheurs que le V.S.S.P. dépend de l'Administrateur Central. Logie, Zucco et Baddeley (1990) suggèrent qu'il serait souhaitable de faire des dissociations avec neuf conditions contrastées pour mettre en évidence les trois systèmes tout en soulignant que le statut particulier de l'Administrateur Central rendrait ces expériences difficiles à réaliser. Les auteurs testent une tâche de mémoire de matrices créée par Wilson, Scott et Power (1987) et une tâche de mémoire de séries de lettres présentées visuellement qu'ils croisent avec une interférence par calcul mental et une interférence par construction mentale d'un chiffre dans une grille. Ils trouvent une interaction. L'interférence par calcul mental fait chuter la performance à la tâche visuo-spatiale mais fait un effet plus drastique encore sur la tâche verbale alors que l'interférence visuo-spatiale a un effet plus dévastateur sur la tâche de matrices que sur la tâche verbale. Quand ils proposent les deux tâches principales avec des interférences par la matrice de Brooks dans ses deux versions, ils trouvent de nouveau une interférence croisée mais l'empan visuel est globalement moins perturbé par les interférences de toutes natures confondues que ne l'est l'empan verbal. L'interprétation de Logie et al (1990) est la suivante, comme les tâches interférentes ne créent pas un effet plus marqué sur la tâche visuelle que sur la tâche verbale, la Mémoire de Travail visuo-spatiale ne peut reposer uniquement sur les processus centraux car dans ce cas on aurait une perturbation générale par toutes les tâches secondaires plus marquée sur la mémoire visuelle que sur la mémoire verbale. Il faut noter que malheureusement les auteurs ne jugent pas utile de proposer des conditions contrôles sans interférence. D'autre part et en restant dans la logique du modèle classique, la matrice de Brooks, même en condition imagée étant pour nous une tâche verbale, il n'est donc pas

anormal qu'elle perturbe globalement plus une autre tâche verbale qu'une tâche purement visuo-spatiale.

Finalement nous ne trouvons pas de réponse satisfaisante sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale dans les modèles unitaires qu'ils postulent ou non un processus spécialisé indépendant. Le défaut de ces conceptions réside peut-être dans le fait qu'elles n'intègrent pas les dissociations entre les divers aspects visuo-spatiaux qui avaient été montré dans les travaux sur l'imagerie.

2 3 UNE APPROCHE COMPOSITE DE LA M.D.T. VISUO-SPATIALE.

Nous avons vu que certaines recherches situées dans le cadre du modèle classique de Mémoire de Travail amenaient l'idée d'une mémoire visuo-spatiale plutôt de nature spatiale que visuelle en raison de la sensibilité des tâches proposées aux interférences par mouvements (Baddeley et Lieberman, 1980). Les premières conceptions du modèle n'intégraient pas la dissociation du visuel et du spatial bien que l'hypothèse de deux processus différents dévolus au maintien et au traitement des informations "visuelles" ou au maintien et au traitement des informations "spatiales" ne soit pas exclue. Nous allons nous pencher sur les arguments qui soutiennent l'idée de différenciation entre les tâches de Mémoire de Travail visuelles et spatiales, puis nous regarderons les modèles qui rendent compte de cette dissociation.

Certains chercheurs vont supposer que la différenciation des tâches est liée au fait que ces tâches relèvent de processus distincts, l'un plutôt "spatial" et l'autre plutôt "visuel" ; ils vont mettre au point des modèles qui postulent des sous-systèmes spécialisés, en quelque sorte des satellites de Mémoire à Court Terme visuo-spatiale qui conservent leur indépendance vis à vis des processus centraux.

Puis nous verrons que devant certains faits expérimentaux et le manque d'économie lié à la multiplication de modules, l'hypothèse d'une dépendance des mémoires visuelle et spatiale vis à vis de l'Administrateur Central va prendre le dessus. Nous présenterons les arguments qui soutiennent l'idée que le système éclaté est sous le contrôle de l'Administrateur Central. Puis nous présenterons une conception éclatée de la Mémoire de Travail visuo-spatiale sous le contrôle attentionnel.

2 3 1 PLUSIEURS COMPOSANTES VISUO-SPATIALES.

2 3 1 1 L'ECLATEMENT DE LA M.D.T. VISUO-SPATIALE.

Les travaux de neurologie montrent que les aires activées par des tâches de mémoire d'objets et par des tâches de mémoire de localisations sont distinctes.

En psychologie cognitive et expérimentale, la dissociation va prendre principalement la forme d'une séparation entre les tâches de configurations sensibles à des interférences visuelles et les tâches de localisations sensibles à des interférences spatiales.

A] ARGUMENTS ISSUS DE LA NEUROLOGIE.

Smith, Jonides, Koeppel, Awh, Schumacher et Minoshima (1995) se sont intéressés à la dissociation entre les aires cérébrales qui traitent les informations spatiales et les informations visuelles en se plaçant spécifiquement dans le cadre de la Mémoire de Travail. Leur étude combine des expériences sur des comportements et des mesures du débit sanguin cérébral localisé prises par des tomographies à émission de positrons (en anglais, P.E.T. scan). La stratégie utilisée est la logique de la double dissociation du traitement des objets et du traitement des localisations : si une tâche A est associée à une activité neurale importante dans la région a du cerveau mais à aucune activité de la région b et si une tâche B est associée à une activité neurale importante dans la région b du cerveau mais à aucune activité de la région a, alors ces tâches sont considérées comme gérées par des mécanismes de traitement différents.

Les auteurs prennent des mesures de débit sanguin par P.E.T. pendant que les sujets réalisent soit une tâche de mémoire spatiale qui consiste à retenir la position de trois points pendant trois secondes en vue de la reconnaissance de la localisation d'un point sur les trois points encodés, soit une tâche de mémoire d'objets qui consiste à retenir la forme de deux objets pendant trois secondes en vue d'une tâche de reconnaissance. Une tâche contrôle de localisation spatiale avec le même matériel mais sans phase de rétention est réalisée également. Les auteurs proposent cette tâche qui fait intervenir les mêmes processus, parmi lesquels ils citent l'attention aux stimuli, l'encodage des informations spatiales, la sélection et l'exécution de la réponse, sauf le stockage des informations, afin de vérifier quelles sont les composantes propres de la mémoire spatiale qui sont activées, suivant en cela la méthodologie de soustraction développée par Posner, Petersen, Fox et Raichle (1988). Les images de différences sont créées en soustrayant les deux patterns d'activation. L'analyse des images aboutit à la composition d'une carte des aires dans lesquelles se produisent des différences significatives entre les deux conditions. Une tâche contrôle de reconnaissance de figures sans tâche de rétention est aussi réalisée afin de vérifier quelles sont les composantes propres de la mémoire visuelle qui sont activées. Les résultats montrent une dissociation frappante entre la tâche spatiale qui active seulement les aires occipitales, pariétales et préfrontales de

l'hémisphère droit et la tâche de reconnaissance d'objets qui active d'abord les régions de l'hémisphère gauche comme les aires pariétales et inféro-temporales. Cette dissociation se retrouve lorsque les mêmes stimuli, en l'occurrence des polygones irréguliers que l'on peut difficilement nommer, sont employés dans les deux tâches. Les tâches sont de la reconnaissance spatiale, le sujet doit dire si le polygone est dans la même position qu'une des cibles encodées, ou de la reconnaissance visuelle, le sujet doit dire si le polygone est identique à l'une des cibles encodées. Les performances après des manipulations expérimentales renforcent encore cette dissociation : les variables sont la similarité spatiale ou visuelle des distracteurs et des cibles. Les distracteurs pourront être presque identiques ou très différents des stimuli cibles et ils pourront être situés à un emplacement très proche ou très éloigné des stimuli cibles. Les variations dans la similarité spatiale affectent la performance dans la tâche spatiale seulement alors que les variations dans la similarité visuelle affectent la performance dans la tâche de reconnaissance d'objets seulement.

Pour Smith et al (1995), les résultats de leurs expériences indiquent que des mémoires tampons visuelles différentes sont utilisées pour les tâches de localisations et pour les tâches de reconnaissance d'objets.

Les recherches neurologiques soutiennent l'hypothèse de processus séparés pour le maintien des objets et des localisations.

B] UNE DISCRIMINATION DES TACHES INTERFERENTES.

Après cette différenciation neurologique des groupes de tâches, nous allons regarder les recherches en psychologie cognitive et expérimentale qui appuient cette distinction. Dans ce domaine de la psychologie, une spécificité apparaît d'abord sur les tâches interférentes. Les tâches interférentes visuo-spatiales, selon leur nature, sont source d'un effet délétère sur certaines tâches visuo-spatiales et pas sur d'autres. Et les tâches insensibles à celles-ci s'avéreront sensibles à d'autres tâches classées a priori au départ dans la même catégorie. Nous proposons un premier classement des tâches interférentes selon qu'elles sont réalisées ou non par des entrées visuelles.

Les interférences par des entrées visuelles.

La tâche des mots chevilles est perturbée faiblement par la tâche de poursuite ou par l'apparition de carrés de couleurs à ignorer. En revanche, elle l'est beaucoup plus par des tâches interférentes d'appariement de matrices ou d'images non pertinentes comme l'apparition de configurations visuelles à ignorer (Baddeley et Lieberman, 1980 ; Logie, 1986).

Quinn et McConnell (1996) tentent de mieux cerner le phénomène de "présentation d'images non pertinentes à ignorer" ou "phénomène de stimuli vus mais non regardés" pour plagier la terminologie de Salamé et Baddeley (1982). Ils proposent de comparer l'effet de

deux tâches interférentes visuelles sur les apprentissages verbaux par répétition et par mnémotique visuelle. Les caractéristiques des tâches interférentes visuelles sont les suivantes. L'une est réalisée par la présentation interrompue par des intervalles neutres et réguliers de dessins de lignes qui se modifient. L'autre tâche interférente est réalisée par la présentation d'un pattern de points qui évoluent, passant sans cesse du blanc au noir sans interruption que les auteurs nomment "bruit visuel dynamique". Quinn et McConnell trouvent que toute présentation de stimuli visuels non pertinents crée une interférence sensiblement égale sur la tâche mnémotique visuelle. En revanche, la présentation de lignes qui changent et s'interrompent régulièrement fait chuter la performance sur les deux tâches principales. Les auteurs interprètent leurs résultats comme la preuve que la présentation du "bruit visuel dynamique" est une tâche spécifique alors que les dessins de lignes contiennent des changements qui attirent les mécanismes centraux. Dans le cadre de la théorie de Jones (1993 ; Jones, Madden et Miles, 1992 ; Morris et Jones, 1990 a ; b), il existe une différence entre les patterns et les dessins de lignes : les dessins de lignes changent continuellement et c'est ce que Jones nomme l'état changeant, en revanche les patterns de points sont toujours sensiblement similaires même s'ils évoluent de manière subtile. L'état changeant versus stable pourrait expliquer la différence entre les effets provoqués par ces deux interférences.

Lorsque Quinn et McConnell comparent les effets perturbateurs de deux bruits visuels dynamiques, l'un continu, l'autre interrompu par des périodes neutres, ils ne trouvent pas de différence sur aucune des conditions d'apprentissage, aucun bruit ne perturbe l'apprentissage par répétition et les deux bruits perturbent de manière similaire l'apprentissage par mnémotique visuelle. Si nous supposons que les deux "bruits visuels" ne présentent pas d'état changeant notable (voir l'expérience du son continu induit de Jones, Macken et Murray, 1993), il est normal qu'ils provoquent les mêmes effets. En revanche, dans la théorie de l'équivalence fonctionnelle (Jones, 1993), ces bruits ne devraient pas provoquer d'effets différents selon le type de matériel utilisé, verbal ou visuo-spatial. Dans le cas présent, nous avons des résultats qui contredisent ceux de Jones et la théorie de l'équivalence fonctionnelle. Nous adhérons donc au point de vue de Quinn et McConnell (1996) qui pensent que les éléments du changement qui provoquent une interférence générale restent à identifier.

L'intérêt des travaux de Quinn et McConnell (1996) est de nous révéler qu'il existe des tâches secondaires visuelles qui peuvent perturber la Mémoire à Court Terme visuo-spatiale sans avoir de coût attentionnel, des tâches vraiment spécifiques.

Les interférences autres que visuelles.

Il existe des tâches qui ne sont pas basées sur des entrées visuelles mais sur une implication du corps, équilibre ou mouvements, et qui peuvent perturber la Mémoire à Court Terme visuo-spatiale.

La matrice de Brooks (1967) en version imagée se montre sensible à une tâche interférente de poursuite spatiale visuelle comme la poursuite visuelle d'une cible en mouvement ou non visuelle comme la tâche du pendule, mais pas à une tâche interférente purement visuelle comme le jugement de brillance (Baddeley, Grant, Wight et Thomson, 1975 ; Baddeley et Lieberman, 1980 ; Baddeley, 1986). La méthode des localisations s'avère également sensible à une tâche de poursuite (Baddeley et Lieberman, 1980). La boîte de Moar (1978) dans laquelle il s'agit d'appuyer successivement sur des clés placées sur cinq rangées de cinq clés chacune sans rétrocontrôle visuel perturbe le rappel de consonnes localisées (Morris, 1989). Smyth et Pendleton (1989) montrent que le fait de taper sur quatre cibles diminue la performance à la tâche d'empan spatial des blocs de Corsi (Milner, 1971).

Les travaux de Quinn et de ses collaborateurs nous renseignent sur l'étude des effets d'interférence par des mouvements. Quinn et Ralston (1986) proposent trois expériences pour étudier quels types de mouvements de bras perturbent la tâche visuo-spatiale de la matrice de Brooks (1967) et tentent également de séparer les effets perturbateurs des mouvements et de l'attention qu'on leur porte. L'entraînement à la tâche de mouvements ne diminue pas l'effet perturbateur. Seuls les mouvements incompatibles provoquent une interférence, qu'ils soient faits volontairement par les sujets ou que l'expérimentateur guide le bras que les sujets doivent laisser détendu. Les auteurs arrivent à la conclusion que ce sont les mouvements en eux-mêmes qui ont un effet perturbateur et non l'attention portée aux mouvements. Quinn (1994) teste le rôle du caractère prévisible versus non prévisible des mouvements sur la matrice de Brooks (1967). Les mouvements qualifiés de "non prévisibles" que nous qualifierions plutôt d'aléatoires provoquent un effet drastique sur la tâche principale lorsqu'ils sont exécutés volontairement, résultat dans la lignée de ce que l'on trouve habituellement dans les tâches de génération au hasard. Des mouvements qualifiés de "non prévisibles" mais dont l'auteur ne spécifie pas la teneur exacte restent sans effet lorsque c'est l'expérimentateur qui manipule le bras des sujets. De façon surprenante, quand les mouvements aléatoires deviennent prévisibles une fois la séquence commencée, ils font chuter la performance sur la version verbale de la matrice de Brooks. Quinn (1994) en conclut que les mouvements font chuter la performance à la tâche visuo-spatiale lorsqu'ils visent une série de cibles précises et que les sujets les connaissent d'avance mais les mouvements n'ont pas nécessairement à être initialisés ou maintenus volontairement pour créer cet effet. Il semble donc que la mémoire des mouvements provoque l'effet d'interférence indépendamment de l'attention qu'on leur porte.

Une recherche de Kerr et de ses collaboratrices (Kerr, Condon et McDonald, 1985) souligne les liens entre le traitement spatial cognitif et le contrôle de la posture. Les auteurs croisent les deux versions de la matrice de Brooks (1967) avec une condition neutre et des conditions d'interférence réalisées sans le recours de la vision : équilibre sur un pied et position d'équilibre talon-pointe de Romberg. Kerr et ses collègues trouvent un effet perturbateur significatif de l'équilibre sur un pied et de la position de Romberg sur la version

imagée de la matrice de Brooks mais pas d'effet significatif sur la version verbale. La position de Romberg, réalisée pieds nus sur une plate-forme de force de Kistler (Black, O'Leary, Wall et Furman, 1977, cités par Kerr et al, 1985) leur a permis en outre d'effectuer une comparaison des effets des tâches principales sur la tâche interférente, il s'avère que quand les sujets réalisent la tâche secondaire d'équilibre, on ne trouve pas de différence entre les deux versions de la matrice de Brooks. Cette étude laisse penser que les traitements cognitifs spatiaux reposent sur des mécanismes neuraux qui sont aussi nécessaires dans la régulation de la posture.

C] DES GROUPES DE TACHES PRINCIPALES.

Les résultats expérimentaux sur les tâches interférentes et sur les P.E.T. nous amènent à dissocier les tâches principales de mémoire en deux groupes. Les incohérences que l'on a trouvées dans la littérature pourraient être liées au fait qu'on n'a pas assez réfléchi à la nature des tâches : une classification des tâches visuo-spatiales s'impose. Celle que nous proposons n'intéresse que les tâches qui ne reposent à aucun moment sur un codage verbal. Les tâches visuo-spatiales principales y sont séparées en deux grands groupes selon leur nature, épreuves de mémoire de formes abstraites et épreuves de mémoire de localisations. Les premières correspondent à des épreuves de reconnaissance de configurations supposées mesurer la composante "visuelle". Les secondes sont des épreuves de rappel de localisations qui mesureraient la composante "spatiale" de la Mémoire de Travail. Cette classification est appuyée par la sensibilité différentielle à l'interférence de ces groupes de tâches. Tresch, Sinnamon et Seamon (1993) montrent une double dissociation chez des sujets normaux. La performance à une tâche de mémoire de localisation d'un point est affectée par une tâche spatiale de discrimination de mouvements alors que la performance à une tâche de mémoire de la forme d'un objet est affectée par une tâche de discrimination de la couleur d'un objet. Ce classement des tâches de Mémoire de Travail visuo-spatiales évoque également le classement effectué par Farah et ses collaborateurs sur les tâches utilisées dans les paradigmes de mémoire visuelle à partir d'études de patients de neuropsychologie. Farah, Hammond, Levine et Calvanio (1988) avaient montré une dissociation entre les tâches visuelles et les tâches spatiales.

Le rappel de localisations.

Quand on parle de tâches "spatiales", on fait référence à des tâches qui nécessitent la mémorisation de mouvements dans l'espace, que ces mouvements concernent le corps, le bras, la main ou les yeux mais ce terme recouvre aussi les tâches de localisations d'items dans l'espace, les relations géométriques entre ces items. Il n'est pas nécessaire qu'il y ait une entrée perceptive visuelle pour que l'on puisse parler de tâche spatiale. Une des caractéristiques

inhérente à ces tâches est la présentation séquentielle des items. Souvent la restitution est une tâche de rappel également séquentielle.

Une tâche de rappel en ordre d'items spatiaux très utilisée en neuropsychologie notamment pour les patients souffrant de désordres spatiaux impliquant les régions postérieures de l'hémisphère droit (De Renzi et Nichelli, 1975 ; Hanley, Young et Pearson, 1991) est la tâche des blocs de Corsi (Milner, 1971). Pour réaliser cette tâche, un tableau de neuf petits blocs arrangés de manière quasi aléatoire est présenté au sujet. Dans la passation originale manuelle, l'expérimentateur touche successivement une série de blocs et le sujet doit se rappeler de la séquence et la restituer en ordre. Il existe aujourd'hui des versions informatisées de la tâche des blocs de Corsi. Cette tâche est reconnue comme fiable (De Renzi, Faglioni et Previdi, 1977) et permet des comparaisons avec l'empan de mots.

Morris (1987), pour sa part, a développé la tâche de localisations de cercles qu'il voulait explicitement sans codage verbal. Mais nous avons souligné que cette tâche était peut-être trop complexe pour reposer sur un processus spécialisé.

La reconnaissance de formes abstraites.

Quand on parle de tâches "visuelles", on fait parfois référence à des tâches qui tournent autour des propriétés des items comme la forme, la couleur ou la brillance. Mais, le plus souvent, on emploie ce terme pour la rétention de configurations statiques comme les formes d'objets ou la relation interne des parties d'une scène.

Wilson, Scott et Power (1987) créent une tâche d'empan visuel adaptée aux jeunes enfants et aux patients de neuropsychologie comme aux adultes normaux en construisant un nouveau matériel. Ils s'inspirent des matrices abstraites de Phillips et Christie (1977 a ; b ; Phillips, 1983, pour une revue) et des travaux de S. Ichikawa (1982). Phillips et ses collègues trouvaient un très net effet de récence seulement sur le dernier item lorsqu'ils demandaient à leurs sujets de reconnaître des matrices, ce qui signait selon les auteurs l'existence de deux processus pour la mémoire visuelle, l'un à court terme, l'autre à long terme. Par ailleurs, Ichikawa (1982) décrit une technique de mesure d'empan visuel par des points présentés de manière globale dans une matrice et restitués par rappel libre.

Wilson, Scott et Power (1987) utilisent des configurations de cases, il s'agit de matrices dont la moitié des cases est remplie au hasard. Au lieu de demander un rappel de la configuration entière, Wilson et ses collègues utilisent une procédure de rappel partiel, la tâche de complétion¹⁴. La performance moyenne des adultes est supérieure à celle atteinte

¹⁴ Après un intervalle de rétention, la matrice est de nouveau proposée au sujet mais avec une case éclairée de moins, la tâche consiste alors à pointer la case manquante. La procédure est une procédure d'empan semblable à la procédure utilisée habituellement pour mesurer l'empan verbal. Le premier item est simple, il s'agit de deux cases l'une au dessus de l'autre dont l'une est remplie. Si le sujet réussit, on lui présente ensuite un item

dans les tâches utilisant des procédures de rappel classique. L'empan de configuration se montre sensible au déclin de la trace ; la performance est moins bonne après un intervalle de rétention de dix secondes sans tâche interférente. Une tâche interférente de comptage à rebours de trois en trois effectuée lors de la phase de rétention produit un effet dévastateur significatif.

L'approche développée par Wilson et ses collègues est prometteuse pour la mesure de la capacité de la mémoire visuelle. Elle donne un empan visuel sur une seule configuration abstraite en nombre d'éléments de la configuration qui peuvent être retenus en même temps. Cette procédure qui évite l'utilisation de plusieurs configurations permet de contourner la difficulté liée à la présentation de séries de configurations qui laissait supposer de manière non satisfaisante que la capacité de la Mémoire à Court Terme visuo-spatiale pouvait n'être que d'un seul élément (Phillips et Christie, 1977 a ; b). Logie, Zucco et Baddeley (1990) testent l'effet de tâches interférentes, addition de chiffres et construction par imagerie mentale d'un chiffre dans une grille dont les cases sont décrites comme vides ou pleines, sur l'empan de Wilson et de ses collègues et sur l'empan classique de lettres. Les auteurs trouvent une interaction entre tâches principales et interférentes. L'empan visuel est plus sensible à l'interférence par imagerie mentale alors que l'empan verbal est plus sensible à l'interférence par calcul mental. Logie, Zucco et Baddeley (1990) montrent également que le tâche d'empan visuel est sensible à une interférence par la matrice de Brooks dans sa condition imagée alors que la tâche d'empan verbal est sensible à la matrice de Brooks dans sa condition verbale. La matrice de Brooks, traditionnellement utilisée dans les études sur la mémoire visuo-spatiale, et l'empan de configurations semblent donc impliquer les mêmes ressources cognitives.

Notre classification interpelle sur le fait que le mode de présentation pourrait avoir un rôle à jouer, rôle souligné par les recherches de Frick (1985). Mais nous allons focaliser notre attention sur le fait que cette classification nous permet de distinguer, en raison de leur sensibilité différentielle à l'interférence et de l'implication d'aires cérébrales différentes, les tâches de localisations et les tâches de configurations. Si nous distinguons ces tâches, nous ne pouvons plus accepter la conception unitaire de la Mémoire de Travail visuo-spatiale car même s'il subsiste des processus sous-jacents communs, une conception composite avec des processus séparés serait plus à même de rendre compte de ces dissociations.

2 3 1 2 UNE M.D.T. VISUO-SPATIALE SPECIFIQUE ET COMPOSITE.

Un modèle qui rend compte de l'existence de processus visuel et spatial séparés est le modèle de Logie (1995). Pour lui, les données de la littérature suggèrent la présence de deux

un peu plus complexe, c'est à dire comportant deux cases de plus dont l'une est remplie. Si le sujet échoue, on lui présente un item du même degré de difficulté, s'il échoue de nouveau, on arrête la passation.

processus distincts dans le V.S.S.P., un processus responsable des informations spatiales impliqué également dans les tâches faisant intervenir des mouvements, un processus responsable des informations visuelles jouant un rôle dans la génération et la rétention et le traitement des images et des entrées perceptives visuelles.

Logie, qui reste proche du modèle de Baddeley, défend l'idée d'une Mémoire de Travail visuo-spatiale indépendante des ressources centrales. Nous soulignons les arguments qui soutiennent l'idée de processus spécifiques.

A] SI L'ON CHOISIT DES TACHES ADAPTEES, ELLES REPOSERONT SUR DES PROCESSUS SPECIFIQUES.

Alors que les travaux de Quinn et Ralston (1986) laissent penser que la perturbation de la mémoire spatiale par des mouvements n'est pas due au coût de l'attention portée aux mouvements puisque les mouvements réalisés sans intervention volontaire perturbent la tâche dans la mesure où ils sont incompatibles, différents résultats d'expériences laissent planer un doute à propos de la dépendance sur des ressources spécialisées des tâches développées par Brooks (1967). Quinn (1988) trouve un léger effet d'une interférence par jugement de brillance sur les deux versions de la matrice. Logie et Salway montrent que les deux versions de la matrice de Brooks sont perturbées par la génération au hasard sans différence significative (e. g., Logie et Salway, 1990).

Logie et ses collaborateurs vont renverser le problème en supposant que ce n'est pas la Mémoire de Travail visuo-spatiale qui repose sur les processus attentionnels mais que la tâche de Brooks traditionnellement utilisée n'est pas une tâche adaptée à la mesure spécifique de la Mémoire de Travail visuo-spatiale et qu'il s'agit d'une tâche qui repose essentiellement sur les processus centraux.

Les travaux de Logie, Baddeley, Mane, Donchin, Sheptak (1989) vont asseoir que la matrice de Brooks repose sur l'Administrateur Central. La tâche principale qu'ils proposent, l'apprentissage d'un jeu complexe sur ordinateur, la Forteresse de l'Espace, implique le contrôle perceptif et moteur d'un vaisseau spatial manoeuvré sur l'écran, une organisation temporelle des réponses, la Mémoire à Court Terme verbale et le développement de stratégies à court terme et à long terme. Au début de l'apprentissage, la performance des sujets est fortement perturbée par la réalisation concurrente de la matrice de Brooks dans ses deux versions et même plus fortement que par n'importe laquelle des autres tâches secondaires testées et aucune interaction significative n'apparaît entre les deux versions. Après une période de pratique, on trouve au contraire une interaction significative entre les deux conditions : la condition verbale de la matrice perturbe les mesures de la Mémoire à Court Terme verbale alors que la condition imagée perturbe les composantes du jeu qui impliquent un contrôle perceptif et moteur.

L'interprétation que propose Logie (1995) est la suivante. La réalisation correcte du jeu fait une lourde demande attentionnelle au début de son apprentissage, de ce fait, les demandes de traitement général des deux tâches de Brooks pèsent lourdement sur la tâche. En revanche, lorsque les sujets ont atteint une certaine habileté, les demandes en traitement attentionnel sont moindres et la nature spécifique des tâches de Brooks réapparaît. Les tâches de Brooks font donc l'une et l'autre une lourde demande sur l'Administrateur Central en plus de leurs demandes en ressources verbales et visuo-spatiales spécifiques. Logie suggère donc de ne pas trop se fier aux résultats expérimentaux révélés lors de l'utilisation de ces tâches. Il suggère aussi de prendre ses distances avec la tâche de localisation de cercles développée par Morris (1987) qui ne se montre sensible à l'interférence que lors de l'encodage en raison peut-être de sa dépendance vis à vis des processus centraux.

Ce point de vue lui permet d'expliquer le fait que, sur les tâches qui reposent sur l'Administrateur Central, l'effet perturbateur n'ait pas lieu si on fait réaliser les tâches secondaires spécifiques seulement lors du maintien. Pour appuyer cette idée, Logie et Marchetti (1991) trouvent que lorsqu'on utilise des tâches principales censées dépendre des processus spécifiques comme la mémorisation de nuances d'une même couleur ou de localisations de cases présentées successivement, l'effet perturbateur spécifique est significatif même si les tâches interférentes ont lieu seulement lors du maintien. L'interférence par mouvements que le sujet réalise sans les voir perturbe la mémorisation des cases alors que l'interférence par images non pertinentes perturbe la mémorisation des couleurs.

B] LE MODELE DE LOGIE.

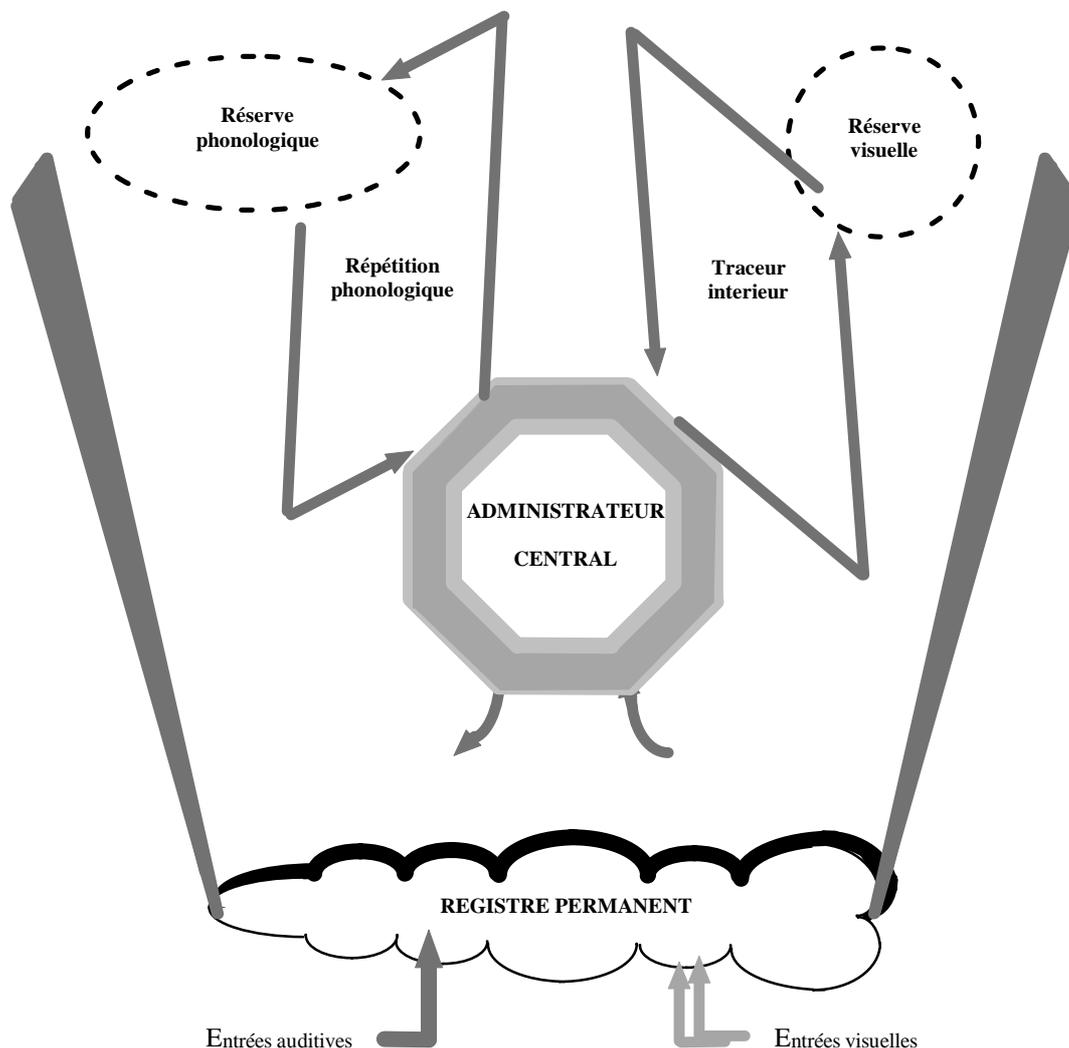


Figure 7 : Diagramme schématique du modèle modifié de la Mémoire de Travail adapté de Logie (1995).

Logie (1995) propose un système de Mémoire de Travail visuo-spatiale qui comprend une charge temporaire visuelle et une charge temporaire spatiale. Les entrées visuelles passent par les représentations des caractéristiques visuelles des objets comme la forme ou la couleur et des informations spatiales concernant la scène visuelle contenues en Mémoire à Long Terme. Après l'actualisation des représentations en Mémoire à Long Terme, les informations, selon leur nature, pénètrent dans la partie visuelle ou spatiale du système.

La charge visuelle est sujette au déclin et aux interférences par des entrées visuelles, ainsi, l'effet des tâches qu'on peut qualifier "d'images vues et non regardées" rend compte du fait que les informations visuelles ont un accès direct à la réserve de Mémoire à Court Terme visuelle (en anglais, Visual Cache). La charge spatiale ou traceur intérieur (en anglais, Inner Scribe) serait utilisée pour rafraîchir le contenu de la charge visuelle et pour la planification des mouvements ; les tâches de poursuite agiraient comme une sorte de suppression spatiale

gênant le fonctionnement du processus de rafraîchissement. L'Administrateur Central a une position stratégique qui lui permet d'extraire le matériel pertinent à partir de n'importe quel sous-système et de la Mémoire à Long Terme pour réaliser les tâches coûteuses qui reposent sur lui, comme les tâches d'imagerie visuelle. Le contenu de la Mémoire de Travail est dérivé de la Mémoire à Long Terme.

Logie tente de rapprocher son modèle de celui de Kosslyn (1991). Pour Logie, le "buffer" du modèle de Kosslyn est plus un espace de travail qu'une simple mémoire tampon puisqu'il reçoit les objets en même temps que leurs localisations mais aussi les informations sémantiques associées à cette image. L'Administrateur Central, responsable de la génération et de la manipulation d'images dans la conception de Logie, pourrait être le siège de ce "buffer" et contrôler les opérations qui s'y déroulent, en particulier l'imagerie qui relève à la fois du maintien d'objets et de localisations. La charge visuelle du modèle fournirait une réserve avec une caractéristique inhérente à sa fonction, elle contiendrait beaucoup plus d'informations qu'il n'en serait nécessaire pour réaliser la tâche consciente. Les processus suggérés par Kosslyn pour traiter les informations pourraient être des procédures activées à partir de la Mémoire à Long Terme et mises à la disposition de l'Administrateur Central. Le processus de régénération qui rafraîchit les informations de manière séquentielle dans le modèle de Kosslyn pourrait fournir la fonction de répétition du matériel à rafraîchir. La planification des mouvements pourrait être accomplie par une répétition rapide de simulations basées sur l'imagerie. Il existe d'ailleurs des données qui soutiennent l'idée que cette planification mentale peut jouer un rôle dans l'amélioration tant des mouvements eux-mêmes que de leur mémorisation. La pratique mentale de mouvements améliore la performance d'une part à ces mouvements chez les athlètes et dans certaines activités sportives (e. g., Ungerleider et Golding, 1991), et d'autre part à une tâche de mémorisation d'actions où elle s'avère plus efficace que l'imagerie (e. g., Engelkamp, 1991). Pour Logie, si la mémoire tampon visuelle de Kosslyn ne recouvre pas la Mémoire à Court Terme visuo-spatiale, les deux conceptions peuvent tout de même être intriquées de manière satisfaisante.

Le modèle de Logie apporte une réponse à l'intégration des données sur le visuel et le spatial mais il semble occulter les problèmes de l'indépendance des processus visuo-spatiaux par rapport aux processus centraux en éliminant simplement certaines tâches jugées trop complexes. Il existe d'autres résultats expérimentaux qui ne proviennent pas d'études basées sur la matrice de Brooks mais qui, pourtant, soutiennent aussi l'idée que la Mémoire de Travail visuo-spatiale dépend des ressources attentionnelles. Par exemple, dans la tâche de complétion de patterns développée par Wilson et ses collaborateurs, tâche de mémoire visuelle si l'on s'en tient à la classification que nous avons proposée, l'augmentation du temps de maintien fait chuter la performance (Wilson et al, 1987). Ces résultats laissent à penser que le maintien de stimuli visuels est coûteux donc qu'il dépend du processus central.

Dans le modèle de Logie le contenu de la Mémoire de Travail est dérivé de la Mémoire à Long Terme. Ceci peut être rapproché du modèle de Cowan (1988) dans lequel la Mémoire de Travail est une partie activée de la Mémoire à Long Terme. Logie ne prétend pas cependant proposer une théorie générale de la mémoire, il essaie d'intégrer la séparation entre la Mémoire à Court Terme visuelle et spatiale et, d'une part, le processus de traitement, d'autre part, la fonction de stockage à long terme.

2 3 2 DES PROCESSUS COMPOSITES SOUS LA HOULETTE DES PROCESSUS CENTRAUX.

Arrivée à ce point, nous pouvons admettre que la Mémoire de Travail visuo-spatiale peut être postulée par opposition à la Mémoire de Travail verbale. En se plaçant dans le cadre d'un modèle unitaire, il existe des arguments qui soutiennent l'idée de la dépendance des processus visuo-spatiaux vis à vis des ressources attentionnelles. Une conception intègre à la fois l'aspect composite, à savoir l'éclatement des processus visuel et spatial, et l'hypothèse que les processus de la mémoire immédiate non verbale reposent sur les ressources centraux. Elle argumente principalement par l'observation des dysfonctionnements des modèles plus classiques.

2 3 2 1 LE FONCTIONNEMENT DE LA MEMOIRE VISUO-SPATIALE N'EST PAS SI EVIDENT.

Les tâches qui font intervenir des mouvements semblent ne pas former un ensemble cohérent et ceci pourrait remettre en cause un aspect de la classification précédente où les tâches de localisations étaient considérées comme sensibles à toute tâche de mouvements. Cette séparation n'est pas de bon augure pour l'unité des processus qui soutiendraient ces tâches. D'autre part, en mémoire immédiate visuo-spatiale et contrairement à la mémoire immédiate verbale, le processus de rafraîchissement semble ne pas être basé sur le processus de réponse le plus évident.

A] UNE DISTINCTION AU COEUR DES TACHES DE MOUVEMENTS.

Les tâches qui impliquent des mouvements comme le codage de mouvements vus ou le codage de séries de localisations nécessitent des traitements visuo-spatiaux qu'on pourrait supposer a priori identiques. Or, les travaux de Smyth et Pendleton (Smyth, Pearson et Pendleton, 1988 ; Smyth et Pendleton, 1989 ; 1990) laissent penser que les tâches qui font intervenir des mouvements n'impliquent pas toutes la mémoire visuo-spatiale de la même manière.

Smyth, Pearson et Pendleton (1988) et Smyth et Pendleton (1989) ont fait une distinction entre les mouvements vers des localisations comme les blocs de Corsi, mouvements dans lesquels le but est d'atteindre une cible, et les mouvements de configurations dans lesquels le but est de retenir des mouvements de parties du corps. Cette distinction s'appuie sur la sensibilité différentielle de ces tâches aux interférences à dominante spatiale versus à dominante de configuration. Les auteurs supposent que les ressources utilisées dans le rappel de configurations de mouvements se différencient de celles utilisées dans le rappel de localisations dans l'espace : si un processus visuo-spatial est nécessaire au départ pour traiter les mouvements vus, ce processus n'impliquerait pas les mêmes composantes spatiales que les mouvements en direction de cibles, dans les tâches de configurations de mouvements du corps, le mouvement en lui-même ne serait pas la cause de l'effet perturbateur, le maintien exact des effecteurs jouerait un rôle capital. Un mécanisme de répétition centré sur le corps pourrait être utilisé dans ce cas mais comme les tâches secondaires ont eu lieu lors de l'encodage, on ne peut tirer aucune conclusion sur la seule répétition. Smyth et Pendleton (1990) vont proposer une série d'expériences en situant leurs tâches interférentes exclusivement entre la présentation et le rappel des tâches principales, donc en testant la présence et le fonctionnement d'un processus de répétition.

Smyth et Pendleton (1990) montrent que le rappel, non sensible à une interférence par suppression articulaire, de séries de mouvements après un intervalle est perturbé si, durant cet intervalle, le sujet est prié de regarder des mouvements réalisés par un autre corps qu'il n'aura pas à rappeler, de réaliser des mouvements similaires sans avoir à les retenir, ou de mémoriser une série de mouvements en vue d'un rappel différé. Ces effets se retrouvent en rappel libre et en rappel ordonné. Les auteurs nomment parfois "rappel libre" la prise en compte des items justes mais pour lesquels l'ordre de réponse est erroné, il ne s'agit pas alors à proprement parler de l'utilisation méthodologique du rappel libre mais elles proposent tout de même une expérience s'appuyant sur la véritable méthode de rappel libre et une procédure de "supraspan" pour confirmer leurs résultats. Toute présentation de mouvements similaires perturbe la tâche de mémorisation de configurations de mouvements.

Les auteurs trouvent un effet d'interférence par la mémorisation, en vue d'un rappel différé, d'une série de mouvements vers des cibles (blocs de Corsi) sur le rappel ordonné des configurations de mouvements. En revanche, cet effet ne se retrouve pas en rappel libre. Le rappel de séries de mouvements après un intervalle ne subit pas non plus d'interférence significative lorsque le sujet réalise des mouvements sans aspect mnémonique sur les blocs de Corsi, ni lorsque le sujet regarde des mouvements réalisés par l'expérimentateur sur les blocs de Corsi durant l'intervalle de rétention.

Pour Smyth et Pendleton (1990), il existe bien un processus de répétition pour les mouvements. Ce processus est sensible à toute présentation de mouvements similaires mais il est résistant à des mouvements qui ne sont pas similaires. Maintenir une série de

configurations n'utilise pas les ressources utilisées pour faire des mouvements vers des localisations. Selon les auteurs, lorsque l'effet d'interférence est significatif, il provient d'une perturbation du maintien de l'ordre dans la séquence qui est sensible à la charge supplémentaire causée par le maintien de l'ordre dans la série de localisations.

A l'inverse, Smyth et Pendleton (1990) s'intéressent à l'effet des configurations de mouvements sur la tâche de localisations de cibles spatiales. Si l'on considère que l'analyse initiale des mouvements doit impliquer un traitement visuo-spatial, on s'attend a priori à trouver un effet perturbateur des configurations de mouvements, comme Logie (1986) a trouvé un effet d'images non pertinentes sur les mnémoniques visuelles. En revanche, nous rappelons que Morris (1987) trouvait que la perturbation sur la tâche de rappel libre de cercles localisés n'avait lieu qu'au codage et au rappel et non lors du maintien. Smyth et Pendleton y puisent un soutien supplémentaire de l'idée que ce qui différencie les tâches est la nécessité de maintenir ou non l'ordre des informations. Si leur hypothèse est correcte, une tâche globale de configurations ne peut pas provoquer d'interférence sur une tâche de localisations.

Les auteurs ne trouvent aucun effet d'interférence en rappel libre ; en revanche, en rappel ordonné, le fait de regarder les mouvements de l'expérimentateur vers des cibles perturbe la tâche principale. Les auteurs l'interprètent comme signant que seul le maintien de l'ordre serait perturbé dans cette tâche, il n'y aurait d'interférence que lorsqu'une tâche séquentielle perturbe le maintien de l'ordre dans la tâche principale, la tâche de Corsi serait soutenue par un processus de répétition des items et de l'ordre. Cette interprétation trouve un appui dans une étude de Wilson, Brodie, Reinink, Wiedman et Brooks (1988, cité par Smyth et Pendleton, 1990) qui montre qu'il n'y a pas de corrélations entre l'empan lorsque la tâche implique un ordre dans les réponses et l'empan des items seuls. Notons que pour Farrand et Jones (1996), la tâche classique de Corsi serait même une tâche dans laquelle seul l'ordre serait rappelé.

Comme une série de configurations de mouvements et une série de localisations peuvent être maintenues simultanément et que le nombre total d'items rappelés sur les deux séries additionnées est plus important que le rappel immédiat sur l'une des deux tâches prise isolément, les auteurs supposent que des processus différents sont impliqués dans la réalisation des tâches. Les tâches secondaires interfèrent avec la répétition du matériel des tâches principales lorsqu'elles sont similaires alors que les tâches différentes ne le font pas, et ce caractère ne peut être déterminé qu'au vu de résultats expérimentaux. Une charge passive basée sur la perception, comme Logie (1986) la supposait ne peut être à l'origine de cet effet différentiel. Les localisations spatiales pourraient être maintenues par un processus de répétition insensible aux entrées visuelles. Les configurations de mouvements pourraient être maintenues dans un processus spatial kinesthésique.

Il semble qu'il y aurait plus de différences entre le visuel et le spatial que Logie (1995) n'en avait supposé dans son modèle.

B] LE PROCESSUS DE RAFRAICHISSEMENT NE SERAIT PAS BASE SUR LA REPONSE MOTRICE.

Deux types d'arguments soutiennent l'idée que contrairement à la mémoire immédiate verbale, le processus qui soutient la mémoire immédiate visuo-spatiale n'est pas basé sur la réponse motrice. Ces arguments proviennent des études de corrélations et des recherches sur les paramètres qui influencent l'effet longueur de parcours dans les tâches de mémoire.

En mémoire immédiate verbale, la vitesse d'articulation à voix haute d'un sujet peut être utilisée pour prédire une proportion importante de la variance de l'empan verbal : le plus vite un individu pourra articuler, le plus d'items il sera capable de rappeler correctement en ordre (Baddeley, Thomson et Buchanan, 1975 ; Hulme, Thomson, Muir et Lawrence, 1984). Il semble que le système de réponse soutient le processus de répétition. Nous avons vu qu'en ce qui concerne la mémoire visuo-spatiale, des hypothèses ont été faites sur l'implication des mouvements, mouvements des yeux (Baddeley, 1986) ou d'autres parties du corps (Farmer, Berman, Fletcher, 1986 ; Moar, 1978 ; Morris, 1987 ; Quinn, 1994 ; Quinn et Ralston, 1986 ; Smyth et Pendleton, 1989). Ces hypothèses se sont appuyées sur les effets dévastateurs que provoquaient des tâches de mouvements lorsqu'elles étaient utilisées comme tâches interférentes. Si la répétition implique un rafraîchissement en ordre des localisations et que le temps nécessaire pour réaliser ce rafraîchissement est lié au temps de mouvements, on devrait trouver que le temps pris par le déplacement de localisation en localisation peut être utilisé pour prédire le nombre d'items qui peuvent être rappelés. Smyth et Scholey (1992) ont fait des investigations sur les corrélations en utilisant deux voies différentes, celle des différences interindividuelles et celle des modifications expérimentales sur les passations individuelles.

Dans la perspective des différences interindividuelles, leur recherche s'est intéressée à l'éventualité que la vitesse à laquelle les sujets réalisent des mouvements rapides de la main et des yeux en direction de localisations spatiales puisse prédire la performance à l'empan spatial. Les auteurs ont mesuré les temps de réalisation sur une tâche de "tapping inverse" (Fitts, 1954, cité par Smyth et Scholey, 1992) dans laquelle les mouvements sont faits continuellement entre deux cibles, sur une tâche de déplacement entre quatre cibles (Farmer et al, 1986 ; Smyth et Pendleton, 1989), sur une tâche répétitive de mouvements des yeux entre deux cibles spatiales. Dans la perspective des différences expérimentales pour un même individu, les auteurs ont mesuré l'empan spatial à la tâche des blocs de Corsi sous deux conditions de taille des blocs avant les mesures de temps de mouvements et sous une condition après ces mesures en supposant que les tâches de mesures pouvaient conduire les

sujets à augmenter leur vitesse de mouvements. Enfin, voyant à mi parcours que les corrélations seraient très faibles, les auteurs ont ajouté pour les sujets suivants une tâche d'empan de chiffres et des mesures de la vitesse d'articulation et de la vitesse de lecture.

Smyth et Scholey (1992) ne trouvent aucune relation entre le temps pris pour se déplacer rapidement entre les cibles et le nombre d'items spatiaux qui peuvent être rappelés en ordre malgré leurs mesures variées : que la précision soit importante ou non, que la tâche soit relativement nouvelle ou acquise et que le temps de mouvements soit mesuré avec la main ou avec l'oeil. De plus, le temps de mouvement réel varie entre les différentes conditions expérimentales sans que cela n'affecte le nombre d'items rappelés. Les tailles des corrélations entre les trois mesures d'empan indiquent que les sujets ne sont pas toujours consistants dans leur performance à l'empan. La classique corrélation entre l'empan de chiffres et la vitesse d'articulation est retrouvée chez les sujets pour lesquels ces mesures ont été pratiquées. Effet qui ne laisse pas de nous surprendre, le temps pris pour dire les chiffres prédit l'empan spatial. Cette corrélation n'est pas liée à une composante verbale dans l'empan spatial car les données de la littérature (Smyth et al, 1988) et une expérience complémentaire des auteurs qui confirme par ailleurs cette corrélation indiquent que la suppression articuloire crée un effet mineur sur la tâche spatiale et seulement dans la condition de rappel de six localisations, c'est à dire quand les sujets sont à la limite de leurs possibilités. Quant à la performance de l'empan verbal, il s'avère que, contrairement à toute attente, même sous suppression articuloire la vitesse d'articulation continue de la prédire.

La relation entre l'empan verbal, la vitesse d'articulation et l'empan sous suppression n'est pas aussi simple qu'elle ne semblait a priori. Mais surtout, il ne peut être fait un parallèle simple entre l'empan de mémoire verbale et l'empan de mémoire spatiale. S'il existe un processus de répétition dévolu au rafraîchissement des localisations, sa vitesse ne corrèle pas avec le temps de mouvement réel. Le processus de rafraîchissement visuo-spatial ne semble pas basé sur le processus de réponse motrice.

L'effet longueur de mots en mémoire immédiate verbale est classiquement attribué à la relation entre la vitesse de répétition du matériel et le temps nécessaire pour articuler les mots à retenir. Bien que les études de corrélations de 1992 n'aient pas donné les résultats escomptés, Smyth et Scholey (1994 b) tentent une nouvelle fois d'éclaircir la question de l'existence d'un processus interne lié à la réponse ouverte en mémoire immédiate spatiale.

Deux relations mathématiques sont utilisées pour rendre compte du lien entre l'amplitude d'un mouvement réel et la taille de la cible. La plus connue est la Loi de Fitts (1954) qui indique que la durée du mouvement est reliée par une fonction logarithmique à l'amplitude du mouvement divisée par la taille de la cible. D'autres modèles proposent une fonction linéaire entre la précision et l'amplitude, en particulier pour les mouvements très rapides (Schmidt, Zelaznik, Hawkins, Frank et Quinn, 1979). Mais en faisant varier la taille et

la distance entre les neuf cibles spatiales des blocs de Corsi présentées sur ordinateur, Smyth et Scholey (1994 b) n'observent aucune influence du temps de mouvement sur la performance, seulement un léger déclin lorsqu'un intervalle vide est ajouté entre le codage des stimuli et l'émission des réponses et une baisse plus sensible lorsque, lors de l'intervalle, le tableau de stimuli est ôté de la vue des sujets sans qu'il n'y ait d'interaction entre les effets de distance et la présence versus l'absence du dispositif dans le champ visuel. Ces résultats vont dans le même sens que l'absence de corrélation précédemment observée (Smyth et Scholey, 1992). En revanche, lorsque les habituelles neuf cases des blocs de Corsi sont remplacées par neuf assemblages de trois subdivisions chacun, on trouve des différences entre les conditions de taille et de distance entre les neuf assemblages. La performance est significativement plus faible lorsque les cases sont petites et éloignées par rapport aux conditions dans lesquelles les cases sont grandes et éloignées ou petites et rapprochées, de même que, dans ces conditions, le temps de mouvements est plus élevé. Les confusions se produisent entre les subdivisions d'un même assemblage et non entre assemblages. On retrouve donc le facteur qui classiquement perturbe les mouvements réels, la difficulté plus marquée pour les cibles petites et éloignées.

Smyth et Scholey (1994 b) dissocient la précision dans le mouvement réel de la précision lors du maintien. Le mouvement per se nécessite toujours une précision importante et les facteurs de taille et de distance entre les stimuli jouent un rôle dans sa réalisation. En revanche, la précision lors du maintien va dépendre de la tâche. Dans la version traditionnelle des blocs de Corsi, la nécessité de précision pendant la répétition est relativement réduite et un codage grossier est suffisant, alors que dans la version présentant neuf assemblages de trois subdivisions chacun, la réponse à maintenir doit être précise, le temps de mouvement augmente et la performance baisse.

En conséquence, Smyth et Scholey postulent l'existence d'un processus de répétition basé sur la réponse quand des localisations précises doivent être rappelées. Mais lorsque le matériel à rappeler ne nécessite pas une grande précision, les auteurs font l'hypothèse que le processus de répétition ne serait pas impliqué ou ne contraindrait pas le système car une approximation de la cible serait alors suffisante. Nous pouvons rapprocher ceci d'un résultat de Quinn et Ralston (1986) qui trouvaient une interaction entre les mouvements interférents versus l'absence de mouvement et la présence versus l'absence de la matrice au rappel dans une tâche de Mémoire de Travail visuo-spatiale, la tâche de la matrice de Brooks (1967) : quand les sujets répondaient sur des pages blanches, des mouvements incompatibles ayant un effet perturbateur sur le rappel dans une matrice ne créaient pas d'interférence. En suivant l'interprétation de Smyth et Scholey, nous pourrions dire que la réponse à produire dans la recherche de Quinn et Ralston (1986) serait moins précise lorsque la matrice est absente et que, de ce fait, la tâche s'avérerait moins sensible à l'interférence.

2 3 2 2 LA CONCEPTION DE SMYTH ET SCHOLEY.

Ces données expérimentales vont amener Smyth et Scholey (1994 a) à repenser les dissociations des processus dans le cadre du modèle de la Mémoire de Travail et à proposer une nouvelle conception de la mémoire immédiate visuo-spatiale dans laquelle elles vont essayer d'intégrer également les modèles de la mémoire visuelle.

A] EXAMEN DES FAITS ET INTERROGATIONS.

Smyth et Scholey (1994 a) s'interrogent sur les effets de similarité et montrent au niveau théorique que les processus qui soutiennent ces effets ne sont pas identiques pour les mémoires immédiates verbale et visuo-spatiale. Smyth et Scholey (1994 b) ont tenté de rapprocher les facteurs qui affectent la mémoire immédiate verbale des facteurs qui affectent la mémoire immédiate spatiale pour voir si l'on retrouve des formes des effets classiques. La confusion entre items qui amène une discrimination déficiente en mémoire verbale immédiate, l'effet de similarité phonologique, est liée à la proximité phonologique des items. Au contraire, la confusion entre items qui amène une discrimination déficiente en mémoire spatiale se produit davantage lorsque les items sont petits et éloignés. Autrement dit, en mémoire spatiale, la discrimination est affectée par les mêmes facteurs que ceux qui affectent le temps de répétition. Les confusions visuo-spatiales pourraient ne pas être différenciées du temps de mouvement. Cette hypothèse soulève une question à propos de la diminution de la performance lorsque les cibles sont petites et éloignées. Cette altération pourrait être due à la confusion de l'image et non au temps de mouvement, le responsable de cet effet pourrait donc être le stockage de l'information visuo-spatiale lui-même et non le processus de rafraîchissement. Mais il est possible, selon les auteurs, que le manque de distinction entre la discrimination et le processus de répétition vienne du fait que la tâche d'empan spatial ne soit pas appropriée pour tester le processus de répétition.

Les auteurs postulent que, contrairement à la mémoire verbale, la mémoire immédiate visuo-spatiale reposerait sur l'Administrateur Central. Contrairement à Morris (1987), Smyth et Pendleton (1990) ont trouvé qu'un effet perturbateur se produit lorsque l'interférence a lieu uniquement lors de la phase de maintien. Les auteurs expliquent leurs résultats par une différence au niveau de la nécessité de rappeler en ordre dans leurs expériences, contrairement à celle de Morris. Le fait de demander un rappel en ordre des items ferait intervenir des processus qui ne seraient pas spécifiques au traitement spatial ou au traitement des mouvements.

C'est par des arguments similaires que Smyth et Scholey (1992) expliquent la corrélation entre la vitesse d'articulation et l'empan spatial. La vitesse d'articulation est mesurée en demandant aux sujets de répéter une séquence apprise de mots ou de chiffres, ce qui signifie que les sujets ordonnent la sortie des réponses pendant la tâche. Pour les auteurs, l'ordre pourrait être le lien entre la tâche de mémoire de localisations dans les blocs de Corsi et

la vitesse d'articulation, interprétation qui trouve un appui dans le fait que la vitesse de lecture, par exemple, corrèle moins que la vitesse d'articulation avec l'empan spatial. Il pourrait alors y avoir, dans la tâche d'empan spatial, deux composantes de mémoire avec des vitesses de répétition différentes. La composante séquentielle se refléterait dans toutes les sorties séquentielles comme l'articulation dont la vitesse est mesurée par une série d'items apprise à répéter. La vitesse d'articulation refléterait la limitation générale dans la production de matériel ordonné et pourrait prédire ainsi tous les autres empan mais de manière moins efficace que l'empan verbal avec lequel elle partage en outre des éléments spécifiques à la parole.

Smyth et Scholey (1994 b) soulignent qu'on ne sait pas comment l'ordre est représenté pour le matériel visuo-spatial. Comme ce matériel peut être restitué aussi bien à l'endroit qu'à l'envers (Isaacs et Vargha-Khadem, 1989), elles font l'hypothèse que la répétition pourrait ne pas être sérielle en temps normal, le sujet adoptant cette stratégie uniquement lors des situations expérimentales qui nécessitent un rappel en ordre précis. Si l'information visuo-spatiale est retenue dans un format de tableau similaire à une image mentale (Farah, 1989), Smyth et Scholey postulent qu'une relation peut être faite entre les tâches de mémoire immédiate spatiale et le maintien de l'imagerie : il pourrait y avoir un rafraîchissement spatial non temporel, avec un balayage de l'image qui ne respecte pas nécessairement l'ordre de présentation.

Si la nécessité de rappeler en ordre explique les difficultés inhérentes à certaines tâches, Smyth et Scholey (1992), en se replaçant dans le cadre du modèle de Mémoire de Travail, postulent que la nécessité de maintien de l'ordre dans le rappel ordonné reposerait sur l'Administrateur Central. Smyth et Pelky (1992) trouvent d'ailleurs que, sur un tâche de rappel sériel inférieur à l'empan (trois localisations seulement), une interférence par tapotement spatial durant la phase de maintien fait chuter significativement la performance alors que faire réaliser l'interférence en outre lors de la phase de codage n'ajoute pas d'effet perturbateur supplémentaire. Le tapotement spatial et le comptage à rebours provoquent un effet d'interférence. Le tapotement simple ne fait pas chuter la performance quand, de manière traditionnelle le sujet continue de regarder le dispositif pendant la phase de maintien, en revanche il provoque une chute significative de la performance lorsque le sujet doit fermer les yeux, c'est à dire lorsqu'il doit maintenir en mémoire le dispositif et les items à rappeler. Ces faits expérimentaux sont facilement explicables en terme d'implication des ressources centrales lors des tâches de tapotement spatial et de comptage à rebours, et lors des tâches de tapotement simple seulement lorsque le sujet doit, en plus des localisations, maintenir le dispositif. Dans les tâches spatiales, lorsque le rappel en ordre est requis, les ressources attentionnelles semblent impliquées.

Smyth et Scholey (1994 a) testent l'hypothèse plus large que le maintien dans la mémoire immédiate visuo-spatiale serait basé sur des déplacements de l'attention spatiale. Les

résultats de leurs expériences montrent qu'il existe une relation complexe entre les traitements visuels, auditifs, spatiaux et moteurs impliqués dans le maintien d'une série de localisations spatiales en ordre. Lorsque les stimuli visuo-spatiaux ne nécessitent aucun traitement, les auteurs trouvent que regarder crée une interférence plus forte qu'écouter, lire perturbe alors que répéter ce que l'on entend ne le fait pas, écouter des sons en provenance de plusieurs localisations spatiales crée plus d'interférence que répéter des mots même localisés dans l'espace. Si le sujet doit juger de la direction des stimuli interférents oralement, l'effet perturbateur est plus marqué que lorsqu'il est libre de les ignorer, surtout si les stimuli sont visuels. Lorsque le sujet doit effectuer une réponse motrice comme un pointage, l'effet dévastateur est encore accentué et plus encore lorsque les stimuli interférents sont visuels.

Pour Smyth et Scholey (1994 a) l'effet d'interférence s'explique par une accumulation de demandes attentionnelles spatiales. Tous les processus pourraient être intégrés dans le cadre de l'attention spatiale si l'on considère que regarder coûte plus qu'écouter, que lire nécessite un regard actif, qu'écouter des sons localisés implique des changements dans la conscience spatiale que le sujet ne peut ignorer mais que les mots n'impliquent pas de manière intrinsèque un traitement de la direction. Il y aurait un effet cumulatif de l'implication des processus, par exemple, lorsque le sujet doit prêter "attention à des localisations spatiales" par un regard que les auteurs qualifient de "spatial" dans le but d'effectuer une "sortie spatiale".

Ce qui reste flou, comme le soulignent Smyth et Scholey (1994 a), c'est le fait qu'on ignore jusqu'à quel point l'ordre temporel dans les entrées est crucial pour les résultats de l'interférence, on ne sait pas encore si le maintien d'items spécifiques implique des déplacements d'attention spatiale même lorsque l'ordre n'est pas impliqué.

B] ECLATEMENT DU VISUEL ET DU VISUO-SPATIAL SOUS LE CONTROLE ATTENTIONNEL.

La mémoire visuo-spatiale à court terme est perturbée par des tâches secondaires qui nécessitent des déplacements d'attention spatiale et tout porte à croire qu'elle repose sur un maintien actif des informations visuo-spatiales. Smyth et Scholey (1994 a) considèrent que si le maintien de l'information est actif, il est similaire au "regard actif". Ceci les incite à faire une analogie entre la mémoire visuo-spatiale et le maintien des images visuelles en relation avec la suggestion de Farah (1989) qui propose que l'imagerie visuelle soit comme l'attention visuelle, et la proposition de Kosslyn, Flynn, Amsterdam et Wang (1990) qui suggèrent que le maintien d'une image visuelle nécessite un effort. Un rafraîchissement séquentiel est tout à fait envisageable sur le matériel spatial des expériences proposées. Celui qui est modélisé dans le modèle de Kosslyn (1980 ; 1987 ; 1991) par le mécanisme de génération qui, le cas échéant, rafraîchit l'information dans la mémoire tampon visuelle est un candidat plausible. L'information visuo-spatiale serait traitée et maintenue par l'Administrateur Central.

Smyth et Scholey (1994 a) acceptent la dissociation du visuel et du spatial, elles l'envisagent plutôt comme une dissociation du visuel et du visuo-spatial. Selon elles, chez les sujets qui voient normalement, la construction de l'expérience spatiale serait dominée par les entrées visuelles. Même si on peut postuler une mémoire spatiale non visuelle, témoin les performances dans les tâches spatiales des sujets aveugles ou les effets des interférences spatiales auditives sur la performance en mémoire spatiale de sujets qui voient, la vision serait le sens qui informe le plus au niveau spatial. Pour preuve, on peut citer les difficultés dans les tâches spatiales complexes en trois dimensions des sujets qui n'ont jamais vu (Cornoldi, Cortesi et Preti, 1991). Grâce à la vision, le sujet peut situer son propre corps, les objets du monde environnant et les relations qui lient son corps et les objets ou les objets entre eux. Un problème qui émerge de cette distinction est celui des tâches utilisées traditionnellement pour mesurer la mémoire visuo-spatiale. L'utilisation de tableaux en deux dimensions et de tâches centrées sur l'objet pourraient limiter notre compréhension de la mémoire spatiale. Finalement les déplacements attentionnels rencontrés dans les expériences pourraient être le produit d'une stratégie adaptée aux types de tâches mais ne reflétant pas ce qui se passe réellement.

2 3 2 3 CRITIQUES DE CETTE CONCEPTION.

Comme Smyth et Scholey (1994 a) le soulignent elles-mêmes, dans les tâches interférentes proposées, il faut distinguer les tâches de catégorisation des tâches de pointage. D'une part, ces tâches seraient liées à différents patterns d'activation cérébrale (Hellige et Michimata, 1989). D'autre part, ces tâches joueraient des rôles différents dans la formation de l'imagerie mentale et nécessiteraient l'accès d'informations différentes (Kosslyn et al, 1990). On ne sait pas à quel point les processus qui soutiennent ces tâches sont imbriqués, par exemple, si le jugement de coordination doit précéder le jugement de catégorie et il semble évident au vu de certains résultats que le degré de précision requis ne peut pas être le même. Aussi, même si les études des performances réalisées avec des tâches interférentes sont utiles, on doit tenir compte des limites de notre connaissance des tâches.

Puisqu'il trouvait qu'une tâche de rappel libre de localisations n'était sensible à l'interférence que lors de la présentation et du rappel, Morris (1987) a postulé que l'encodage et la restitution des tâches visuo-spatiales reposaient sur l'Administrateur Central et non sur un V.S.S.P. spécifique mais que leur maintien n'aurait pas de coût attentionnel. Smyth et Pendleton (1990) ont trouvé un effet lorsque la tâche interférente est confinée à la phase de maintien en rappel ordonné seulement, pas en rappel libre. Le rappel ordonné des items ajoute un traitement supplémentaire qui pourrait amener la tâche visuo-spatiale à relever de l'Administrateur Central. Smyth et Scholey (1994 a) ne s'engagent pas sur le rappel libre puisqu'elles disent qu'on ignore encore si lorsque l'ordre n'est pas impliqué, il y a ou non des

déplacements d'attention spatiale. Nous avons jugé que la tâche développée par Morris était trop complexe. Il nous semble qu'il manque une tâche visuo-spatiale simple restituée selon la méthode du rappel libre pour pouvoir véritablement tirer des conclusions sur le fonctionnement de la mémoire visuo-spatiale.

Logie (1995) suppose que les informations visuelles ont un accès direct au Visual Cache, réserve de Mémoire à Court Terme visuelle. Cette charge relativement passive est sujette au déclin. Le processus de rafraîchissement actif est utilisé pour rafraîchir la trace présente dans la réserve visuelle et planifier des mouvements, il n'est a priori pas directement sensible aux entrées visuelles. Smyth et Pendleton (1990) ont montré que des mouvements présentés au sujet dans le but d'être regardés passivement interféraient de manière différente selon leur nature : les mouvements en direction de cibles perturbent la rétention de cibles alors que les configurations de mouvements perturbent la rétention de configurations de mouvements. Il existe une contradiction entre ces résultats et la conception de Logie. En se tenant aux faits, si l'on reste dans le cadre d'un modèle modulaire, et même si le fonctionnement de la Mémoire de Travail visuo-spatiale repose sur l'Administrateur Central, il faut admettre des modules beaucoup plus séparés. Le processus spatial chargé de maintenir les localisations spatiales serait sensible aux entrées spatiales et insensible aux entrées visuelles. Le processus visuel serait sensible aux entrées visuelles et insensible aux entrées spatiales. Seule cette dichotomie peut actuellement rendre compte des résultats expérimentaux.

Les modèles composites de la Mémoire de Travail visuo-spatiale permettent une meilleure intégration des données issues de la neuropsychologie et de la psychologie expérimentale mais ils ne nous paraissent pas entièrement satisfaisants au niveau théorique en raison de la parcellisation qu'ils supposent.

CONCLUSIONS DU CHAPITRE 3

Les travaux sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale décrivent des tâches. Certaines sont utilisées pour séparer ou réfuter la séparation entre le verbal du visuo-spatial ou entre le visuo-spatial de l'attentionnel.

Un premier ensemble de tâches s'intéresse aux images que les sujets peuvent former à partir d'un matériel verbal (e. g., Logie, 1986). Dans les tâches développées par Brooks (1967 ; 1968), des phrases peuvent décrire des parcours qu'elles aident à mémoriser. Ces tâches sont reprises dans les travaux de Baddeley, Grant, Wight et Thomson ainsi que d'autres

tâches plus spatiales, plus actives (Baddeley et Lieberman, 1980) pour tester le paradigme des tâches interférentes afin de montrer que les différentes versions (verbales versus imagées) ne sont pas sensibles aux mêmes interférences. Devant le caractère verbal de ces tâches, d'autres chercheurs vont tenter d'en trouver de nouvelles, sans caractère verbal, que nous avons classées comme "visuelles" (e. g., Phillips et Christie, 1977 a ; b ; Wilson, Scott et Power, 1987) et comme "spatiales" (e. g., Corsi, 1972 ; Morris, 1987 ;1989). A l'appui des résultats, les auteurs confirment la séparation des processus verbaux d'avec les processus visuo-spatiaux que Baddeley et Hitch (1974) avaient postulée dans leur modèle.

Partant de la seule constatation que les tâches visuo-spatiales ne sont pas sensibles aux mêmes interférences que les tâches verbales, Baddeley et ses collaborateurs vont poser leur modèle d'un V.S.S.P. qui comporte une aire de stockage passive et un processus de rafraîchissement comme la Boucle Phonologique sans s'interroger sur l'adéquation de ce postulat, car si l'étude de la mémoire immédiate verbale a bénéficié d'une grande avancée théorique c'est parce que le processus de répétition avait toutes les chances d'être basé sur la réponse vue l'adéquation entre la production de paroles et les performances de mémoire verbale (présence d'un effet longueur de mots et d'un effet de similarité phonologique, suppression différentielle de ces effets par des tâches interférentes). Or si les effets d'interférence par des tâches de mouvements sont indéniables sur les tâches visuo-spatiales, on n'a pas mis en évidence des effets qui signeraient la présence d'un processus de rafraîchissement. De plus, les travaux de Smyth et Scholey (1992 ; 1994 b) montrent que le temps de mouvement ne corrèle pas avec l'empan visuo-spatial, contrairement à la vitesse d'articulation qui corrèle avec la performance à l'empan de mots. C'est toujours en s'appuyant sur les mêmes interprétations que d'autres chercheurs vont tenter d'intégrer la dissociation des aspects visuels et spatiaux du V.S.S.P. dans leur conceptions. Or les tâches elles-mêmes posent des problèmes comme le montrent les travaux de Jones (e. g., Farrand et Jones, 1996), il serait donc nécessaire de rechercher des effets signant la fonctionnalité des processus visuo-spatiaux avant de continuer les recherches sur les tâches interférentes.

De plus, même en utilisant le paradigme des tâches interférentes, les chercheurs ont trop rarement testé le maintien des stimuli. La question de la place des tâches interférentes et de l'influence qu'elle peut avoir n'est pratiquement jamais posée bien qu'il n'existe pas de consensus sur le moment où situer l'interférence. Citons Morris (1987) comme exception. Dans le paradigme classique, la tâche interférente était intercalée entre la présentation et le rappel, mais cette présentation a rarement été respectée ensuite. Levy (1971), Murray (1967), Salamé et Baddeley (1982) placent les tâches interférentes durant la présentation du matériel. Jones et Macken (1995 a ; b), Kerr, Condon et McDonald (1985), placent les tâches interférentes durant la présentation et le maintien mais non lors du rappel. Dans les expériences de Baddeley et Lieberman (1980), Farmer, Berman et Fletcher (1986), Logie (1986), Logie, Zucco et Baddeley (1990), les tâches interférentes se déroulent tout au long de

l'expérience. Dale (1973), Hue et Erickson (1988), Phillips et Christie (1977 a ; b), Smyth et Scholey (1994 a), Wilson, Scott et Power (1987) ne les interposent que lors de la phase de rétention. Lorsqu'elles sont situées ainsi, les tâches interférentes ne devraient perturber que les processus de maintien de l'information mais lorsqu'elles ont lieu à d'autres moments, elles pourraient affecter d'autres processus comme les processus d'encodage ou de rappel.

Nous n'avons pas de faits expérimentaux qui signent précisément le fonctionnement des processus de maintien en Mémoire de Travail visuo-spatiale comme nous en avons en Mémoire de Travail verbale.

Les trois conceptions de la Mémoire de Travail visuo-spatiale que nous avons présentées peuvent à première vue paraître incohérentes. En fait, elles ne poursuivaient pas les mêmes objectifs et nous allons en rendre compte succinctement. En revanche, leur diversité et leur caractère complémentaire enrichissent notre approche.

Baddeley et Hitch (1974) ont proposé un modèle hiérarchique de la Mémoire de Travail dans son ensemble. En tant que pionniers, ils ont dû ouvrir la marche en montrant qu'en Mémoire de Travail on retrouvait la dissociation du verbal et du visuo-spatial. Il nous semble qu'ils se sont moins souciés du fonctionnement de la Mémoire de Travail visuo-spatiale que de celui de la Mémoire de Travail verbale. Les recherches de Baddeley et de ses collaborateurs se sont inscrites dans la continuité de la théorie du "double codage" (e. g., Paivio, 1969) et se sont souvent égarées vers des tâches que nous jugeons par trop verbales (e. g., Baddeley et Lieberman, 1980). Ils n'ont pas cherché à intégrer les données des recherches sur la mémoire visuelle (e. g., Farah, 1984). Nous pouvons l'expliquer par des erreurs de jeunesse, du modèle s'entend ! Ils ont peut-être aussi voulu faire un modèle trop beau, trop symétrique. Devant certaines lacunes et incohérences, Phillips et Christie (1977 a ; b) postulent que la Mémoire de Travail visuo-spatiale repose sur l'Administrateur Central mais ils ne changent guère le modèle. Malgré les lacunes des conceptions unitaires, le modèle de Baddeley et Hitch (1974) a apporté une base intéressante pour les autres conceptions ; pour preuve, nous citerons qu'un nombre de recherches impressionnant se sont appuyées sur lui.

Des modèles plus sophistiqués vont intégrer la dissociation du visuel et du spatial et tenter de rapprocher les travaux sur la mémoire visuelle et les travaux sur la Mémoire de Travail visuo-spatiale en intégrant les dissociations de la neuropsychologie. Ces conceptions s'appuient toujours sur le modèle de Baddeley et Hitch (1974) mais elles essaient aussi d'intégrer de nombreux phénomènes contradictoires présents dans la littérature. La question des processus spécifiques, qui deviennent "Visual Cache" et "Inner Scribe" dans le modèle de Logie (1995) dérivé de celui de Baddeley et Hitch (1974), ou de l'implication des ressources centrales dans la mémoire visuo-spatiale, comme dans la conception de Smyth et Scholey (1994 a ; b) reste posée. Cette conception composite de la Mémoire de Travail souligne la

nécessité de se centrer sur un groupe de tâches. Nous savons peu de choses sur les propriétés des tâches et les facteurs qui influencent la performance.

Jones travaille dans une perspective complètement différente, une conception procéduraliste. Il ne s'intéresse pas aux mêmes aspects, ses recherches ne portent que sur l'ordre et non pas sur les stimuli. Il démontre, performance et sensibilité à l'interférence à l'appui, que le fonctionnement est le même pour tous les stimuli quelles que soient leur nature et leur entrée. Pour lui, il n'est pas nécessaire de supposer des processus différents. Ses résultats expérimentaux soulignent que les données de la neuropsychologie et du paradigme des tâches interférentes ne sont pas suffisantes pour postuler une séparation à outrance des processus. Mais comme il ne s'intéresse qu'à l'ordre et non pas aux stimuli, il ne répond pas à toutes nos interrogations. Ses recherches (e. g., Farrand et Jones, 1996), comme celles de Smyth et Scholey, soulignent la difficulté de concevoir des tâches expérimentales sans variables parasites.

Le fonctionnement de la Mémoire de Travail visuo-spatiale n'est pas aussi évident que celui de la Mémoire de Travail verbale, on ne sait pas encore si elle a un fonctionnement propre et si la réalisation de tâches visuo-spatiales repose sur les processus attentionnels.

CHAPITRE 3

CONCLUSION DE LA PARTIE THEORIQUE

Le fonctionnement de la Mémoire de Travail visuo-spatiale n'est pas aussi évident que celui de la Mémoire de Travail verbale, on ne sait pas encore si elle a un fonctionnement propre et si la réalisation de tâches visuo-spatiales repose sur les processus attentionnels.

Le concept de Mémoire à Court Terme a évolué vers le concept de Mémoire de Travail. Les raisons de ce changement de terminologie sont issues de différents domaines de la psychologie. Dans les études de corrélations, on a observé que les tâches d'empan simple (tâches de mémoire immédiate classique) et les tâches complexes ne corrélaient pas de manière aussi satisfaisante qu'on aurait pu l'attendre si, comme on le supposait, la Mémoire à Court Terme venait contraindre les activités intellectuelles. En psychologie du développement, il a été montré que les performances d'empan simple n'évoluaient pas parallèlement aux performances des tâches de traitement. En psychologie cognitive et expérimentale, on a constaté qu'une charge de mémoire immédiate pourtant proche de l'empan ne perturbait pas de manière dramatique la performance à une tâche de traitement. En fait, il s'agit d'une dissociation entre des tâches simples censées relever de la Mémoire à Court Terme et des tâches complexes censées relever de la Mémoire de Travail. Mais, malgré tous les arguments qui soutiennent la dissociation, l'existence de processus séparés pour ces deux types de tâches ne fait pas l'unanimité. Les modèles qui soutiennent la dissociation des processus postulent l'existence de ressources spécialisées alors que les modèles qui refusent cette dissociation postulent l'existence de ressources flexibles. La question des ressources spécialisées versus flexibles est à la base de deux courants qui s'opposent. Ceux qui postulent des ressources flexibles adaptées aux deux types de tâches de mémoire immédiate supposent également qu'il n'y a pas de représentations modales. Pour eux, les ressources flexibles alimentent tout le système cognitif. Ceux qui postulent des ressources spécialisés sont conduits à postuler des processus spécifiques multiples.

Un modèle heuristique de Mémoire de Travail est le modèle hiérarchique développé par Baddeley et Hitch (1974) qui propose un Administrateur Central et des systèmes esclaves. L'intérêt majeur que nous trouvons à ce modèle est qu'il permet de tester les performances à des tâches tout en préservant la notion de structure. L'approche systémique permet de regrouper un ensemble de tâches complexes sous l'appellation de "tâches de Mémoire de Travail" ou l'ensemble des tâches non verbales sous celle de "tâches visuo-spatiales", donnant ainsi un cadre théorique général aux recherches. On pourra aller tester des dissociations, l'évolution des recherches sur la Mémoire de Travail d'une part et sur la mémoire immédiate visuo-spatiale est ainsi jalonnée de dissociations de tâches, par exemple, tâches de Mémoire de Travail en opposition aux tâches de Mémoire à Court Terme, tâches visuo-spatiales en opposition aux tâches verbales... La comparaison des tâches amène la dissociation des processus et la multiplication des "boîtes" : par exemple, les tâches de Mémoire de Travail sont supposées faire intervenir l'Administrateur Central et la Boucle Phonologique alors que

les tâches de Mémoire à Court Terme sont supposées reposer sur un système esclave. L'approche systémique permet de conserver une vue unitaire sur la Mémoire de Travail comme système qui contraint les autres activités cognitives ou sur un groupe de tâches susceptibles de faire intervenir les mêmes processus. La connaissance d'un système permettra de le mettre en relation avec d'autres systèmes. En revanche, une approche non systémique comme celle de Cowan (e. g., 1988) où il n'y a pas de Mémoire de Travail mais un résultat d'activations diverses ne nous permettrait pas ce type d'études. On peut même se demander s'il est utile d'étudier la mémoire dans ce cas, puisqu'il suffirait d'intégrer le stockage aux autres types d'activités cognitives.

La lecture systémique de la littérature s'enrichit d'une lecture plus fonctionnelle dans laquelle on cherche à identifier les processus sous-jacents dans les diverses tâches, processus mis en oeuvre dans les tâches de Mémoire de Travail par opposition aux tâches de Mémoire à Court Terme, processus en oeuvre dans les tâches visuo-spatiales par rapport aux tâches verbales...

La mémoire immédiate fait référence à un maintien actif d'informations en nombre limité. Les recherches ont surtout porté sur la mémoire verbale pour laquelle il a été fait l'hypothèse d'un processus qui assure le stockage temporaire et le maintien du matériel, la Boucle Phonologique. La mise en évidence de divers effets a amené les chercheurs à postuler deux processus au coeur de la Boucle Phonologique, un registre temporaire et un processus de répétition interne. Des effets classiques dans la parole se retrouvent dans le maintien de matériel verbal, comme l'effet de la longueur des mots et l'effet de similarité phonologique. La présence de ces effets laisse supposer que le processus de maintien du matériel verbal est basé sur le processus de réponse. Des faits expérimentaux, comme la disparition de l'effet de la longueur des mots sous suppression articulatoire signent la fonctionnalité de ce processus. La Boucle Phonologique recouvre un processus employé dans le rappel du matériel verbal, elle a une réalité et une utilité écologique.

Baddeley postule l'existence d'un module de Mémoire de Travail visuo-spatiale et fait d'emblée l'hypothèse de son analogie structurale avec la Boucle Phonologique : une aire de stockage passive et un processus de rafraîchissement. Les recherches sur ce processus découlent pour la plupart du modèle de Baddeley. Roulin et Monnier (1996) soulignent le fait que Baddeley ne semble pas s'interroger sur l'adéquation de l'emploi de cette méthodologie à la recherche en mémoire visuo-spatiale ; aucune donnée, selon eux, n'authentifie a priori les hypothèses de Baddeley sur l'analogie structurale des deux modules. Pourtant cette validation semblerait nécessaire préalablement à toute recherche d'une interférence sélective. Les travaux de neuropsychologie et les recherches de dissociations expérimentales soutiennent l'idée d'un processus visuo-spatial distinct de la Boucle Phonologique. En revanche, il n'est pas établi que ce processus puisse fonctionner indépendamment des processus attentionnels : le maintien des

informations visuo-spatiales pourrait reposer sur l'Administrateur Central. Les propriétés des tâches visuo-spatiales sont peu connues et il apparaît que des détails méthodologiques qu'on pourrait juger comme anodins influenceraient de manière massive la performance, comme par exemple le fait de proposer une interférence avec des stimuli continus ou discontinus. Ainsi, le maintien de l'ordre des stimuli pourrait être un facteur déterminant de la performance. En fait aucune activité de rafraîchissement n'a été mise en évidence en mémoire immédiate visuo-spatiale, condition pourtant nécessaire à la validation de l'existence de processus de rafraîchissement. Il nous paraît donc indispensable de commencer par là et de mettre en évidence les caractéristiques fonctionnelles de cette activité.

Les recherches sur la mémoire visuelle et sur la mémoire de travail visuo-spatiale mettent en évidence une dissociation entre des groupes de tâches, les tâches visuelles ou de configurations versus les tâches spatiales ou de localisations. De là découle l'idée qu'il existe plusieurs processus en mémoire immédiate visuo-spatiale. Les modèles à composantes semblent les plus adaptés pour rendre compte des données de la neuropsychologie et des résultats expérimentaux. Le modèle informatique de l'imagerie mentale de Kosslyn (e. g., 1980) montre comment les propriétés visuelles et spatiales pourraient être imbriquées alors que des procédures très variées entreraient en jeu. Ce modèle postule une mémoire tampon passive à durée limitée et un processus de rafraîchissement, il n'est donc pas très éloigné du modèle de Baddeley et Hitch (1974) qui supposaient une aire de stockage passive à durée limitée et un mécanisme de rafraîchissement pour le V.S.S.P., comme pour la Boucle Phonologique. La réussite de l'implantation du modèle (e. g., Kosslyn, 1980) lui confère une valeur heuristique. Pour identifier les caractéristiques de l'espace de stockage et du mécanisme de rafraîchissement, il est nécessaire de se centrer sur un groupe de tâches et d'étudier ce qui soutient la performance dans ce groupe de tâches.

Il nous semble que la Mémoire de Travail visuo-spatiale est mal connue. D'une part, nous l'expliquons par une raison méthodologique, il n'y a jamais eu de véritable double dissociation des trois processus du modèle classique de Mémoire de Travail et en trouvant une solution méthodologique on pourrait éclaircir la question de l'existence de processus visuo-spatiaux indépendants des processus centraux. D'autre part, le manque de travail de fond sur les tâches simples pourrait expliquer les lacunes. Il nous semble en effet que ce n'est qu'en connaissant bien les tâches et les paramètres qui en sous-tendent les performances que nous pourrions avancer dans la conceptualisation des processus cognitifs sous-jacents.

Nous nous proposons d'étudier la Mémoire de Travail visuo-spatiale en partant des tâches, démarche que nous avons louée chez Kosslyn. Nos expériences se répartissent en quatre groupes.

La première partie (Chapitre IV, expérience 1) concerne la Mémoire de Travail dans son ensemble. Elle a pour objectif de dissocier expérimentalement les trois hypothétiques modules du modèle postulé par Baddeley et Hitch (1974). Pour valider l'existence de trois modules, un processus dévolu au traitement des informations visuo-spatiales, un processus dévolu au traitement des informations verbales et un processus central, les méthodes employées ne sont pas totalement pertinentes. Les dissociations expérimentales ne mettent jamais en évidence l'existence des trois modules du modèle ; Logie, Zucco et Baddeley (1990) suggèrent qu'une double dissociation est nécessaire dans un modèle tripartite alors qu'on ne réalise que de simples dissociations entre la Boucle Phonologique et le V.S.S.P. Nous nous proposons de combler cette lacune par une expérience originale qui sollicite toutes les composantes du modèle de Mémoire de Travail, Administrateur Central, Boucle Phonologique et V.S.S.P. et permet la véritable double dissociation, avant d'étudier de manière plus approfondie la Mémoire de Travail visuo-spatiale.

La seconde partie (Chapitre V, expériences 2, 3, 4a, 4b), dont le but est de tester l'hypothèse d'un processus de rafraîchissement actif spécifique à la mémoire immédiate visuo-spatiale, est centrée sur la recherche d'un effet longueur de parcours et des paramètres qui peuvent l'expliquer. Un effet classique sur les tâches de mémoire verbale est l'effet longueur de mots. Dans les tâches spatiales, l'effet longueur de stimulus n'a jamais été étudié de manière rigoureuse. La seule longueur que Jones et ses collaborateurs font varier est la longueur de la série (Jones et al, 1995). Smyth et Scholey (1994 b) font varier l'effet longueur en modifiant la taille des dispositifs. L'expérience 2 sera l'occasion de montrer que l'on peut faire varier la longueur d'un parcours au sein même des stimuli, sans que l'on ne modifie le dispositif de base et d'observer les effets des modifications de la longueur sur les performances. Les expériences 3, 4a et 4b nous permettent de tester les paramètres qui sont susceptibles de soutenir l'effet longueur de parcours. Cette recherche systématique s'explique par le fait qu'il nous a paru nécessaire de choisir une tâche précise et de voir comment elle se comporte en contrôlant le plus possible des facteurs qui peuvent paraître à première vue accessoires mais qui pourraient jouer un rôle déterminant.

La troisième partie (Chapitre VI, expériences 5, 6, 7) teste l'effet longueur sur une tâche de mémoire immédiate visuo-spatiale classique et étudie le rôle du mode de réponse dans les tâches visuo-spatiales. Dans la théorie de l'équivalence fonctionnelle (e. g., Jones, 1993) le mode de rappel joue un rôle plus déterminant que le type de matériel : le rappel sériel pourrait reposer sur les processus centraux non spécifiques au maintien de type d'informations particuliers. Il nous faut donc tester la présence de l'effet longueur sous d'autres modes de rappel pour estimer la présence d'un processus séquentiel actif spécifique.

La dernière partie (Chapitre VII, expérience 8), intègre la tâche visuo-spatiale dans une épreuve de double tâche censée relever de la Mémoire de Travail. Par le biais du paradigme des tâches interférentes, nous voulons d'une part vérifier l'hypothèse de

l'implication des processus moteurs et non des processus verbaux, d'autre part observer si la présence de tâches interférentes spatiales entre la présentation et le rappel de stimuli visuo-spatiaux empêche le fonctionnement du mécanisme de rafraîchissement.