

**La mémoire verbale à court terme : un simple produit des interactions entre systèmes  
langagiers, attentionnels et de traitement de l'ordre sériel ?**

Verbal short-term memory: a product of the interactions between language, attention,  
and serial order processing systems?

Steve Majerus\*, Chercheur Qualifié F.R.S.-FNRS, Université de Liège

Mots-clés : Mémoire à court terme verbale, langage

\* Centre de Recherches en Neurosciences Cognitives et Comportementales

Département des Sciences Cognitives

Université de Liège

Boulevard du Rectorat, B33

4000 Liège, Belgique

tel: 0032 43664656

email: smajerus@ulg.ac.be

## ABSTRACT

Cette revue de littérature explore les liens entre mémoire à court terme verbale (MCT) et traitement langagier, en examinant dans quelle mesure la MCT est réellement un système distinct du système langagier. A cette fin, nous nous servirons d'une distinction fondamentale dans le domaine de la MCT, la distinction entre information « item » et information « ordre sériel ». Sur base de cette revue de littérature, nous allons développer une conception théorique considérant la MCT comme étant le résultat de l'interaction de processus et de systèmes multiples : (1) l'activation temporaire du système langagier pour le stockage de l'information « item », (2) l'intervention d'un système spécialisé pour le traitement de l'ordre sériel, et, (3) l'intervention d'un modulateur attentionnel.

120 mots

Mots-clés : mémoire à court terme verbale, langage

This literature review examines the links between verbal short-term memory (STM) and language processing, by trying to determine to what extent STM is a distinct system relative to the language system. In order to answer this question, we will distinguish between “item” and “serial order” information , which is a critical distinction for the study of STM. We will develop a theoretical proposal considering that STM results from the interaction of multiple processes and systems: (1) temporary activation of the language system for the storage of “item” information, (2) the intervention of a specialized system for the processing of serial order, (3) the intervention of an attentional modulator.

108 mots

Key-words: verbal short-term memory, language

## INTRODUCTION

Les premières études portant sur l'étude du stockage temporaire d'informations verbales avaient comme objectif de mettre en évidence la spécificité de la mémoire à court terme (MCT) par rapport à la mémoire à long terme (mémoire épisodique ou connaissances langagières), en décrivant des patients ayant des empan de chiffres et de mots très déficitaires alors qu'ils ne présentaient pas de troubles de mémoire épisodique et de langage (Warrington & Shallice, 1969; Warrington, Logue, & Pratt, 1971; Saffran & Marin, 1975). Cette approche a été d'une très grande valeur heuristique, dans la mesure où elle a permis de mieux délimiter la MCT des autres systèmes cognitifs, en conduisant vers un des modèles de la MCT les plus influents jusqu'à aujourd'hui, le modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (1974). Cependant, une des conséquences de cette approche était de mettre entre parenthèses le fait que la MCT verbale sert avant tout à stocker des représentations langagières, et doit donc très probablement interagir avec les représentations phonologiques sous-lexicales, lexicales et sémantiques du système langagier. Dans ce contexte, vers le début des années 90, de nouvelles orientations théoriques ont vu le jour, telle que la position assez extrême de N. Martin et Saffran (1992), considérant que la MCT n'est qu'une propriété émergente de l'activation temporaire des représentations phonologiques, lexicales et sémantiques du réseau langagier. Dans le travail présent, nous allons présenter une série d'études démontrant que l'intervention des connaissances langagières lors de tâches de MCT est en effet une propriété fondamentale et obligatoire du stockage à court terme. En même temps, nous allons examiner l'hypothèse selon laquelle une des spécificités d'un système spécialisé de MCT serait le traitement et le stockage de l'information séquentielle ou sérielle, le stockage temporaire de ce type d'information pouvant difficilement être expliqué via l'activation temporaire d'un réseau de représentations langagières.

## LA MCT COMME ACTIVATION DU SYSTEME LANGAGIER

Un ensemble assez conséquent d'études existe désormais, montrant que l'existence de représentations langagières riches et facilement accessibles améliore le rappel sériel immédiat de listes de stimuli verbaux auprès de sujets adultes sains. Différents effets ont été observés : (1) un avantage pour le rappel de listes de mots comparé à des listes de non-mots (Hulme, Maughan & Brown, 1991; Poirier & Saint-Aubin, 1996), (2) un avantage pour le rappel de listes de mots fréquents *versus* peu fréquents (Roodenrys, Hulme, Alban, & Ellis, 1994; Roodenrys & Quinlan, 2000; Watkins & Watkins, 1977), (3) un avantage pour le rappel de listes de mots concrets *versus* abstraits (Caza & Belleville, 1999; Walker & Hulme, 1999). Ces effets de lexicalité, de fréquence lexicale et du degré d'imagerie sur le rappel sériel immédiat suggèrent que les connaissances langagières lexicales et sémantiques contribuent de façon très active aux performances lors de tâches de MCT. Par ailleurs, l'intervention d'effets psycholinguistiques encore plus subtils a pu être démontrée : des non-mots composés de séquences de phonèmes qui sont fréquemment associés dans la structure phonologique du français sont plus facilement rappelés dans des tâches de MCT que des non-mots composés de successions de phonèmes moins fréquentes (effet de fréquence phonotactique ; Gathercole, Frankish, Pickering & Peaker, 1999 ; Thorn & Frankish, 2005).

De plus, l'intervention des connaissances langagières sur le rappel de listes verbales semble être une propriété fondamentale, obligatoire et automatique. Nous avons récemment montré que de subtils changements au niveau des connaissances phonologiques sous-lexicales, changements induits via une procédure d'apprentissage incident, ont un impact direct sur les performances de rappel de non-mots dans une tâche de MCT. Dans ce travail, des participants (des adultes et des enfants de 8 ans) entendaient une séquence continue de syllabes de structure consonne-voyelle (par exemple, *pumotitalapimulamutilomotulopipumulapimo...*), la succession des phonèmes et syllabes étant

déterminée par une grammaire phonotactique artificielle, à l'insu des participants (Majerus, Van der Linden, Mulders, Meulemans, & Peters, 2004). Après cette phase d'apprentissage incident, les participants réalisaient une tâche de MCT dans laquelle ils devaient répéter des non-mots de plus en plus longs, et dont la structure phonotactique soit respectait les règles de la grammaire phonotactique artificielle (*e.g.*, *pimutalopupi*), soit ne les respectait pas (par exemple, *lutomapoluli*). Nous avons observé que les participants répétaient plus correctement les non-mots « légaux » par rapport aux non-mots « illégaux », alors qu'ils n'étaient pas conscients de l'existence des nouvelles régularités phonotactiques qu'ils avaient appris lors de la phase d'apprentissage incident. Cet avantage pour le rappel des non-mots légaux était par ailleurs identique pour les sujets adultes et les enfants. Cette étude montre que les performances de MCT verbale reflètent de façon très directe des changements subtils au sein du réseau sous-lexical des connaissances phonologiques.

Nous savons également que les connaissances lexicales et sous-lexicales influencent les performances en MCT à des stades relativement précoces du développement cognitif. En effet, des enfants de 4 ans présentent déjà des effets de lexicalité, que ce soit pour des tâches de rappel ou de reconnaissance (Brock & Jarrold, 2004 ; Majerus, Poncelet, Greffe & Van der Linden, 2006). Ces effets présentent également une remarquable stabilité développementale : la taille des effets de lexicalité, de fréquence phonotactique, de fréquence lexicale et du degré d'imagerie lors du rappel sériel immédiat de listes de stimuli verbaux est similaire auprès d'enfants de 6 ans, de 8 ans, de 10 ans, d'adolescents et d'adultes (Majerus & Van der Linden, 2003). Finalement, les effets de lexicalité et de fréquence phonotactique sont également de taille comparable auprès de sujets adultes jeunes et de sujets âgés (Peters, Majerus, Olivier, Van der Linden, Salmon, & Collette, 2007).

En résumé, ces données expérimentales et développementales montrent que les connaissances langagières influencent la MCT verbale de façon très directe, automatique,

obligatoire et invariante d'un point de vue de la trajectoire développementale. L'activation temporaire des connaissances langagières doit donc être considérée comme une propriété fondamentale du fonctionnement de la MCT verbale.

D'autres données en faveur d'une dépendance directe de la MCT de l'activation temporaire des représentations langagières proviennent de la littérature neuropsychologique, et en particulier d'un syndrome aphasique particulier, la dysphasie profonde. La dysphasie profonde se caractérise par une réduction sévère de l'empan en MCT (avec un empan de chiffres souvent inférieur à 3) et des difficultés à répéter des mots isolés, caractérisées par des effets de lexicalité et du degré d'imagerie (Majerus, Lekeu, Van der Linden, & Salmon, 2001; N. Martin & Saffran, 1992). Un signe particulièrement distinctif de ce syndrome est la présence de paraphasies sémantiques lors de la répétition de mots isolés (par exemple, pour la cible « lundi », le patient peut répéter « mardi » ou « demain »). Même si les différents symptômes caractéristiques de la dysphasie profonde peuvent être expliqués comme résultant de la conjonction de déficits de la MCT verbale et de déficits multiples au sein du système langagier (Katz & Goodglass, 1990), N. Martin et Saffran (1992) ont proposé une interprétation théorique très élégante et parcimonieuse. Selon leur modèle, la dysphasie profonde résulte d'une augmentation pathologique de la vitesse de dégradation de l'activation temporaire des représentations phonologiques, lexicales et sémantiques. Lors de la présentation auditive d'informations verbales, les niveaux de représentation phonologiques, activés plus précocement que les niveaux de représentation lexicaux et sémantiques, seront plus affectés par cette augmentation de la vitesse de dégradation ; lors d'une augmentation pathologique de cette vitesse de dégradation, l'activation des représentations phonologiques pourrait être effacée de façon quasi complète au moment du choix de la réponse pour la répétition ; la réponse dépendra ainsi des seuls niveaux langagiers encore plus ou moins activés au moment du choix de la réponse, c'est-à-dire les niveaux de représentation lexicaux

et sémantiques. Ceci peut expliquer de façon simultanée les paraphasies sémantiques ainsi que les effets de lexicalité et d'imagerie qui caractérisent la répétition de mots isolés de patients souffrant d'une dysphasie profonde. Ainsi, selon le modèle théorique de N. Martin et Saffran (1992), les différents symptômes de la dysphasie profonde résultent en fait d'un déficit de la MCT. Mais cette MCT n'est en réalité qu'une propriété émergente de l'activation temporaire et de la vitesse de dégradation de cette activation des représentations phonologiques, lexicales et sémantiques du système langagier. En d'autres termes, selon N. Martin et Saffran (1992), la MCT verbale n'existe pas en-dehors du système langagier et des différents niveaux de représentations langagières qui le composent.

Un argument relativement évident contre ce type de conceptualisation de la MCT, réduisant la MCT à un sous-produit du système langagier, est que les déficits langagiers et les déficits de la MCT devraient apparaître très souvent de façon associée, dans la mesure où tous les deux sont supposés dépendre du même substrat représentationnel. Or, il existe de nombreuses descriptions de patients présentant des déficits apparemment sélectifs de la MCT verbale, sans déficit mesurable des performances langagières (Basso, Spinnler, Vallar & Zanobio, 1982; Vallar & Baddeley, 1984; McCarthy & Warrington, 1987; Silveri & Cappa, 2003). Il est cependant toujours possible que l'association et la dissociation des troubles langagiers et mnésiques dépend en fait de la sévérité de l'augmentation de la vitesse de dégradation des représentations langagières : si cette augmentation est relativement légère, alors les activations au sein du système langagier pourraient toujours perdurer suffisamment longtemps pour permettre des performances correctes lors de tâches nécessitant le traitement d'un seul mot ; par contre, une augmentation légère de cette vitesse de dégradation va induire des difficultés lors de tâches de MCT où les représentations doivent être maintenues sur une échelle temporelle plus prolongée. Si cette explication est vraie, alors il devrait être possible d'observer une corrélation entre la sévérité du déficit de la MCT verbale et la sévérité des

difficultés de traitement langagier. Dans un travail récent, nous avons vérifié cette possibilité en relevant dans la littérature tous les patients présentant des déficits de la MCT verbale (c'est-à-dire, ayant des empan de mots et de chiffres déficitaires) et en comparant la sévérité de leur déficit mnésique par rapport à la sévérité des troubles langagiers éventuellement associés (Majerus, 2008). Comme nous pouvons le voir dans le Tableau 1, des corrélations positives étaient observées entre le niveau d'empan de chiffres de ces patients et leurs performances dans des tâches de répétition de mots isolés, de non-mots, de discrimination phonologique et de dénomination d'images. Cependant, même si ces corrélations sont au moins compatibles avec une explication d'un déficit de la MCT en tant que vitesse anormalement élevée de la dégradation des représentations langagières, elles n'excluent pas d'autres interprétations possibles telles que des lésions cérébrales plus sévères et vastes dans le cas d'une association de symptômes langagiers et mnésiques. L'existence de ces corrélations ne peut donc pas être considérée comme définitivement concluante par rapport à l'interprétation théorique avancée par N. Martin et Saffran (1992).

< INSERER LE TABLEAU 1 ICI >

Dans ce contexte, il est intéressant de citer une dernière étude neuropsychologique, démontrant que la présence de symptômes langagiers peut en effet dépendre du délai inséré entre le stimulus et le moment de la réponse, suggérant l'importance de la vitesse de dégradation des activations langagières pour le traitement langagier. En effet, le suivi longitudinal de NC, un patient présentant une dysphasie profonde, montrait qu'après 2 ans de récupération, NC ne présentait plus de difficultés dans des tâches langagières simples (répétition immédiate de mots isolés, dénomination d'images), alors qu'un déficit de la MCT était toujours bien présent. En insérant cependant un délai entre le stimulus et la réponse dans les tâches langagières, NC présentait de nouveau des difficultés, avec la réapparition d'effets

de lexicalité très marqués pour la répétition de stimuli verbaux isolés (N. Martin, Saffran & Dell, 1996).

Finalement, il y a également une série de données issues de l'imagerie cérébrale fonctionnelle montrant l'importance des niveaux de représentations langagières pour la réalisation de tâches de MCT. En utilisant la technique de la tomographie cérébrale par émission de positons, Collette et al. (2001) ont pu montrer que les gyri temporaux moyens sont plus actifs lors du maintien en MCT d'une liste de quatre mots, en comparaison à une condition contrôle où les mêmes mots devaient être répétés un par un. Ces données suggèrent que les gyri temporaux moyens, impliqués dans le traitement lexico-sémantique, sont activement recrutés lors de tâches de MCT. Des données similaires, en utilisant la technique des potentiels électriques évoqués, ont également pu être observées par d'autres équipes de recherche (Ruchkin et al., 2003).

## **LA DISTINCTION ITEM - ORDRE**

Si nous considérons l'ensemble des données expérimentales, neuropsychologiques et en neuroimagerie développées dans la section précédente, il est évident que la MCT et les connaissances langagières sont reliées de façon extrêmement étroite. L'explication théorique la plus parcimonieuse à laquelle nous pourrions arriver à cet égard est que finalement, la MCT verbale n'est rien d'autre que l'activation temporaire des représentations langagières.

Cependant, cette explication peut difficilement rendre compte de l'ensemble des aspects qui doivent être traités et stockés dans des tâches de MCT. En effet, nous devons ici distinguer au moins deux types d'information qui sont habituellement mémorisés lors de tâches de MCT : (1) l'information « item », c'est-à-dire les caractéristiques phonologiques et sémantiques des stimuli verbaux à mémoriser, et (2), l'information « ordre sériel », c'est-à-dire l'ordre

séquentiel dans lequel les différents stimuli d'une liste ont été présentés<sup>1</sup>. Des modèles d'activation langagière de la MCT, tels que présentés ici, peuvent très bien rendre compte de la rétention de l'information « item » en MCT, mais ils ne prévoient pas de mécanisme précis permettant de retenir l'ordre précis des items d'une liste. Ceci soulève la possibilité qu'une des spécificités d'un système spécialisé de rétention à court terme soit finalement le traitement et le stockage de l'ordre sériel.

### **Les modèles théoriques récents opérant une distinction entre information “item” et information “ordre sériel”**

Un certain nombre de modèles computationnels récents prévoient en effet des processus et des mécanismes distincts pour le codage et le stockage de l'information « item » et de l'ordre sériel. Burgess et Hitch (1999), par exemple, ont proposé un modèle dans lequel l'information « item » est encodée directement dans le système langagier, via l'activation de nœuds lexicaux et phonémiques. Ces nœuds se trouvent connectés à un système dit « contextuel » dont l'état change au fur et à mesure que le temps avance ; ce système contextuel est responsable de l'encodage de l'ordre sériel, en associant l'activation pour chaque item dans le système langagier à un état différent du système contextuel. Au moment du rappel d'une tâche de MCT, les différents états du système contextuel sont réactivés dans le même ordre que lors de l'encodage, et les items associés à chaque état sont récupérés. D'autres modèles, opérant tous une séparation entre le codage de l'information « item » et celui de l'ordre sériel, mais se différenciant quant à la manière exacte dont le codage de l'ordre sériel est

---

<sup>1</sup> Cette distinction peut également être comparée à une distinction opérée dans le domaine de l'étude de la mémoire de façon plus générale, et concernant l'information « item » versus l'information « relationnelle » (Einstein & Hunt, 1980). L'information « relationnelle » concerne la mise en relation de différents items au sein d'un ensemble, et est en quelque sorte comparable au rappel de l'information « ordre sériel » qui permet d'organiser les items au sein d'une liste, en fonction de leur ordre de présentation. Cependant, différents mécanismes de codage de l'ordre sériel ont été proposés, et alors que certains mécanismes supposent un codage de l'ordre par associations inter-items, ou par la mise en relation des items avec des marqueurs du début et de la fin de la liste d'items à rappeler, d'autres proposent un codage positionnel plus absolu, où chaque item est associé à une position au sein d'un système de codage de l'ordre sériel spécifique, sans nécessiter de mise en relation entre items (Burgess & Hitch, 1999 ; Henson, 1998).

implémenté, ont encore été proposés (Brown, Preece & Hulme, 2000; Henson, 1998; Gupta, 2003). De façon générale, tous ces modèles s'accordent sur l'idée globale que l'information sérielle est encodée via un système de MCT spécialisé alors que l'information « item » est encodée directement via l'activation temporaire du système langagier. Cependant, notons que quelques autres modèles ont été développés, tentant d'implémenter également l'ordre sériel via des propriétés de l'activation temporaire des représentations langagières, en encodant, dans le système langagier, chaque item successif d'une liste de mots avec une énergie d'activation décroissante (Farrell & Lewandowsky, 2002, 2004).

### **La distinction item/ordre dans les tâches de MCT: données empiriques**

Une série d'études expérimentales ont en effet permis d'établir la distinctivité des informations « item » et ordre sériel. Certaines de ces études ont en effet considéré de façon séparée les erreurs « item » (omissions, paraphasies, intrusions) et les erreurs d'ordre dans les tâches de rappel sériel immédiat, en observant un effet positif de la similarité phonologique pour le rappel de l'information « item », et un effet négatif de la similarité phonologique pour le rappel de l'ordre sériel (c'est-à-dire, moins d'erreurs d'ordre pour des listes de mots phonologiquement dissimilaires par rapport à des listes phonologiquement similaires) (voir par exemple, Bjork & Healy, 1974; Fallon, Groves et Tehan, 1999; Nairne & Kelley, 2004; Nimmo & Roodenrys, 2004; Wickelgren, 1965). D'autres auteurs ont développé des tâches plus spécifiques censées évaluer soit le maintien de l'information « item », ou celui de l'ordre sériel. Par exemple, Henson, Hartley, Burgess, Hitch et Flude (2003) ont utilisé une tâche de reconnaissance de l'ordre sériel, et une tâche de reconnaissance de l'information « item ». Dans la tâche de reconnaissance de l'ordre sériel, des listes de consonnes étaient présentées séquentiellement, suivies d'une deuxième liste contenant exactement les mêmes lettres, mais en échangeant la position de deux des lettres dans 50% des cas ; les participants devaient

juger si l'ordre des consonnes était identique dans les deux listes. Pour la tâche de reconnaissance de l'information « item », des listes de consonnes étaient également présentées, suivies cette fois-ci d'un seul item pour lequel les participants devaient décider s'il avait fait partie de la liste ou non. Les auteurs montraient que la suppression articulatoire et la présence de parole non pertinente lors des tâches avaient un impact plus important sur la rétention de l'ordre sériel que sur la rétention de l'information « item » (voir également Mc Elree et Doshier, 1993, ainsi que Murdock et Franklin, 1984, pour des études et des résultats apparentés).

Par ailleurs, si nous considérons que l'information « item » est censée être stockée principalement via l'activation temporaire des représentations langagières, alors nous pouvons faire la prédiction que l'influence des variables psycholinguistiques telles que la lexicalité, la fréquence lexicale et l'imagerie devrait être la plus grande pour la rétention de l'information « item ». Une série d'études suggèrent en effet que ceci est le cas. Saint-Aubin et Poirier (1999) ont observé que lors du rappel sériel immédiat de mots variant en terme de similarité sémantique et de fréquence lexicale, seul le rappel de l'information « item » était influencé par ces deux variables psycholinguistiques (voir également Poirier & Saint-Aubin, 1996; Murdock, 1976; Nairne & Kelley, 2004 ; Saint-Aubin & Poirier, 2000).

D'autres arguments en faveur d'une distinction entre processus impliqués dans la rétention de l'information sérielle et de l'information « item » peuvent être dérivés d'études récentes ayant examiné les relations entre capacités de rétention pour l'information « item », pour l'ordre sériel et l'apprentissage de nouvelles formes lexicales. De nombreuses études ont mis en évidence un lien étroit entre capacités de MCT et le niveau de développement du vocabulaire ou l'apprentissage de nouvelles formes verbales (Gathercole & Baddeley, 1989 ; Gathercole, Hitch, Service, & Martin, 1997; Gupta 2003; Papagno & Vallar, 1995). Cependant, nous ne savons pas encore si ce lien se limite aux capacités de rétention pour

l'information « item » ou pour l'information « ordre sériel ». Dans une étude développementale, nous avons présenté à 60 enfants (âgés de 4 à 6 ans) une tâche de reconstruction de l'ordre sériel et une tâche de répétition différée de non-mots isolés ainsi qu'une mesure du niveau de vocabulaire réceptif (EVIP, Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 1993) (Majerus, Poncelet, Greffe et al., 2006). La tâche de reconstruction de l'ordre sériel avait été conçue afin de maximiser la mesure des capacités de rétention de l'ordre sériel : des séquences de noms d'animaux très familiers et courts étaient présentées auditivement ; ensuite les enfants recevaient des cartons sur lesquels les animaux présentés étaient dessinés, et ils devaient mettre les animaux dans l'ordre de présentation, en se servant des cartons. Toujours les mêmes noms d'animaux étaient utilisés à travers les différentes séquences, et seul l'ordre variait au sein des séquences. La tâche de répétition différée de non-mots isolés maximisait le traitement au niveau de l'information « item », en utilisant des stimuli non familiers (non-mots) et nouveaux pour chaque essai ; la composante « ordre sériel » était minimisée dans la mesure où un seul item devait être rappelé après un délai de 3 secondes (rempli par une tâche interférente empêchant la récapitulation articulatoire) et que les items étaient très courts (3 phonèmes) et de structure syllabique identique (consonne-voyelle-consonne). Les analyses de corrélations montraient des associations spécifiques et indépendantes entre la mesure de MCT « item » et le niveau de vocabulaire réceptif, d'une part, et entre la mesure de MCT « ordre sériel » et le niveau de vocabulaire réceptif, d'autre part (toutes les corrélations étant des corrélations partielles contrôlant pour les effets de l'âge et le niveau d'intelligence non-verbale).

Des résultats similaires ont été obtenus auprès d'adultes, montrant un lien spécifique entre des mesures de reconstruction de l'ordre sériel et la vitesse d'apprentissage de nouvelles informations verbales (tâches d'apprentissage de paires mot-non-mot), mais pas de lien entre des mesures de MCT « item » (erreurs « item » dans une tâche de rappel sériel immédiat de

mots, tâches de reconnaissance de l'information « item ») et la tâche d'apprentissage verbal (Majerus, Poncelet, Elsen & Van der Linden, 2006). Ces résultats démontrent de nouveau l'importance des capacités mesurées par les tâches de MCT maximisant la composante « ordre sériel » pour l'apprentissage lexical. De façon plus générale, ils confirment également la spécificité des mesures de MCT « item » et ordre sériel.

Au niveau théorique, ces données sont en accord avec des modèles distinguant des mécanismes séparés pour le traitement de l'information « item » et l'ordre sériel en MCT (e.g., Burgess & Hitch, 1999; Gupta, 2003). Plus spécifiquement, ils soutiennent le rôle central que certains modèles réservent à la MCT pour l'ordre sériel dans l'apprentissage de nouvelles informations verbales. Gupta (2003) a suggéré que lors de l'apprentissage de nouvelles informations verbales, c'est l'information sérielle stockée dans un système de MCT séquentielle spécifique qui permet de réactiver la séquence de phonèmes de la nouvelle forme verbale à apprendre, contribuant progressivement à créer une nouvelle représentation phonologique à long terme (via un ajustement de type 'Hebb' des poids de connexion entre les niveaux phonémiques et lexicaux du système langagier). La corrélation spécifique observée entre les tâches de MCT « ordre sériel » et l'apprentissage de nouvelles formes verbales ou le niveau de vocabulaire soutient cette explication théorique des liens entre MCT et apprentissage du vocabulaire. D'un autre côté, la corrélation spécifique observée entre les capacités de MCT « item » et le niveau de développement du vocabulaire dans l'étude développementale présentée ci-dessus pourrait être interprétée comme reflétant la dépendance commune de l'activation et du niveau de segmentation des représentations phonologiques lexicales et sous-lexicales du système langagier. Notons également que la distinction que nous avons établie ici pourrait réconcilier les données parfois contradictoires qui ont été rapportées dans la littérature développementale, certaines études observant une relation spécifique entre mesures de la MCT et le niveau de développement du vocabulaire et d'autres non (voir par

exemple, Gathercole & Baddeley, 1989 versus Bowey, 1996). Les études n'observant plus de lien spécifique entre des tâches de MCT telle que la répétition de non-mots isolés (maximisant davantage le rappel de l'information « item » que le rappel de l'ordre sériel) et le niveau de vocabulaire (par exemple, Bowey, 1996) ont souvent contrôlé dans les analyses corrélationnelles effectuées l'influence des capacités de traitement phonologique et des connaissances langagières sur les performances en MCT, alors que ceci n'est en général pas le cas dans les études rapportant une corrélation significative entre la répétition de non-mots et le niveau de développement du vocabulaire (Gathercole & Baddeley, 1989). Notons finalement que l'importance de l'influence des connaissances du vocabulaire sur des tâches de MCT telle que la répétition de non-mots pourrait changer au cours du développement, ces influences devenant de plus en plus fortes au fur et à mesure que le niveau de connaissance du vocabulaire augmente (Gathercole, 1995 ; Gathercole, Willis, Emslie & Baddeley, 1992 ; Jarrold, Baddeley, Hewes, Leeke & Phillips, 2004).

D'autres données, issues d'études neuropsychologiques, apportent également des éléments supplémentaires en faveur d'une distinction entre MCT "item" et ordre sériel. En effet, un travail de Majerus, Glaser, Van der Linden et Eliez (2006) a observé, dans un groupe d'enfants présentant une micro-délétion du chromosome 22q11.2 (syndrome vélo-cardio-facial), des performances conformes à l'âge chronologique dans des tâches de rappel sériel immédiat en comptant seulement le nombre de mots correctement rappelés, indépendamment de la position sérielle ; des effets normaux d'imagerie, de lexicalité et de fréquence lexicale étaient également observés ; par contre, les déficits commençaient à apparaître dès que les performances de rappel étaient corrigées selon un critère de rappel sériel strict (tous les mots dans le bon ordre). Une deuxième étude a exploré une dissociation possible entre MCT « item » et « ordre sériel » dans cette population de façon plus directe, en administrant des tâches spécifiquement conçues afin de maximiser soit le rappel et la reconnaissance de

l'information « item », soit le rappel et la reconnaissance de l'information « ordre sériel », dans d'un groupe d'enfants et d'adultes avec micro-délétion 22q11.2 (Majerus, Van der Linden, Braissand et Eliez, 2007). Pour les tâches de MCT item, nous avons observé des performances similaires pour les participants avec micro-délétion 22q11.2 et les groupes contrôles (appariés soit au niveau de l'âge verbal, soit au niveau de l'âge chronologique), alors que pour les tâches de MCT ordre sériel, les participants avec micro-délétion 22q11.2 présentaient des déficits, par rapport aux deux groupes contrôles. Une dissociation inverse a pu être observée auprès de patients adultes souffrant d'une démence sémantique, une maladie neurodégénérative touchant préférentiellement les régions temporales impliquées dans les connaissances sémantiques. Ces patients présentaient des déficits spécifiques pour le rappel de l'information « item » dans des tâches de rappel sériel immédiat de listes de mots, déficits essentiellement dus à la perte des représentations sémantiques nécessaires pour traiter les items à mémoriser. Par contre, le rappel de l'information sérielle était parfaitement préservé. Alors que les sujets contrôles faisaient surtout des erreurs d'ordre dans ce type de tâches (16% à 83%), les patients ne produisaient quasiment pas d'erreurs d'ordre (0% à 8%). En d'autres termes, tout ce que les patients rappelaient, ils le rappelaient dans la bonne position sérielle.

L'ensemble de ces résultats issus d'études expérimentales et neuropsychologiques indique que des capacités sous-tendant le stockage à court terme de l'information « item » et de l'ordre sériel peuvent être dissociées, que ce soit via des tâches spécifiquement construites afin de maximiser les exigences au niveau de la rétention de l'un des deux types d'information, ou via des tâches uniques mesurant simultanément le stockage des deux types d'information et différenciant ensuite ces informations via une analyse du type d'erreurs ou une procédure de dissociation des processus (voir par exemple les travaux de Nairne et Kelley, 2004, pour une application dans le domaine de la MCT de la procédure de dissociation des processus développée par Jacoby, 1998). Même si la première approche

pourrait être critiquée pour la raison qu'aucune tâche ne peut être construite de façon à mesurer exclusivement l'information « item » ou l'ordre sériel, la convergence des résultats obtenus via les deux méthodes présentées ici témoigne de la validité de contenu des deux approches.

Finalement, des études d'imagerie cérébrale suggèrent également l'existence de corrélats cérébraux distincts pour le traitement de l'information « item » et de l'ordre sériel en MCT. Dans une étude récente en imagerie cérébrale fonctionnelle par résonance magnétique (IRMf), nous avons comparé la reconnaissance à court terme de l'ordre sériel et celle de l'information « item » pour des listes de mots (Majerus, Poncelet, Van der Linden et al., 2006). Dans la condition « ordre sériel », 4 mots étaient présentés séquentiellement, suivis d'un écran de reconnaissance reprenant deux mots de la liste, un mot étant affiché dans la partie droite de l'écran et un autre dans la partie gauche ; les participants devaient juger si le mot de gauche était apparu avant le mot de droite dans la liste. Dans la condition « item », la structure de la tâche était exactement la même, sauf que les participants devaient juger si les mots de l'écran de reconnaissance faisaient partie de liste, indépendamment de leur position sérielle. Nous avons réalisé des analyses en connectivité fonctionnelle, permettant de mettre en évidence des régions cérébrales fonctionnellement connectées en fonction de la condition à réaliser, et en prenant comme point de départ le sillon intrapariétal gauche ; cette région cérébrale a en effet été rapportée comme étant activée de la façon la plus consistante à travers différents types de tâches de MCT. A partir de ces analyses, nous avons pu identifier deux réseaux distincts, tous les deux centrés autour du sillon intrapariétal gauche (qui était activé de la même façon dans nos deux conditions de MCT) : un réseau impliquant le sillon intrapariétal droit, le cortex prémoteur droit et le cervelet supérieur droit, pour la condition « MCT ordre sériel », et un réseau incluant des régions temporales bilatérales (sillon temporal supérieur, gyrus fusiforme) et le cortex pariétal inférieur gauche pour la condition « MCT

item ». Ce dernier réseau reprend en effet des régions importantes pour le traitement langagier (traitement phonologique et orthographique, en particulier) (Binder et al., 2000; Bolger, Perfetti & Schneider, 2005; Scott, Blank, Rosen and Wise, 2000) ; ceci peut être relié au fait que les distracteurs dans la condition « MCT item » différaient de la cible par un seul graphème et par un seul phonème, nécessitant la création de traces mnésiques très précises au niveau phonémique et graphémique. D'un autre côté, les régions impliquées dans le réseau spécifique à la condition « ordre sériel » ont été identifiées dans des études précédentes comme sous-tendant soit des processus temporels, soit des processus de comparaison de magnitudes, soit des processus de récapitulation séquentielle, tous importants pour l'exécution de tâches de MCT nécessitant le maintien de l'information « ordre sériel ».

Ces résultats soutiennent les résultats développementaux et neuropsychologiques rapportés ci-dessus, en mettant en évidence l'existence de réseaux distincts pour des tâches recrutant soit préférentiellement la MCT pour l'ordre sériel, soit la MCT « item », le réseau pour la MCT « item » étant par ailleurs en grande partie superposable aux régions langagières impliquées dans le traitement phonologique et orthographique. Cependant, l'activation commune du sillon intra-pariétal gauche dans les deux conditions de MCT pourrait laisser penser que cette région reflète un système de stockage à court terme, commun aux informations « item » et sérielles, et correspondant éventuellement au stock phonologique, tel que défini par Alan Baddeley dans son modèle de la mémoire de travail. Des résultats d'autres études rendent néanmoins cette dernière interprétation peu probable : le sillon intrapariétal est en effet activé de façon identique dans des tâches de MCT visuo-spatiale, ce qui contredit l'interprétation de cette région comme abritant un système de stockage spécifique aux informations verbales. Par ailleurs, dans une étude récente, nous avons pu mettre en évidence une activation très similaire du sillon intrapariétal gauche pour des tâches de reconnaissance de séquences ou de l'identité de visages non familiers, suggérant que cette région

intrapariétale gauche joue un rôle plus général lors de tâches de MCT (Majerus, Bastin et al., 2007).

## CONCLUSIONS

En adoptant une approche de convergence, puisant à la fois dans la littérature de la psychologie expérimentale, développementale, neuropsychologique et de la neuro-imagerie fonctionnelle, nous avons développé une série d'arguments suggérant que la rétention de l'information « item » et de l'information « ordre sériel » dans des tâches de MCT, dépendent de capacités distinctes et partiellement indépendantes, sous-tendues par des substrats cérébraux également distincts. Plus particulièrement, nous avons présenté des travaux suggérant que la MCT pour l'information « item » verbale dépend en fait en très grande partie de l'activation temporaire du système de représentations langagières. La MCT pour l'ordre sériel semble dépendre de capacités plus spécifiques, elles-mêmes déterminantes pour l'apprentissage de nouvelles séquences verbales. Néanmoins, les données d'imagerie cérébrale nous indiquent également qu'une simple dichotomie en termes de réseau spécifique à la MCT « ordre sériel », d'une part, et de réseau spécifique à la MCT « item », lui-même partagé avec le réseau de représentations verbales, n'est pas non plus parfaitement appropriée. En effet, malgré toutes les distinctions et dissociations décrites dans les différents travaux rapportés, des capacités plus générales semblent néanmoins déterminer à la fois la MCT « item » et la MCT « ordre sériel », tel que mis en évidence par le recrutement commun du sillon intrapariétal gauche à la fois dans des tâches de MCT « item » et « ordre sériel », verbales et visuelles. Même si la nature exacte de ce type de capacités plus générales doit encore être explorée expérimentalement, une possibilité théorique est que ces capacités soient de nature attentionnelle et amodale, permettant de focaliser les ressources attentionnelles sur les systèmes cognitifs pertinents en fonction d'une tâche.

Une représentation schématique d'un modèle théorique intégrant les différents éléments développés ici est présentée ci-dessous (Figure 1 ; adapté de Majerus, 2008). Ce modèle est composé d'une part de représentations phonologiques sous-lexicales, lexicales et sémantiques faisant partie du système langagier et permettant le traitement de l'information « item » verbale ; d'autre part, un système spécialisé distinct assure le traitement et le stockage de l'information « ordre sériel ». A un niveau supérieur se trouve un système de focalisation attentionnelle, permettant de diriger les ressources attentionnelles sur les systèmes langagiers, le système de traitement de l'ordre sériel, ou les deux, en fonction des exigences de la tâche à réaliser. De façon plus précise, lors d'une tâche de MCT « item » verbale, la focalisation attentionnelle (sous-tendue par des régions dans le sillon intrapariétal gauche) dirigerait les ressources attentionnelles principalement vers les systèmes de représentation langagières, afin de maintenir les informations langagières, le temps nécessaire pour l'exécution de la tâche de MCT. Le même principe s'appliquerait pour la réalisation d'une tâche de MCT « ordre sériel », excepté que le système de focalisation attentionnelle dirigerait davantage de ressources vers le système spécifique nécessaire au traitement et au maintien des informations sérielles/temporelles. Dans une tâche de MCT classique (par exemple, empan de chiffres ou empan de mots), nécessitant à la fois la rétention des informations « item » et « ordre sériel », les ressources attentionnelles seront dirigées à la fois vers les systèmes langagiers et de traitement de l'ordre sériel et permettent de maintenir temporairement une représentation intégrée et synchronisée de la série d'informations présentée. Cette notion de focalisation attentionnelle s'apparente au concept de « focus of attention » développé par Nelson Cowan (1995, 1999) ainsi qu'au concept de « task – related attention » développé davantage dans la littérature portant sur l'attention et la MCT visuo-spatiales (voir par exemple, Todd, Fougny & Marois, 2005 ; Todd & Marois, 2004). L'idée commune à toutes ces conceptions est l'existence de ressources attentionnelles qui

permettent de maintenir temporairement une série de représentations spécifiques dans un état activé et conscient, afin de pouvoir les utiliser lors de l'exécution d'une tâche en cours.

< INSERER FIGURE 1 ICI >

En conclusion, la conception de la MCT verbale développée ici se place résolument dans une vision à composantes multiples, la MCT dépendant en fait d'une série de processus et de systèmes, eux-mêmes partagés avec d'autres systèmes cognitifs, dont le système langagier qui sert de substrat représentationnel premier aux informations verbales à mémoriser lors d'une tâche de MCT verbale.

## NOTE

Steve Majerus est Chercheur Qualifié au F.R.S. - Fonds National de la Recherche Scientifique de Belgique.

## REFERENCES

- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., 1974. Working memory. In Bower, G. (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 47-90). San Diego, CA: Academic Press.
- Basso, A., Spinnler, H., Vallar, G., Zanobio, M. E., 1982. Left hemisphere damage and selective impairment of auditory verbal short-term memory. A case study. *Neuropsychologia*, 20, 263-274.
- Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Bellgowan, P. S. F., Springer, J. A., Kaufman, J. N. et al., 2000. Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cerebral Cortex*, 10, 512-528.
- Bjork, E. L., Healy, A. F., 1974. Short-term order and item retention. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 13, 80-97.
- Bolger, D. J., Perfetti, C. A., Schneider, W., 2005. Cross-cultural effect on the brain revisited: universal structures plus writing system variation. *Human Brain Mapping*, 25, 92-104.
- Bowey, J. A., 1996. On the association between phonological memory and receptive vocabulary in five-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63, 44-78.
- Brock, J., Jarrold, C., 2004. Language influences on verbal short-term memory performance in Down syndrome: Item and order recognition. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 47, 1334-1346.
- Brown, G. D. A., Preece, T., Hulme, C., 2000. Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107, 127-181.

- Burgess, N., Hitch, G. J., 1999. Memory for serial order: A network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106, 551-581.
- Caza, N., Belleville, S., 1999. Semantic contribution to immediate serial recall using an unlimited set of items: Evidence for a multi-level capacity view of short-term memory. *International Journal of Psychology*, 34, 334-338.
- Collette, F., Majerus, S., Van der Linden, M., Dabe, P., Degueldre, C., Delfiore, G. et al., 2001. Contribution of long-term memory to verbal short-term memory tasks: A PET activation study. *Memory*, 9, 249-259.
- Cowan, N., 1995. *Attention and memory: An integrated framework*. New York: Oxford University Press.
- Cowan, N., 1999. An embedded-processes model of working memory. In Miyake, A, Shah, P. (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 62-101). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dunn, L. M., Thériault-Whalen, C. M., Dunn, L. M., 1993. Echelle de vocabulaire en images Peabody. Adaptation française du Peabody Picture Vocabulary Test. Toronto, Canada: Psycan.
- Einstein, G. O., Hunt, R. R., 1980. Levels of processing and organization: Additive effects of individual-item and relational processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 588-598.
- Fallon, A. B., Groves, K., Tehan, G., 1999. Phonological similarity and trace degradation in the serial recall task: When CAT helps RAT, but not MAN. *International Journal of Psychology*, 34, 301-307.

- Farrell, S., Lewandowsky, S., 2002. An endogenous distributed model of ordering in serial recall. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 59-79.
- Farrell, S., Lewandowsky, S., 2004. Modelling transposition latencies: constraints for theories of serial order memory. *Journal of Memory and Language*, 51, 115-135.
- Gathercole, S. E., 1995. Is nonword repetition a test of phonological memory or long-term knowledge? It all depends on the nonwords. *Memory & Cognition*, 23, 83-94.
- Gathercole, S. E., Baddeley, A. D., 1989. Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 28, 200-213.
- Gathercole, S. E., Hitch, G. J., Service, E., Martin, A. J., 1997. Phonological short-term memory and new word learning in children. *Developmental Psychology*, 33, 966-979.
- Gathercole, S. E., Frankish, C. R., Pickering, S. J., Peaker, S., 1999. Phonotactic influences on short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 25, 84-95.
- Gathercole, S. E., Willis, C. S., Emslie, H., Baddeley, A. D., 1992. Phonological memory and vocabulary development during the early school years: A longitudinal study. *Developmental Psychology*, 28, 887- 898.
- Gupta, P., 2003. Examining the relationship between word learning, nonword repetition and immediate serial recall in adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 1213-1236.
- Henson, R., Hartley, T., Burgess, N., Hitch, G., Flude, B., 2003. Selective interference with verbal short-term memory for serial order information: A new paradigm and tests of a

- timing-signal hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 1307-1334.
- Henson, R. N. A., 1998. Short-term memory for serial order: the start-end model. *Cognitive Psychology*, 36, 73-137.
- Hulme, C., Maughan, S., Brown, G. D., 1991. Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30, 685-701.
- Jacoby, L. L., 1991. A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513–541.
- Jarrold, C., Baddeley, A.D., Hewes, A.K., Leeke, T.C. & Phillips, C.E., 2004. What links verbal short-term memory performance and vocabulary level? Evidence of changing relationships among individuals with learning disability. *Journal of Memory and Language*, 50, 134–148
- Katz, R. C., Goodglass, H., 1990. Deep dysphasia: An analysis of a rare form of repetition disorder. *Brain and Language*, 39, 153-185.
- Majerus, S., 2008. Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: the importance of distinguishing item and order information. In Thorn, A., Page, M. (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain* (in press). London, UK: Psychology Press.
- Majerus, S., Bastin, C., Poncelet, M., Van der Linden, M., Salmon, E., Collette, F., Maquet, P., 2007. Short-term memory and the left intraparietal sulcus: Focus of attention? Further evidence from a face short-term memory paradigm. *NeuroImage*, 35, 353-367.

- Majerus, S., Glaser, B., Van der Linden, M., Eliez, S., 2006. A multiple case study of verbal short-term memory in velo-cardio-facial syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 50, 457-469.
- Majerus, S., Lekeu, F., Van der Linden, M., Salmon, E., 2001. Deep dysphasia: Further evidence on the relationship between phonological short-term memory and language processing impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 18, 385-410.
- Majerus, S., Poncelet, M., Van der Linden, M., Albouy, G., Salmon, E., Sterpenich, V. et al., 2006. Parieto-fronto-cerebellar and parieto-temporal networks centered around the left intraparietal sulcus differentiate verbal short-term memory for word order and word identity. *NeuroImage*, 32, 880-891.
- Majerus, S., Poncelet, M., Greffe, C., Van der Linden, M., 2006. Relations between vocabulary development and verbal short-term memory: the importance of short-term memory for serial order information. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 95-119.
- Majerus, S., Poncelet, M., Elsen, B., Van der Linden, M., 2006. Exploring the relationship between verbal short-term memory for serial order and item information and new word learning in adults. *European Journal of Cognitive Psychology*, 18, 848–873.
- Majerus, S., Van der Linden, M., 2003. The development of long-term memory effects on verbal short-term memory : A replication study. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 303-310.
- Majerus, S., Van der Linden, M., Braissand, V., Eliez, S., 2007. An investigation of verbal short-term memory in children and adults with a 22q11.2 deletion. A specific deficit

for the retention of serial order information? American Journal on Mental Retardation (in press).

Majerus, S., Van der Linden, M., Mulder, G., Meulemans, T., Peters, F., 2004. Verbal short-term memory reflects the sublexical organization of the phonological language network: Evidence from an incidental phonotactic learning paradigm. *Journal of Memory and Language*, 51, 297-306.

Martin, N., Saffran, E. M., 1992. A computational account of deep dysphasia: Evidence from a single case study. *Brain and Language*, 43, 240-274.

Martin, N., Saffran, E. M., Dell, G. S., 1996. Recovery in deep dysphasia: Evidence for a relation between auditory-verbal STM capacity and lexical errors in repetition. *Brain and Language*, 52, 83-113.

McCarthy, R. A., Warrington, E. K., 1987. The double dissociation of short-term memory for lists and sentences. *Brain*, 110, 1545-1563.

McElree, B., Doshier, B. A., 1993. Serial retrieval processes in the recovery of order information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 291-315.

Murdock, B. B., 1976. Item and order information in short-term serial memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 105, 191-216.

Murdock, B. B., Franklin, P. E., 1984. Associative and serial-order information: Different modes of operation? *Memory and Cognition*, 12, 243-249.

Nairne, J. S., Kelley, M. R., 2004. Separating item and order information through process dissociation. *Journal of Memory and Language*, 50, 113-133.

- Nimmo, L. M., Roodenrys, S., 2004. Investigating the phonological similarity effect: Syllable structure and the position of common phonemes. *Journal of Memory and Language*, 50, 245-258.
- Papagno, C., Vallar, G., 1995. To learn or not to learn: Vocabulary in foreign languages and the problem with phonological memory. In Campbell, R., Conway, M. (Eds.), *Broken memories: Case studies in memory impairment* (pp. 334-343). Malden, MA: Blackwell Publishers Inc.
- Peters, F., Majerus, S., Olivier, L, Van der Linden, M, Salmon, E., Collette, F., 2007. A multi-component exploration of verbal short-term storage deficits in normal aging and Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* (in press)
- Poirier, M., Saint-Aubin, J., 1996. Immediate serial recall, word frequency, item identity and item position. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 50, 408-412.
- Roodenrys, S., Quinlan, P. T., 2000. The effects of stimulus size and word frequency on verbal serial recall. *Memory*, 8, 73-80.
- Ruchkin, D. S., Grafman, J., Cameron, K., Berndt, R. S., 2003. Working Memory Retention Systems: A State of Activated Long-Term Memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 26, 709-729.
- Saffran, E. M., Marin, O. S. M., 1975. Immediate memory for word lists and sentences in a patient with deficient auditory short-term memory. *Brain and Language*, 2, 420-433.
- Saint-Aubin, J., Poirier, M., 1999. Semantic similarity and immediate serial recall: Is there a detrimental effect on order information? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 367-394.

- Saint-Aubin, J., Poirier, M., 2000. Immediate serial recall of words and nonwords: Tests of a retrieval-based hypothesis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 7, 332-340.
- Scott, S. K., Blank, C., Rosen, S., Wise, R. J. S., 2000. Identification of a pathway for intelligible speech in the left temporal lobe. *Brain*, 123, 2400-2406.
- Silveri, M. C., Cappa, A., 2003. Segregation of the neural correlates of language and phonological short-term memory. *Cortex*, 39, 913-925.
- Thorn, A. S., Frankish, C. R., 2005. Long-Term Knowledge Effects on Serial Recall of Nonwords Are Not Exclusively Lexical. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, 729-735.
- Todd, J. J., Marois, R., 2004. Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, 428, 751-754.
- Todd, J. J., Fougner, D., Marois, R., 2005. Visual short-term memory load suppresses temporo-parietal junction activity and induces inattention blindness. *Psychological Science*, 16, 965-972.
- Vallar, G., Baddeley, A. D., 1984. Fractionation of working memory: Neuropsychological evidence for a phonological short-term store. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 151-161.
- Walker, I., Hulme, C., 1999). Concrete words are easier to recall than abstract words: Evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 1256-1271.
- Warrington, E. K., Shallice, T., 1969. The selective impairment of auditory verbal short-term memory. *Brain*, 92, 885-896.

- Warrington, E. K., Logue, V., Pratt, R. T. C., 1971. The anatomical localisation of selective impairment of auditory verbal short-term memory. *Neuropsychologia*, 9, 377-387.
- Watkins, O. C., Watkins, M. J., 1977. Serial recall and the modality effect: Effects of word frequency. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3, 712-718.
- Wickelgren, W. A., 1965. Acoustic similarity and intrusion errors in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, 70, 102-108.

Tableau 1. Corrélations de Spearman entre le niveau d’empan de chiffres et les performances dans des tâches langagières pour des mots isolés auprès de patients présentés comme ayant des déficits sélectifs de la MCT verbale.

	Répétition de mots	Répétition de non-mots	Discrimination phonologiques	Dénomination d’images
Empan de chiffres	<b>.69</b>	<b>.86</b>	<b>.83</b>	<b>.53</b>

Corrélations significatives ( $p < .05$ ) en gras

Figure 1

Représentation schématisique d'un modèle à composantes multiples de la MCT verbale, ayant comme substrat représentationnel principal le système langagier, et incorporant un système spécifique dédié aux traitements des aspects sériels en MCT, ainsi qu'un modulateur attentionnel qui permet d'orienter de façon flexible l'attention soit sur système langagier (pour le maintien temporaire des représentations « item » à retenir) soit sur le système sériel (pour le maintien temporaire de l'ordre sériel), soit sur les deux, en fonction des exigences de la tâche à réaliser.

