

**REEDUCATION DE LA MEMOIRE PHONOLOGIQUE A COURT TERME :
APPLICATION CHEZ UNE ENFANT DE 10 ANS**

Annette Closset¹² & Steve Majerus²³

¹ Centre de Revalidation : Unité de prise en charge cognitive pour enfants « Le Pré en bulles », CHR de la Citadelle, Liège, Belgique

² Département des Sciences Cognitives, Université de Liège, Belgique

³ Fonds National de la Recherche Scientifique, Belgique

Published in :

Closset, A., & Majerus, S. (2007). Rééducation de la mémoire phonologique à court terme : application chez une enfant de 10 ans. In G. Aubin, F. Coyette, P. Pradat-Diehl, & C. Vallat-Azouvi (Eds.), Neuropsychologie de la mémoire de travail, pp. 323-349.

Marseille : Solal

Adresse pour correspondance :

Annette Closset : annette.closset@chrcitadelle.be

INTRODUCTION

De plus en plus de données démontrent que la mémoire à court terme (MCT) verbale n'est pas une capacité unique, déterminée par les seules capacités de stockage du stock phonologique selon la terminologie de Baddeley (1986), mais qu'elle est au contraire le produit de l'interaction de multiples processus, capacités et connaissances. Ainsi faut-il tout d'abord distinguer des capacités de stockage pour les informations phonologiques, d'une part, et les informations lexico-sémantiques d'autre part, comme l'ont montré une série d'études récentes (R. Martin, Shelton & Yaffee, 1994 ; Majerus, Van der Linden, Poncelet, & Metz-Lutz, 2004). Il faut donc séparer la MCT verbale en un système de stockage spécialisé pour les informations phonologiques, et un autre spécialisé pour le stockage d'informations lexico-sémantiques (« buffers » phonologique versus sémantique, R. Martin, Lesch & Bartha, 1999). Par ailleurs, les performances dans des tâches de MCT verbale sont également étroitement dépendantes de la disponibilité de connaissances linguistiques en mémoire à long terme, qui vont activement contribuer à soutenir les traces temporaires des informations à mémoriser, augmentant par là les capacités de stockage. Le meilleur exemple est ici probablement l'effet de lexicalité, montrant une supériorité du rappel en MCT de listes de mots par rapport à des listes de non-mots (voir Majerus, ce volume, pour une synthèse exhaustive des effets de la mémoire à long terme sur la MCT, et les modélisations théoriques expliquant l'existence de ces effets). L'objectif du travail présenté ici est de montrer comment ce multi-déterminisme des performances lors d'une tâche de MCT verbale peut être mis à profit pour entamer une rééducation d'un déficit du stockage verbal temporaire.

Jusqu'à présent, la faisabilité d'une rééducation d'un déficit de la MCT verbale reste incertaine, très peu d'études scientifiques ayant abordé cette question. En effet, en effectuant une recherche bibliographique sur la base de données Psycinfo®, la recherche sur les mots-clés « working memory impairment » ou « short-term memory impairment » (et leurs équivalents) génère plus de 1000 publications, alors qu'en ajoutant le mot-clé « rehabilitation » ou « treatment », seulement une petite dizaine de publications apparaissent. La plupart de ces publications ce sont intéressées avant tout à la rééducation des aspects exécutifs ou attentionnels liés à un déficit de la mémoire de travail plutôt qu'à une rééducation des capacités de stockage de base (voir par exemple, Vallat, Azouvi, Hardisson, Meffert, Tessier, & Pradat-Diehl, 2005 ; voir également, Vallat, ce volume). Une étude de Francis, Clark et Humphreys (2003) a abordé la rééducation d'un déficit du stockage verbal temporaire de façon plus directe mais peu spécifique. Ils ont présenté le cas d'un patient souffrant d'un empan verbal réduit et de difficultés de compréhension de phrases (ces dernières supposées être liées du moins en partie à la réduction des capacités de la MCT verbale). La rééducation consistait en un entraînement à la répétition de phrases de plus en plus longues et complexes sur une période de 5 mois. Cette rééducation était censée optimiser les capacités de stockage en MCT, avec un bénéfice éventuel pour la compréhension de phrases. Les résultats étaient plutôt mitigés : l'empan de chiffres avait augmenté de 2 à 6, avec également une légère augmentation des capacités de compréhension de phrases (de 57% à 67% de réponses correctes). Cependant, les performances en MCT pour des non-mots étaient restées inchangées et gravement déficitaires (20% de répétitions correctes, avant et après rééducation). L'augmentation de l'empan de chiffres montre qu'une rééducation de la MCT verbale, via une stratégie de type « musculation », est possible, mais cette étude montre également que les capacités de stockage d'informations phonologiques n'ont pas bougé. Ceci pourrait être en partie lié à la nature de l'entraînement, utilisant des stimuli significatifs (phrases), entraînant davantage les capacités de stockage lexico-sémantique que phonologique, même si cette question n'a pas été contrôlée dans l'étude de Francis et al.

Dans une étude récente, nous avons en effet pu montrer qu'un entraînement ciblé des capacités de stockage phonologique, via un entraînement au maintien temporaire de non-mots, peut augmenter les capacités de stockage pour les informations phonologiques (Majerus, Van der Kaa, Renard, Van der Linden, & Poncelet, 2005 ; voir également Van der Kaa & Majerus, ce volume).

Les études décrites ici suggèrent que les capacités de stockage verbal temporaire peuvent être augmentées, en utilisant une technique de rééducation de type « rétablissement », visant à restaurer le processus déficitaire. Le travail exposé dans ce chapitre suit un autre but, en illustrant l'utilisation d'une stratégie de compensation via l'implication des capacités/processus préservés, afin d'optimiser les performances lors de tâches faisant intervenir de la MCT verbale. Nous décrivons le cas de Z.F., une enfant âgée de 10 ans présentant une réduction importante des capacités de stockage d'informations verbales, affectant surtout le stockage d'informations phonologiques. Nous allons illustrer comment un entraînement à l'utilisation accrue des connaissances sémantiques stockées en mémoire à long terme et à leur transformation en images mentales peut augmenter les capacités de stockage verbal. Notons cependant que le bénéfice de ce type de rééducation sera limité au stockage d'informations verbales pour lesquelles des connaissances sémantiques existent et sont aisément transformables en images mentales. Au niveau théorique, cette rééducation vise à augmenter le poids qu'exercent les connaissances stockées en mémoire à long terme lors de la réalisation de tâches de MCT verbale, ainsi qu'à induire un double codage verbal-visuel qui permet de maintenir les informations auditivo-verbales à mémoriser également via la MCT visuelle (callepin visuo-spatial selon la terminologie de Baddeley, 1986) qui était préservée chez Z.F. Ainsi, le but de cette rééducation était de contourner une faiblesse des capacités de stockage temporaire phonologique, via l'utilisation accrue des connaissances sémantiques et leur maintien temporaire via les capacités de stockage lexico-sémantique et visuo-spatial.

PRESENTATION DE Z.F.

Z.F. est une fillette francophone victime d'un traumatisme crânien grave en octobre 2000. A ce moment, elle était âgée de 10 ans et débutait la 5^{ème} année primaire (CM2). Nous allons présenter ici les circonstances de l'accident avec notamment les séquelles au niveau cérébral, ainsi que les bilans cognitifs pré- et post-traumatiques. En effet, Z.F. avait été examinée quelques mois avant son accident dans le cadre de l'investigation de légères difficultés d'apprentissages scolaires.

L'accident et ses conséquences

Z.F. a été victime d'un traumatisme crânien grave à la suite d'un accident de roulage (elle était passagère d'une voiture). A l'admission au service des soins intensifs, elle était somnolente mais répondait à des stimulations simples. Le score à l'échelle de coma de Glasgow (Glasgow Coma Scale [GCS] - Teasdale & Jennett, 1974) était de 10/15 (E3, M6, V1), témoignant d'un état de conscience minimal (Majerus, Gill-Thwaites, Andrews, & Laureys, 2005). L'examen neurologique relevait une hémiparésie droite nette, prédominant au membre supérieur. Un scanner cérébral montrait une embarrure temporelle postérieure et pariétale inférieure gauche multifragmentaire dont un fragment était enfoncé dans le cortex sur 2.5 centimètres au niveau du parenchyme de la jonction temporo-pariétale de l'hémisphère gauche. Une intervention neurochirurgicale était pratiquée le jour de l'accident. Celle-ci consistait en une crâniotomie temporo-pariétale gauche en arrière de l'écaille enfoncée, en un parage des tissus contus et nécrotiques et retrait des embarrures, en une duroplastie lâche sans réintégration du volet osseux, et enfin en un placement d'une dérivation pour contrôle de la

pression intra-crânienne. Par la suite, Z.F. a développé plusieurs complications neurologiques dont un œdème cérébral post-opératoire important avec herniation du tissu cérébral au travers du volet, une élévation de la pression intra-crânienne dans les premiers jours avec agitation lors des tentatives de levée de la sédation, et une méningite d'évolution favorable sous antibiotiques. Z.F. a ensuite présenté une récupération progressive sur les plans moteur et langagier avec une nouvelle opération, un mois après l'accident, pour réintégrer le volet crânien et corriger une hernie cérébro-méningée antérieure qui subsistait. L'évolution généralement favorable au niveau neurologique s'est poursuivie, avec la persistance de difficultés de langage, notamment pour la compréhension et la production de mots complexes ou peu fréquents et se caractérisant par un manque du mot et de nombreuses paraphrasies. Z.F. a regagné son domicile après 6 semaines de séjour en hôpital.

Résultats du bilan cognitif pré-traumatique

Un an avant l'accident (octobre 1999), Z.F. avait déjà consulté pour des difficultés d'orthographe et de calcul (elle fréquentait la 4^{ème} année de l'enseignement primaire (CM1)). Des examens intellectuel et logopédique avaient été réalisés à ce moment. Les résultats sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1.

Résultats obtenus avant l'accident (octobre 1999) aux bilans intellectuel et logopédique

<i>Epreuves</i>	<i>Résultats de Z.F.</i>	<i>Normes (9 ans et/ou 4^{ème} année primaire)</i>
Intelligence (WISC-III ; Wechsler, 1996)		
- QI Total	113	100 ± 15
- QI Verbal	104	100 ± 15
o vocabulaire	9	10 ± 3
- QI Performance	120	100 ± 15
Empan de non-mots (Belec ; Mousty et coll., 1994)		
- Non-mots simples (Consonne-Voyelle)	5	4.94 ± 0.28
- Non-mots complexes (Consonne-Consonne-Voyelle)	3	3.42 ± 0.83
Lecture (Belec ; Mousty et coll., 1994)		
- mots	41/48*	44.74 ± 3.07
- non-mots	13/24*	18.82 ± 3
Ecriture (Belec ; Mousty et coll., 1994)		
- mots fréquents	21/36**	30.70 ± 4.35
- mots rares	11/36*	18.71 ± 5.49

* -1 déviation standard / ** -2 déviations standard

Ces examens pré-traumatiques montraient une efficacité intellectuelle normale (niveau « moyen-fort ») avec des compétences non-verbales nettement supérieures aux compétences verbales et un niveau de vocabulaire moyen. Notamment en ce qui concerne la MCT verbale, les capacités de stockage phonologique, évaluées via une tâche de répétition de non-mots, se situaient dans les normes. Z.F. présentait par contre des difficultés de lecture caractérisées par une insuffisance fonctionnelle de la voie d'assemblage (lecture de mots réguliers non familiers). Une rééducation logopédique avait été proposée mais celle-ci n'a pas été réalisée.

Résultats des bilans post-traumatiques

En novembre 2000 (soit un mois après l'accident), au vu des difficultés de compréhension auditivo-verbales, un examen de la perception fine de la parole (audition centrale) a été réalisé montrant uniquement une déficience du décodage phonétique (perception dans une situation

de bruit de fond); l'audiogramme (audition périphérique) était parfaitement normal. Ensuite, des bilans neuropsychologique et logopédique ont été réalisés. Les résultats de ces examens sont présentés dans le Tableau 2. En ce qui concerne l'efficacité intellectuelle générale, les performances aux tests de QI se situaient toujours dans la moyenne mais celles-ci étaient inférieures à celles évaluées avant l'accident ; par contre, le niveau de vocabulaire restait identique. Au plan attentionnel, les résultats montraient un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information en situation de dénomination et de lecture (épreuve de Stroop, 1935) alors que la vitesse de traitement était normale dans une épreuve faisant moins intervenir la verbalisation (D2 de Brickenkamp, 1966). En mémoire à court terme, les résultats montraient cette fois-ci une diminution importante de la capacité de stockage phonologique alors que le registre visuo-spatial était préservé. Concernant la mémoire épisodique, Z.F. présentait des difficultés d'apprentissage à long terme de nouvelles informations auditivo-verbales alors que la mémorisation pour du matériel visuo-spatial était intacte. Enfin, en ce qui concerne le bilan logopédique, on constatait un manque du mot, des difficultés de planification articulatoire, des confusions sémantiques et des troubles de la syntaxe. Finalement, un bilan psychomoteur montrait quant à lui une lenteur psychomotrice et une faiblesse de la motricité fine à droite. En résumé, un mois après l'accident, Z.F. présentait avant tout des troubles langagiers associés à un déficit du stockage temporaire d'informations verbales. Par ailleurs, on note un ralentissement du traitement de l'information.

Tableau 2.

Résultats obtenus aux bilans neuropsychologique et logopédique réalisés un mois après l'accident (novembre 2000).

<i>Epreuves</i>	<i>Résultats</i>	<i>Normes</i>
EFFICIENCE INTELLECTUELLE (WISC-III ; Wechsler, 1996)		
- QI Total	101	100 ± 15
- QI Verbal	92	100 ± 15
o Vocabulaire	9	10 ± 3
- QI Performance	111	100 ± 15
ATTENTION		
- Stroop (1935)		
o Dénomination	168''**	84.96 ± 12.45 ²
▪ Temps	9**	2.04 ± 1.52 ²
▪ Erreurs		
o Lecture	100''**	59.21 ± 8.00 ²
▪ Temps	4**	0.33 ± 0.70 ²
▪ Erreurs		
- D2 (Brickenkamp, 1966)		
o Nbre signes examinés	285	P 50
o % erreur	7	P 25-50
o différence maximum-minimum	7	P 90
MEMOIRE A COURT TERME		
- Empan verbaux (Belec ; Mousty et coll., 1994)		
o Non-mots simples	2**	4.94 ± 0.28 ¹
o Non-mots complexes	1**	3.42 ± 0.83 ¹
o Chiffres	3**	5.60 ± 0.90 ²
- Empan visuo-verbal ¹		

¹ Pour mesurer l'empan visuo-verbal, nous nous sommes inspirés d'un travail de Salthouse & Babcock, 1991. Pour les épreuves d'empan numérique et arithmétique, on présente à l'enfant des opérations arithmétiques simples (additions et soustractions). Le matériel se compose de plusieurs séquences de calcul qui sont ordonnées de manière croissante (séries de 2, 3, 4, etc. opérations). Pour la condition « empan numérique » (similaire à une tâche d'empan classique), on demande au sujet de lire mentalement et de mémoriser le chiffre encadré, le second de l'opération. En situation d'empan arithmétique, on demande à l'enfant de mémoriser le chiffre encadré et, en plus, de résoudre l'opération mentalement dont il doit donner la réponse à voix haute ; cette condition permettrait d'évaluer les capacités de l'administrateur central au sens de Baddeley (1986).

○ Numérique	3**	5.47 ± 0.94 ²
○ Arithmétique (tâche double)	2*	3.12 ± 1.11 ²
- Empans visuo-spatiaux		
○ Corsi (empan séquentiel ; Milner, 1971)	6	4.90 ± 0.80 ²
○ Pattern Span (empan simultané ; Wilson, 1993)	7	7.67 ± 1.05 ²
MEMOIRE A LONG TERME		
- Auditivo-verbale (TAVLE ; Closset, Catale & Meulemans, en préparation)	3**	7.67 ± 1.55 ²
○ Rappel A1	6**	12.88 ± 2.11 ²
○ Rappel A5	27**	55.88 ± 6.47 ²
○ Total rappels A1 à A5	0**	7 ± 1.56 ²
○ Rappel B	0**	10.79 ± 2 ²
○ Rappel libre A	3**	11.08 ± 2.52 ²
○ Rappel indicé A	7**	11.33 ± 1.95 ²
○ Rappel différé A	0**	11.71 ± 2.01 ²
○ Rappel différé indicé A	1	15.83 ± 16.84 ²
○ Total répétitions	16	7.21 ± 11.14 ²
○ Total intrusions	13	15.17 ± 1.37 ²
○ Reconnaissance		
- Visuo-spatiale (supra span; Wilson, 1993)		
○ Grille	10	---
○ Nbre d'essais	3	7.33 ± 3.24 ²
LANGAGE		
- Dénomination d'images (Bachy, 1987)	16/36**	32.25 ± 1.50 ²
- Fluence verbale (2')		
○ Sémantique (animaux)	3**	24.65 ± 5.16 ²
○ Phonémique (P)	0**	14.05 ± 3.03 ²
- Compréhension orale (ELOLA, De Agostini, 1998)	7/21**	20.2 ± 0.60 ²

¹ normes pour des enfants de 4^{ème} année primaire / ² normes pour des enfants de 10 ans

* -1 déviation standard / ** -2 déviations standard

PARTIE EXPERIMENTALE

La prise en charge neuropsychologique a débuté 4 mois après l'accident (février 2001), alors que Z.F. était âgée de 10 ans 4 mois. A ce moment, nous avons réalisé des lignes de base attentionnelles. Les résultats et observations ont montré des difficultés dans le maintien de l'attention soutenue, une fatigabilité, des difficultés d'attention sélective auditive, la persistance d'un ralentissement de la vitesse de traitement de l'information ainsi que des difficultés de gestion des ressources attentionnelles.

Au vu de ces observations, une revalidation cognitive multifocale, visant à la fois les difficultés langagières et attentionnelles a été proposée. Ces rééducations devaient se dérouler en priorité avant qu'une rééducation plus spécifique des capacités de stockage phonologique temporaire ne pût être mise en place. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné, les difficultés langagières et attentionnelles pourraient expliquer, du moins en partie, les difficultés dans les tâches de MCT verbale. Au niveau des difficultés langagières, la logopède (orthophoniste) a mis en place une rééducation se focalisant sur les difficultés phonologiques. Cette rééducation a commencé 4 mois après l'accident (février 2001). En même temps, la neuropsychologue a réalisé une optimisation de l'attention sélective auditive (entraînement via des tâches de repérage de sons ou des tâches de repérage de mots-cibles dans des listes de mots comprenant des distracteurs phonémiques ou sémantiques, dans des textes ou dans des contes présentés oralement). Cette rééducation s'est déroulée durant 2 mois, jusqu'à la « normalisation » des performances dans les lignes de base attentionnelles.

Evaluation neuropsychologique complémentaire pré-thérapie

Un examen neuropsychologique complémentaire a été réalisé six mois après l'accident (avril 2001) ; Z.F. était alors âgée de 10 ans 6 mois. Cette évaluation portait surtout sur la MCT verbale. L'administration d'épreuves évaluant spécifiquement le stockage phonologique a montré la persistance d'une réduction importante des capacités de stockage phonologique (voir Tableau 3) ; des effets de longueur et de similarité phonologique normaux étaient par contre observés, témoignant, à un niveau plus qualitatif, de l'intégrité des processus de codage phonologique en MCT et de récapitulation articulatoire. A ce stade-ci, les difficultés observées dans les tâches de MCT verbale sont cependant au moins partiellement occasionnées par les difficultés phonologiques plus générales que présente Z.F.

Tableau 3.

Résultats obtenus six mois après l'accident (avril 2001) aux épreuves de MCT phonologique

<i>Epreuves</i>	<i>Résultats</i>	<i>Normes</i>
Empans de mots (BNE ; Dalla Piazza, 1994) :		
- courts	3**	5 ± 0,9 ¹
- longs	2**	4,2 ± 0,7 ¹
- dissimilaires	3**	4,7 ± 0,9 ¹
- similaires	2**	3,8 ± 0,7 ¹
Empans de non mots (Poncelet & Van der Linden, 2003) :		
- simples		
o longueur	3**	6,7 ± 1.00 ²
o nombre d'items	5**	13.38 ± 3.41 ²
o nombre de syllabes	14**	83.62 ± 15.04 ²
- complexes		
o longueur	2**	4.2 ± 1.00 ²
o nombre d'items	1**	7.1 ± 2.38 ²
o nombre de syllabes	4**	37.48 ± 8.95 ²

¹ Normes pour des enfants de 10 ans / ² Normes pour des enfants de 10-12 ans

* -1 déviation standard / ** -2 déviations standard

Rééducation expérimentale de la MCT phonologique

La rééducation expérimentale de la MCT phonologique a débuté 7 mois après l'accident, soit en mai 2001. Z.F. était alors âgée de 10 ans 7 mois et fréquentait toujours la 5^{ème} année primaire (CM2). Cette rééducation s'est poursuivie durant 3 mois (de mai à la mi-juillet 2001) à raison de 1 à 2 séances de 20 minutes par semaine. Au total, 16 séances ont été consacrées à cette revalidation. L'objectif poursuivi était l'amélioration des performances dans les tâches de MCT verbale en contournant les difficultés de stockage phonologique à court terme par l'exploitation des capacités de stockage sémantique et visuel (en utilisant les connaissances sémantiques et l'imagerie visuelle). Mais avant d'entamer l'apprentissage de cette stratégie, nous avons d'abord essayé d'améliorer le fonctionnement du stockage phonologique en optimisant l'utilisation du processus de récapitulation articulatoire, afin de rafraîchir plus souvent et plus rapidement les traces mnésiques phonologiques temporaires. Notons également que les mots utilisés lors des différents axes de la prise en charge sont issus du vocabulaire connu de Z.F. La sélection de ces mots s'est opérée sur base d'une dénomination d'images de « L'imagier du Père Castor » (Montparnasse, 2002). Sur 110 images proposées,

Z.F. en connaissait 60. Ces mots ont ensuite été répartis en deux catégories : mots courts (1-2 syllabes) versus mots longs (3-4 syllabes).

Optimisation du processus de récapitulation articulatoire (durée : 1 mois)

Comme nous l'avons déjà mentionné, la présence de l'effet de longueur aux épreuves d'empan de mots courts versus longs atteste du fait que le processus de récapitulation articulatoire peut être utilisé de façon adéquate par Z.F. Ainsi, les difficultés importantes pour le stockage temporaire d'informations verbales (qui persistaient après la rééducation logopédique) sont assez probablement liées, d'un point de vue fonctionnel, à un effacement trop rapide des traces phonologiques temporaires (nous restons ici neutres par rapport à l'interprétation théorique de ce déficit qui pourrait soit traduire une disparition trop rapide de l'activation temporaire directement au niveau de l'activation des représentations phonologiques dans le système langagier, ou alors une disparition trop rapide des traces dans un système spécialisé de stockage phonologique à court terme ; voir Majerus, ce volume, pour plus de discussions). Pour remédier à ce problème, nous avons tenté, dans un premier temps, d'optimiser l'utilisation du processus de récapitulation articulatoire afin d'augmenter la fréquence de rafraîchissement des traces phonologique temporaires.

A cette fin, nous avons entraîné Z.F. à la récapitulation orale explicite puis mentale subvocale rapide avant le rappel de listes de mots présentées oralement. Durant le délai de rétention de l'information, Z.F. avait donc pour consigne de récapituler les mots le plus rapidement possible (d'abord à voix haute puis ensuite mentalement). La gradation dans la difficulté portait : 1) sur le nombre de mots (séries de 2 puis 3 puis 4 mots) ; 2) sur le type de mots (courts versus longs) ; 3) sur le délai de rappel (immédiat, après 5'', 10'', 20'', 60'').

Après 5 séances, les observations montrent que cette méthode n'a que peu augmenté la quantité d'informations auditivo-verbales que Z.F. peut maintenir en MCT (voir Tableau 4). En effet, elle est capable de rappeler d'une part 4 mots courts et d'autre part 3 mots longs, ce qui correspond à son empan + 1, que ce soit en rappel immédiat ou en rappel différé (délai de 5 à 60'').

Tableau 4.

Empans de mots courts versus longs obtenus par Z.F. au fil des séances d'optimisation du processus de récapitulation articulatoire.

Condition	Durée du délai par séance																									
	Séance 1					Séance 2					Séance 3					Séance 4					Séance 5					
	Immédiat	5''	10''	20'	60''	Immédiat	5''	10''	20'	60''	Immédiat	5''	10''	20'	60''	Immédiat	5''	10''	20'	60''	Immédiat	5''	10''	20'	60''	
Courts	3	3	--	--	--	3	3	3	--	--	4	3	4	3	--	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4
Longs	--	--	--	--	--	2	2	--	--	--	2	2	2	--	--	3	2	3	2	--	3	3	2	3	3	3

La progression des empans de mots longs et courts, au cours des différentes séances de rééducation, montre une stabilisation de l'empan de mots courts autour de 4 et de mots longs autour de 3, ce qui correspond à une augmentation d'une unité par rapport au premier bilan neuropsychologique post-traumatique. On note surtout une utilisation de plus en plus efficace du processus de récapitulation articulatoire, permettant de maintenir les informations sur des intervalles de plus en plus longs. Cependant, cette procédure ne permet toujours pas de normaliser les performances en MCT verbale, les niveaux d'empans restant toujours déficitaires.

Exploitation des capacités de stockage sémantique et visuo- spatial (durée : 2 mois)

Lors du bilan réalisé 6 mois après l'accident, les empan visuo-spatiaux séquentiel (Corsi ; Milner, 1971) et simultané (pattern span ; Wilson, 1993) se situaient tout à fait dans les normes compte tenu de l'âge de Z.F. Ceci permet de penser que les capacités de stockage visuo-spatial sont intactes chez Z.F. Par ailleurs, au moment d'entamer cette partie de la rééducation, les performances langagières (vocabulaire réceptif : note standard de 116 aux échelles de vocabulaire EVIP ; Dunn, Thériault-Whalen & Dunn, 1993) étaient également normalisées, suggérant un retour à la normale des connaissances lexicales et sémantiques (du moins en modalité réceptive). Pour exploiter les connaissances sémantiques et le stockage visuo-spatial, nous avons appris à Z.F. à transformer d'abord les mots entendus en images mentales et ensuite à les mémoriser en tant que suite d'images.

Cet apprentissage s'est réalisé en 2 étapes.

1. La première étape consistait en un entraînement à la mémorisation de suite d'images. A cette fin, nous avons élaboré un scénario ludique : la neuropsychologue allait à la « pêche aux images ». Une fois les images pêchées, la neuropsychologue disposait lentement les cartes de « L'imagerie du Père Castor » sur le bureau en donnant simultanément leur nom. Les images étaient disposées de gauche à droite face à Z.F. (c'est-à-dire dans le sens de la lecture pour elle). Z.F. avait pour consigne de mémoriser les images et leur ordre de présentation. Les images étaient ensuite enlevées du bureau et Z.F. devait rappeler leur nom dans l'ordre sériel. La gradation dans la difficulté portait : 1) sur le nombre de mots (séries de 2, 3, 4,... mots) ; 2) sur le type de mots (courts versus longs) ; et 3) sur le délai de rappel (immédiat, après 5'', 10'', 20'', 60'').

Z.F. s'est très vite montrée efficiente dans ce type d'exercice (voir Tableau 5). Que ce soit pour des mots courts ou pour des mots longs, elle pouvait rappeler immédiatement et après un délai de 60'' un nombre de mots correspondant à son niveau d'empan +2 pour les mots courts (soit 5 mots et parfois 6). De façon très intéressante, on observe également que l'effet de longueur du mot disparaît ; en effet, Z.F. peut aussi rappeler 5 mots longs, ce qui correspond à son empan +3. En outre, nous avons également observé un type d'erreurs qui n'était jamais apparu auparavant : il arrivait quelque fois à Z.F. de fournir, lors du rappel, un mot synonyme ou sémantiquement proche de celui énoncé en lieu et place du mot-cible (par exemple, 'policier' pour 'gendarme', 'auto' pour 'voiture',...). Ces erreurs, ainsi que la disparition de l'effet de longueur, suggèrent que Z.F. utilise maintenant bien un codage sémantico-visuel et non plus un codage phonologique. Par ailleurs, l'utilisation de ce codage sémantico-visuel augmente les performances dans des tâches de MCT verbale, en permettant à Z.F. de normaliser ses performances.

Tableau 5.

Empan de mots courts versus longs obtenus par Z.F. au fil des séances d'exploitation des capacités de stockages sémantiques et visuelles (étape 1 : mémorisation de l'image)

Condition	Durée du délai par séance																									
	Séance 1					Séance 2					Séance 3					Séance 4					Séance 5					
	Immédiat	5''	10''	20''	60''	Immédiat	5''	10''	20''	60''	Immédiat	5''	10''	20''	60''	Immédiat	5''	10''	20''	60''	Immédiat	5''	10''	20''	60''	
Courts	4	4	--	--	--	5	5	4	--	--	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	6	5	5
Longs	--	--	--	--	--	4	3	--	--	--	4	5	3	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5

2. La deuxième étape visait à entraîner Z.F. à générer elle-même des images mentales suite à la présentation orale de suite de mots, à mémoriser ces images mentales et à s'en servir lors du rappel de la suite de mots. Nous avons tout d'abord entraîné Z.F. à la génération d'images mentales, en nous inspirant du programme d'imagerie visuelle de Coyette et Van der Kaa-Delvenne (1995). Pour ce faire, nous avons d'abord proposé à Z.F. un questionnaire d'imagerie où elle devait décrire la forme de certaines lettres de l'alphabet ainsi que la couleur, la taille, la dimension de certains objets. Nous lui avons ensuite proposé des images concrètes (un bâtiment,...) puis abstraites (formes géométriques isolées puis intriquées de plusieurs couleurs,...) qu'elle devait décrire. Puis, nous lui avons proposé ce même type d'images qu'elle devait mémoriser et décrire après un délai. Enfin, nous avons demandé à Z.F. de produire un dessin pour différents mots puis de visualiser mentalement une image ou un dessin pour des mots présentés oralement. Une fois que la technique de visualisation mentale fut acquise par Z.F. (2 séances), nous avons tenté d'exploiter cette compétence pour la mémorisation à court terme de mots présentés oralement. Pour ce faire, nous énoncions lentement des séries de mots. Z.F. avait alors pour consigne de créer une image mentale du mot et de mémoriser celle-ci jusqu'à son rappel oral. La gradation dans la difficulté portait : 1) sur le nombre de mots (séries de 2, 3, 4,... mots) ; 2) sur le type de mots (courts versus longs) ; et 3) sur le délai de rappel (immédiat, après 5'', 10'', 20'', 60'').

Une fois de plus, Z.F. s'est rapidement montrée experte dans ce type d'exercice (voir Tableau 6). Que ce soit pour des mots courts ou pour des mots longs, elle pouvait rappeler immédiatement et après un délai de 60'' un nombre de mots correspondant à son niveau d'empan +2 (soit 5 mots et parfois 6) pour les mots courts et à son niveau d'empan +3 (soit 5 mots) pour les mots longs. Dans cette situation, on observe également que l'effet de longueur du mot disparaît et que des erreurs sémantiques se manifestent, témoignant de l'utilisation de codes visuo-sémantiques et non phonologiques.

Tableau 6.

Empans de mots courts versus longs obtenus par Z.F. lors des différents délais rappels et au fil des séances d'exploitation du registre visuo-spatial (étape 2 : création de l'image du mot).

Condition	Durée du délai par séance														
	Séance 1					Séance 2					Séance 3				
	Immédiat	5''	10''	20''	60''	Immédiat	5''	10''	20''	60''	Immédiat	5''	10''	20''	60''
Courts	5	5	5	--	--	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Longs	5	5	5	--	--	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5

Evaluations post-rééducation

Une série d'évaluations cognitives post-rééducation ont été réalisées un mois après la période de rééducation (août-septembre 2001) mais également un an après l'arrêt de celle-ci (août-

septembre 2002) afin d'évaluer les bénéfiques à long terme de celle-ci, et de confirmer que l'amélioration des performances lors de tâches de MCT verbale est bien liée à l'utilisation d'une stratégie compensatoire de stockage sémantico-visuel, et non à une récupération spontanée des capacités de stockage phonologique.

D'une manière générale, comme nous allons le voir, les résultats se sont globalement améliorés après la rééducation, surtout en langage et en mémoire (à court et à long termes). De plus, les résultats sont globalement comparables immédiatement après la rééducation et un an plus tard, ce qui montre que les apprentissages réalisés se sont maintenus dans temps. Nous observons également que Z.F. a spontanément réalisé un transfert de ses acquis dans d'autres domaines que ceux ciblés dans le cadre de la rééducation.

Mémoire à court terme phonologique

Les empan de chiffres, de mots et de non-mots, évalués avant et après la rééducation neuropsychologique, sont présentés dans le Tableau 7 synoptique.

Tableau 7.

Tableau synoptique reprenant les résultats aux épreuves évaluant la MCT phonologique avant l'accident ainsi qu'avant et après la rééducation neuropsychologique

Epreuves	Pré-trauma	Post-trauma				Normes	
		Avant rééducation	Après rééducation				
			Août 2001	Août 2002			
	Oct 1999	Nov 2000/ Avr 2001					
Empans verbaux (Belec ; Mousty et coll., 1994)							
- Non-mots simples	5	2**	2**	4**	4.94 ± 0.28		
- Non-mots complexes	3	1**	1**	2*	3.42 ± 0.83		
- Chiffres	---	3**	5	5	5,6 ± 0,9 ¹		
Empan visuo-verbaux							
- empan numérique	---	3**	5	5	5.47 ± 0.94 ²		
- empan arithmétique	---	2*	3	4	3.12 ± 1.11 ²		
Empans de mots (BNE, Dalla Piazza, 1994) :			<i>Récapitulation (mai 01)</i>	<i>Visualis. mentale</i>	<i>Récapitulation</i>	<i>Visualisat° mentale</i>	
- courts	---	3**	4	5	4	6	5 ± 0,9 ¹
- longs	---	2**	3	5	3	6	4,2 ± 0,7 ¹
- dissimilaires	---	3**	4	5	4	6	4,7 ± 0,9 ¹
- similaires	---	2**	3	3	3	6	3,8 ± 0,7 ¹
Empans de non mots (Poncelet & Van der Linden, 2003) :							
- simples							
o longueur	---	3**	2**	3**	6,7 ± 1.00 ²		
o nombre d'items	---	5**	4**	5**	13.38 ± 3.41 ²		
o nombre de syllabes	---	14**	12**	17**	83.62 ± 15.04 ²		
- complexes							
o longueur	---	2**	2**	2**	4.2 ± 1.00 ²		
o nombre d'items	---	1**	3**	3**	7.1 ± 2.38 ²		
o nombre de syllabes	---	4**	7**	7**	37.48 ± 8.95 ²		

¹ Normes pour des enfants de 10 ans / ² Normes pour des enfants de 10-12 ans

* -1 déviations standard / ** -2 déviations standard

Avant la rééducation, les résultats montraient un déficit important de la capacité de stockage verbal tant pour des chiffres, que pour des mots et pour des non-mots. Après rééducation, on observe une amélioration sensible allant jusqu'à la normalisation des

performances pour les empan de chiffres et de mots, c'est-à-dire, pour tout matériel qui a un contenu sémantique et peut être transformé en image mentale. En ce qui concerne plus spécifiquement l'empan de mots, nous observons qu'un an après la rééducation, la performance de Z.F. est légèrement faible lors de la première ré-évaluation. Ceci peut s'expliquer par le fait que Z.F. rapporte n'avoir pas eu spontanément recours à la stratégie d'imagerie mentale apprise en rééducation. Les empan ont ensuite été réévalués avec la consigne explicite de visualiser les différents mots proposés. Dès lors, les performances de Z.F. se sont fortement améliorées et dépassent le résultat réalisé un mois après la rééducation ; ce qui montre que cette stratégie de visualisation mentale continue à être efficace un an après la rééducation. De plus, les effets de longueur du mot et de similarité phonologique disparaissent. Par contre, les performances réalisées pour les non-mots ne se sont pas du tout améliorées et restent déficitaires. Ceci est parfaitement en accord avec notre hypothèse de travail : notre stratégie de rééducation par compensation ne devrait pas avoir amélioré la composante déficitaire, c'est-à-dire les capacités de stockage phonologique à court terme.

MCT phonologique versus sémantique

Dans le bilan pré-thérapeutique, nous n'avions pas eu l'occasion d'évaluer formellement les capacités de stockage sémantique sur lesquelles une partie de la rééducation s'est néanmoins basée. A cette fin, nous avons administré, 2 mois après la fin de la rééducation (septembre 2001) deux tâches censées différencier les capacités de stockage phonologique et sémantique, les tâches d'empan de rimes et de catégories (Majerus et al., 2004 ; Majerus, ce volume). Dans ces tâches on propose au sujet des séries de mots de plus en plus longues et un nouveau mot est présenté à la fin de chaque série. Dans la tâche d'empan de rimes, le sujet doit dire si ce nouveau mot rime ou ne rime pas avec un des mots de la série présentée et également dire lequel. Il en va de même pour la tâche d'empan de catégories où le sujet doit dire si oui ou non un des mots appartient à la même catégorie sémantique que le nouveau mot et dire lequel. Les résultats obtenus par Z.F. à ces deux tâches sont présentés au Tableau 8.

Tableau 8.

Résultats obtenus par Z.F. aux épreuves d'empan de rimes et de catégories (septembre 2001)

Condition	Réponses correctes (Normes 11 ans)
Empan de catégories	
- longueur 1	4/4
- longueur 2	5/6
- longueur 3	4/6
- longueur 4	6/7
- longueur 5	5/7
- longueur 6	6/7
- total	30/37 (30.12 ± 2.95)
Empan de rimes	
- longueur 1	4/4
- longueur 2	6/6
- longueur 3	6/6
- longueur 4	6/7
- longueur 5	4/7
- longueur 6	5/7
- total	31/37* (34 ± 1.77)

* -1 déviation standard

Les résultats montrent des performances parfaitement préservées pour la rétention à court terme d'informations sémantiques (empan de catégories : score $Z = -.04$) mais légèrement déficitaires pour la rétention à court terme d'information phonologiques (empan de rimes : score $Z = -1.70$), indiquant des capacités de stockage sémantique préservées. Il faut noter que les performances pour l'empan de rimes ici ne sont pas aussi déficitaires qu'on

n'aurait pu s'y attendre, compte tenu de la sévérité du déficit de stockage phonologique tel que mis en évidence par les performances aux empan de non-mots. Cependant, étant donné l'utilisation de mots imageables dans l'empan de rimes, il est probable que Z.F. ait pu s'aider d'un codage sémantico-visuel pour réaliser cette épreuve qui vise cependant le stockage et la reconnaissance d'informations phonologiques.

Rappel sériel immédiat de mots avec un degré d'imagerie élevé et faible

Si Z.F. se sert surtout d'un codage sémantico-visuel pour réaliser des tâches de MCT verbale, alors elle devrait être mise en difficulté pour le stockage de mots qui sont plus difficilement représentables au niveau sémantique et visuel. Afin de vérifier ceci de façon plus directe, nous avons administré une tâche de rappel sériel immédiat de listes de mots ayant un degré d'imagerie élevé ou faible (Majerus & Van der Linden, 2003), plus d'un an après la rééducation (décembre 2002). Les résultats, présentés dans le Tableau 9, montrent un effet d'imagerie très fort : l'empan est de 6 (et supérieur aux performances du groupe contrôle) pour les mots avec un degré d'imagerie élevé contre 2 pour les mots avec un degré d'imagerie faible (gravement déficitaire). En d'autres termes, Z.F. présente ici un effet du degré d'imagerie anormalement élevé. Ces résultats confirment notre hypothèse.

Tableau 9.

Résultats obtenus aux épreuves de rappel sériel immédiat de mots avec un degré d'imagerie élevé versus faible (décembre 2002)

<i>Condition</i>	<i>Résultats</i>	<i>Normes</i>
Degré imagerie élevé	6	4.44 ± 0.54
Degré imagerie faible	2**	4.22 ± 0.44

** -2 déviations standard

Mémoire à long terme auditivo-verbale

Finalement, nous avons également évalué les capacités d'apprentissage d'informations verbales. Selon de nombreuses données expérimentales, les capacités de rétention à court terme d'informations verbales prédisent également les capacités d'apprentissage à plus long terme du même type d'informations (par exemple, Baddeley, Gathercole & Papagno, 1998 ; Majerus, Poncelet, Greffe, & Van der Linden, 2006 ; Majerus, Poncelet, Elsen, & Van der Linden, 2006). Dans cette optique, l'apprentissage de nouvelles informations phonologiques devrait rester altéré, alors que l'apprentissage de nouvelles informations lexico-sémantiques devrait être possible. A cette fin nous avons réadministré, un an après la rééducation, une tâche d'apprentissage de listes de mots du TAVLE (Closset, Catale & Meulemans, en préparation), une tâche d'apprentissage de listes de mots avec un degré d'imagerie élevé ou faible (listes de 9 mots chacune) et une tâche d'apprentissage de mots couplés (mots-mots ou mots-non-mots). Dans la tâche d'apprentissage des mots couplés, soit l'association entre deux mots familiers devait être apprise soit l'association entre un mot familier et un nouveau mot (simulant l'apprentissage d'une nouvelle information phonologique comme c'est le cas lors de l'apprentissage d'un nouveau vocabulaire). Par ailleurs, les nouveaux mots variaient en terme de fréquence phonotactique par rapport à la structure phonologique de la langue française, les pseudo-mots à structure fréquente étant en principe plus faciles à apprendre pour un participant francophone (tâche adaptée de Majerus et al., 2006). Les résultats obtenus aux différentes tâches sont présentés dans les Tableaux 10, 11 et 12.

Tableau 10.

Résultats obtenus au TAVLE (Closset, Catale & Meulemans, en préparation) avant et après la rééducation neuropsychologique

<i>Epreuve</i>	<i>Avant rééducation Novembre 2000</i>	<i>Après rééducation Août 2002</i>	<i>Normes (12 ans)</i>
TAVLE (Closset, Catale & Meulemans, en préparation) :			
- Rappel A1	3**	11	8.71 ± 2.05
- Rappel A5	6**	14	14.54 ± 1.56
- Total rappels A1 à A5	27**	62	62.58 ± 6.95
- Rappel B	0**	8	8.63 ± 2.16
- Rappel libre A	0**	13	13.17 ± 2.24
- Rappel indicé A	3**	12	13.33 ± 2.08
- Rappel différé A	7**	13	13.46 ± 2.11
- Rappel différé indicé A	0**	12	14 ± 1.98
- Total répétitions	1	1	11.38 ± 8.03
- Total intrusions	16	1	3.13 ± 4.24
- Reconnaissance	13	16	15.46 ± 0.78

Tableau 11.

Résultats obtenus à une épreuve d'apprentissage à long terme de mots avec un degré d'imagerie élevé versus faible (janvier 2003)

<i>Condition</i>	<i>Résultats</i>	
	<i>Imagerie élevée</i>	<i>Imagerie faible</i>
Rappel 1	7	4
Rappel 2	7	4
Rappel 3	9	5
Rappel 4	9	6
Rappel 5	8	6
Total rappels 1 à 5	40	25
Rappel différé (20')	8	3

Tableau 12.

Résultats obtenus à une épreuve d'apprentissage de mots couplés, les mots à apprendre variant en terme de familiarité et de fréquence phonotactique (décembre 2002)

<i>Condition</i>	<i>Résultats (normes 12 ans)</i>		
	<i>Mot-mot</i>	<i>Mot-non mot fréquence phonotactique faible</i>	<i>Mot-non mot fréquence phonotactique élevée</i>
Rappel 1	0	0	0
Rappel 2	2	0	0.5
Rappel 3	4	0	1.5
Rappel 4	4	0	1
Rappel 5	4	0	0.5
Total rappels 1 à 5	14	0	3.5
Rappel différé (20')	4	0	0

Pour l'apprentissage d'une liste de 16 mots (TAVLE ; Closset, Catale & Meulemans, en préparation), également administré lors du bilan pré-rééducation où les performances étaient largement déficitaires, les résultats de Z.F. se sont fortement améliorés et se situent dans les normes pour toutes les conditions (apprentissage, rappel différé et reconnaissance). Z.F. explique qu'elle a spontanément utilisé une stratégie de visualisation mentale lors de l'apprentissage de la liste de mots. L'analyse des résultats montre en effet que, lors des différents rappels, l'indice de regroupement sériel (7.31) est plus élevé que l'indice de regroupement sémantique (1.02) ; ce qui permet de penser que l'apprentissage de la liste s'est fait via l'apprentissage sériel d'une liste d'images mentales plutôt que via des regroupements sémantiques plus abstraits. Z.F. semble donc avoir procédé à un transfert de la méthode

apprise en rééducation pour l'apprentissage à long terme de mots. Cette hypothèse est confirmée pour l'apprentissage des listes de mots variant en terme du degré d'imagerie. En effet, on observe ici un effet d'imagerie très important ($\chi^2_{(1)}=12.46$, $p<.001$), avec un apprentissage très rapide de la liste de 9 mots concrets et des faibles capacités d'apprentissage s'améliorant peu à travers les différents essais d'apprentissage pour les mots abstraits. Z.F. explique ici clairement que la tâche d'apprentissage de mots à degré d'imagerie faible est très difficile pour elle car ne s'agissant pas d'objets, elle est mise en grande difficulté pour créer des images mentales et dès lors mémoriser les mots. Pour l'apprentissage de mots à degré d'imagerie élevé, Z.F. dit qu'elle a le plus souvent créé une image mentale du mot ou qu'elle a associé le mot à un contexte émotionnel (par exemple : « Noël, j'aime bien »). Elle explique aussi qu'il y a un mot qu'elle ne connaissait pas, et étant dès lors dans l'impossibilité de créer une image, elle se le répétait mentalement et le rappelait en premier lieu. Finalement, lors de l'apprentissage de mots couplés, Z.F. présente des performances parfaites pour l'apprentissage d'associations entre mots familiers. Par contre, l'apprentissage est nul pour les paires de mots-pseudo-mots de fréquence phonotactique faible et quasi nul pour les paires de mots-pseudo-mots de fréquence phonotactique élevé. Ces résultats confirment d'une part le transfert de la stratégie de rééducation pour la mémorisation à long terme, ainsi qu'une impossibilité à apprendre à long terme des informations qui ne peuvent pas être maintenues en MCT.

Evaluation langagière

Les performances langagières ont également été réévaluées lors de plusieurs examens après la rééducation. Ces résultats sont présentés de façon synthétique dans le Tableau 13.

Tableau 13.

Résultats obtenus par Z.F. aux épreuves de langage avant l'accident ainsi qu'avant et après la rééducation

<i>Epreuves de langage</i>	<i>Avant l'accident</i>	<i>Après l'accident</i>	<i>Après rééducation</i>		<i>Normes</i>
	<i>oct.1999</i>	<i>Nov. 2000</i>	<i>sept 2001</i>	<i>août 2002</i>	
- Dénomination d'images (Bachy 1987)	---	16/36**	29	31	32.25 ± 1.50 ²
- Fluence verbale (2')					
o Sémantique (animaux)	---	3**	---	23	24.65 ± 5.16 ²
o Phonémique (P)	---	0**	---	7**	14.05 ± 3.03 ²
- Vocabulaire (WISC-III ; Wechsler, 1996)	9	9	9	8	10 ± 3
- Compréhension orale (ELOLA, De Agostini, 1998)	---	7/21**	---	---	20.2 ± 0.60 ²
- Compréhension orale (ECOSSE, Lecocq, 1996)	---	---	42/52 (P10-25)	47/52 (P50)	
- Lecture (Belec: MIM, Mousty et coll., 1994)					44.74 ± 3.07 ¹
o mots	41/48 *	---	36/48**	40/48*	18.82 ± 3 ¹
o non-mots	13/24 *	---	11/24**	18/24	
- Ecriture (Belec: Ortho 3, Mousty et coll., 1994)					30.70 ± 4.35 ¹
o mots fréquents	21/36**	---	18/36**	25/36*	18.71 ± 5.49 ¹
o mots rares	11/36*	---	8/36**	13/36*	

¹ normes pour des enfants de 4^{ème} année primaire / ² normes pour des enfants de 10 ans

* -1 standard deviation / ** -2 standard deviation

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'ensemble des mesures langagières s'est rapidement normalisé après l'accident. On note uniquement encore une faiblesse pour les fluences phonémiques ainsi que la lecture et l'orthographe, ces aspects étant déjà déficitaires avant l'accident, alors que la MCT phonologique était préservée à ce moment. Ainsi les difficultés langagières qui s'étaient accentuées durant les premières semaines après l'accident ne peuvent pas être tenues comme responsables du déficit persistant et sévère au niveau du stockage phonologique à court terme.

Mémoire à court et long terme visuo-spatiale

Pour des raisons d'exhaustivité, les performances aux tâches de MCT et de mémoire à long terme visuo-spatiales ont également été ré-évaluées. Comme indiqué dans les Tableaux 14 et 15, les performances aux tâches de mémoire visuo-spatiale se sont maintenues à des niveaux de performance élevés, avec des capacités légèrement supérieures à la moyenne 1 an après la rééducation, témoignant de capacités visuo-spatiales très développées.

Tableau 14.

Résultats obtenus aux épreuves évaluant le registre visuo-spatial de la mémoire de travail avant et après la rééducation neuropsychologique

Epreuves	Résultats post-traumatiques			Normes
	Avant rééducation	Après rééducation		
	Novembre 2000	Août 2001	Août 2002	
Empan séquentiel (Corsi ; Milner, 1971)	6	6	6	4,9 ± 0,8 ¹
Empan simultané (Span; Wilson, 1993)	7		11	8,75 ± 1,62 ²

¹ Normes pour des enfants de 10 ans / ² Normes pour des enfants de 12 ans

Tableau 15.

Résultats obtenus aux épreuves de mémoire à long terme visuo-spatiale avant et après la rééducation neuropsychologique

<i>Epreuve</i>	<i>Avant rééducation Novembre 2000</i>	<i>Après rééducation Août 2002</i>	<i>Normes (adultes)</i>
Séquentiel (BTT en apprentissage) :			
- nombre d'essais	--	10	--
- score	--	27.19	23.14 ± 5.67
Simultané (supra-span ; Wilson, 1993) :			
- grille	10	14	--
- nombre d'essais	3	7	6.045 ± 3.125

Bilan général 5 ans plus tard

Nous avons eu l'occasion de revoir Z.F. 5 ans plus tard (en octobre 2006 alors qu'elle venait d'avoir 16 ans) afin d'effectuer un dernier bilan de suivi général. Les résultats sont présentés de façon synoptique dans le Tableau 16, avec en comparaison les évaluations antérieures de 2002. On observe essentiellement un maintien du tableau des résultats déjà observés 1 an après la rééducation, avec des degrés d'imagerie importants à la fois pour le stockage à court et à long termes d'informations verbales, une normalisation des empan verbaux pour du matériel concret et imageable, et une persistance du déficit des capacités de stockage

d'informations phonologiques (mais une augmentation des capacités de stockage sémantique, comme suggéré par un score plus élevé à la tâche d'empan de catégories, mais non à la tâche d'empan de rimes).

Tableau 16.

Résultats obtenus aux épreuves de mémoire à court et à long terme en décembre 2002 (ou septembre 2001) et en octobre 2006.

<i>Condition</i>	<i>Résultats</i>			
	<i>Simple</i>		<i>Complexes</i>	
<i>Empans de non-mots (Poncelet & Van der Linden, 2003)</i>	2002	2006	2002	2006
Longueur	3	4	2	3
Nombre d'items	5	8	3	4
Nombre de syllabes	17	42	7	18
<i>Empan de chiffres</i>	<i>Ordre Direct</i>		<i>Ordre Inverse</i>	
	2002	2006	2002	2006
	5	4	4 (5)	5 ²
<i>Empans de mots (longueur)</i>	<i>Courts</i>		<i>Longs</i>	
	2002	2006	2002	2006
	4/6	6	3/6	5
<i>Empans de mots (similarité)</i>	<i>Dissimilaires</i>		<i>Similaires</i>	
	2002	2006	2002	2006
	4/6	7	3/6	5
<i>Rappel sériel immédiat (imagerie)</i>	<i>Imagerie élevée</i>		<i>Imagerie faible</i>	
	2002	2006	2002	2006
	6	7	2	3
<i>Empans de Catégories</i>	<i>Réponses correctes</i>			
	2001	2006		
Longueur 1	4/4	4/4		
Longueur 2	5/6	6/6		
Longueur 3	4/6	6/6		
Longueur 4	6/7	6/7		
Longueur 5	5/7	7/7		
Longueur 6	6/7	7/7		
Total	30/37	36/37		
<i>Empans de Rimes</i>	<i>Réponses correctes</i>			
	2001	2006		
Longueur 1	4/4	4/4		
Longueur 2	6/6	6/6		
Longueur 3	6/6	6/6		
Longueur 4	6/7	5/7		
Longueur 5	4/7	6/7		
Longueur 6	5/7	4/7		
Total	31/37	31/37		

² Z.F. explique qu'il est plus facile pour elle de répéter les chiffres à l'envers qu'à l'endroit car, à l'endroit, le temps qu'elle répète les premiers, elle a déjà oublié le dernier ; par contre, à l'envers, il lui suffit de répéter le dernier « son » qu'elle a entendu puis de se rappeler les autres.

<i>Apprentissage (mots couplés)</i>	<i>Mot-mot</i>		<i>Mot-non mot fréquence phonotactique faible</i>		<i>Mot-non mot fréquence phonotactique élevée</i>	
	2002	2006	2002	2006	2002	2006
Rappel 1	0	1	0	0	0	0
Rappel 2	2	4	0	0	0.5	0.5
Rappel 3	4	4	0	0.5	1.5	1
Rappel 4	4	4	0	1	1	1.5
Rappel 5	4	4	0	2	0.5	3
Total rappels 1 à 5	14	17	0	3.5	3.5	6
Rappel différé (20')	4	4	0	0	0	1
<i>Apprentissage (degré d'imagerie)</i>	<i>Imagerie élevée</i>		<i>Imagerie faible</i>			
	2002	2006	2002	2006		
Rappel 1	7	8	4	3		
Rappel 2	7	9	4	6		
Rappel 3	9	9	5	8		
Rappel 4	9	8 ³	6	7		
Rappel 5	8	9	6	7		
Total rappels 1 à 5	40	43	25	31		
Rappel différé (20')	8	9	3	5		

Six ans après son accident et 5 ans après avoir bénéficié de cette rééducation portant sur la mémoire phonologique à court terme, Z.F. explique qu'elle continue à exploiter quotidiennement la technique de mise en image des informations à retenir (que ce soit pour une courte ou pour une longue période de temps). Elle signale aussi qu'elle trouve dommage que cette méthode ne s'applique pas à tous les types d'informations (comme des notions plus abstraites par exemple). Sur le plan scolaire, Z.F. a redoublé la 5^{ème} année primaire (CM2), année qu'elle débutait au moment de l'accident (survenu en novembre). Z.F. a ensuite poursuivi ses études secondaires dans l'enseignement général (orientation scientifique). Elle a changé d'école et débute actuellement une 4^{ème} générale dans l'option Arts Plastiques. Elle explique que durant ses 3 premières années d'humanités elle a continué à présenter des difficultés scolaires, surtout pour les cours des sciences et de mathématiques. En chimie, elle était incapable de mémoriser seule. Son père (médecin spécialiste) l'aidait à organiser et à mettre la matière en images : il lui faisait des schémas qu'elle mémorisait ensuite. En physique, elle explique qu'elle ne comprenait pas toujours les énoncés des exercices à réaliser mais qu'elle connaissait ses formules par cœur à force de les appliquer. En mathématiques, les théorèmes étaient sa hantise : elle ne comprenait pas les phrases et l'étude mot à mot n'était possible qu'à force d'un travail de répétition acharné. En anglais, elle étudie les temps primitifs en les écrivant plusieurs fois et les mémorise relativement aisément. Elle explique qu'elle arrive à apprendre le vocabulaire à force de lire et d'écrire les mots ; elle essaye également de faire des liens avec des mots français qu'elle connaît. A ces difficultés s'ajoutent des problèmes de compréhension des cours qui se donnent uniquement de façon orale (lorsque le professeur n'inscrit rien au tableau). Z.F. signale aussi qu'elle est mise en grande difficulté pour l'écriture sous dictée des résumés faits par l'enseignant si rien n'est inscrit au tableau ; dans ces situations, elle ne peut écrire que des parties de phrases et doit ensuite se remettre en ordre en recopiant les notes d'un autre élève. Par ailleurs, lorsqu'elle est confrontée à un mot nouveau qui comporte plus de 3 syllabes, elle n'arrive pas à le répéter et ne peut l'apprendre que lorsqu'il est écrit et qu'elle peut le lire. Enfin, parmi ses activités extra-scolaires, Z.F. a fait du théâtre. Elle rapporte que la mémorisation de ses textes n'était

³ Z.F. a fait une erreur montrant bien qu'elle a fonctionné par imagerie. Elle a rappelé « bateau » à la place de « navire ».

pas toujours aisée, elle se basait souvent sur le contexte et savait qu'elle ne disait pas toujours les bons mots (mais ne s'inquiétait pas car le sens de la phrase y était).

CONCLUSION GENERALE

Le travail rapporté ici illustre la prise en charge d'un déficit du stockage à court terme d'informations phonologiques en mettant en place une stratégie compensatoire exploitant les capacités préservées au niveau des connaissances sémantiques, des capacités de stockage temporaire sémantique et visuo-spatial. L'effet persistant des variables sémantiques et visuelles (effet de concrétude, erreurs sémantiques) dans les tâches de MCT, avec normalisation des performances pour tout matériel dont les connaissances sémantiques peuvent facilement être activées et transformées en image visuelle mentale, ainsi que les rapports verbaux de Z.F. elle-même, indiquent que c'est bien la stratégie de rééducation mise en place ici qui est responsable de l'amélioration des performances en MCT verbale. La persistance d'un déficit sévère du stockage phonologique à court terme, malgré une normalisation des performances langagières plus générales, indique également que la composante supposée être déficitaire, la MCT phonologique, ne s'est pas du tout rétablie. Notre stratégie de rééducation semble donc avoir été efficace, en restant dans les limites des objectifs initialement posés, et spécifique. En même temps, les données illustrant la spécificité de notre rééducation en soulignent les limites. En effet, Z.F. reste en difficulté dans toutes les situations où une compensation via double codage sémantico-visuel n'est pas possible, avec des répercussions sur les performances cognitives dans la vie quotidienne scolaire et sociale.

La rééducation proposée ici étant efficace et spécifique, en vaut-elle la peine, vu les limites de ce type de stratégie compensatoire ? Nous sommes enclins à répondre par l'affirmative pour les raisons suivantes. Tout d'abord, une normalisation des empan verbaux lexico-sémantiques a pu être obtenue, et ceci relativement vite après une rééducation d'une durée limitée (16 séances de rééducation réparties sur 3 mois). Ainsi le rapport coût/bénéfice de ce type de rééducation nous paraît plus que satisfaisant. Par ailleurs, même si des difficultés persistent indéniablement, la stratégie apprise a néanmoins permis à Z.F. de poursuivre ses études scolaires, en transférant et adaptant la stratégie acquise également pour l'assimilation des apprentissages scolaires (avec également le soutien indispensable de son père). Une rééducation d'une durée relativement courte a donc permis à Z.F. d'obtenir un niveau de performance en MCT verbale normal, du moins lorsque le matériel à mémoriser permet l'utilisation des stratégies compensatoires apprises. Ceci à son tour constitue une aide précieuse pour les activités cognitives quotidiennes, Z.F. utilisant ces stratégies d'une façon très active et régulière.

Cependant, il faut également mentionner le fait que Z.F. dispose de capacités de visualisation et de mémoire à court terme visuelle très développées, qui lui ont certainement permis de bénéficier plus facilement de ce type de rééducation qu'un autre enfant, présentant des habiletés visuelles plus moyennes. De même, l'énorme motivation de Z.F., sa volonté, sa ténacité ainsi que le soutien très actif de ses parents, ont également été indispensables pour le succès de cette rééducation ; les bénéfices retirés de cette thérapie auraient été moindres sans l'investissement personnel important de Z.F. et de ses parents.

En conclusion, nous pensons que le type de rééducation proposé ici est prometteur et pourrait, en conjonction avec des stratégies de rééducation de type 'rétablissement' décrites ailleurs dans cet ouvrage, aboutir à une amélioration considérable des capacités de stockage verbal auprès de patients présentant des déficits de la MCT verbale. Des répliques des résultats décrits ici, obtenus auprès d'un seul patient, sont néanmoins nécessaires afin d'asseoir de façon plus définitive la validité des stratégies de rééducation de la MCT présentées ici.

REMERCIEMENTS

La rédaction de ce travail a bénéficié en partie d'un soutien financier du Fonds National de la Recherche Scientifique, sous la forme d'un mandat de Chargé de Recherches attribué à Steve Majerus.

REFERENCES

- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford, England UK: Clarendon Press/Oxford University Press.
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, *105*, 158-173.
- Bachy, N. (1987). *Approche cognitive des troubles en dénomination de l'aphasie adulte. Création et étalonnage de deux batteries d'analyse*. Unpublished doctoral dissertation: University of Louvain-la-Neuve, Belgium.
- Brickenkamp, R. (1966). *Le test d2 d'attention concentrée*. Paris : Editest.
- Closset, A., Catale, C., & Meulemans, T. (en préparation). *Le Test d'Apprentissage Verbal de Liège pour Enfants (TAVLE)*. Manuscrit en préparation.
- Coyette, F. & van der Kaa-Delvenne, M-A. (1995). La rééducation des troubles mnésiques post-traumatiques. In, C. Bergego & Ph. Azouvi (Eds), *Neuropsychologie des traumatismes crâniens graves de l'adulte*. Paris : Société de Neuropsychologie de Langue Française.
- Dalla Piazza, S. (1994). *Approche neuropsychologique et rétrospective d'un échantillon de prématurés légers, âgés de 6 à 10 ans*. Thèse de Doctorat non publiée, Université de Liège.
- De Agostini, M., Metz-Lutz, M.-N., Van Hout, A., Chavance, M., Deloche, G., Pavao-Martins, I. & Dellatolas, G. (1998). Batterie d'évaluation du langage oral de l'enfant aphasique (ELOLA) : standardisation française (4-12 ans). *Revue de Neuropsychologie*, *8*, 3, 319-367.
- 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
- Francis D.R., Clark N. & Humphreys G.W. (2003). The treatment of an auditory working memory deficit and the implication for sentence comprehension abilities in mild « receptive » aphasia. *Aphasiology*, *17*(8),723-750.
- Lecocq, P. (1996). *E.CO.S.SE. Une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique*. Villeneuve d'Ascq, France: Presses Universitaires du Septentrion.
- L'imagier du Père Castor* (2002) [Cd-Rom]. Editions Montparnasse/Flammarion, France.
- Majerus, S., Gill-Thwaites, H., Andrews, K., & Laureys, S. (2005). Behavioral evaluation of consciousness in severe brain damage. *Progress in Brain Research*, *150*, 397-413.
- Majerus, S., Poncelet, M., Elsen, B., & Van der Linden, M. (2006). Exploring the relationship between new word learning and short-term memory for serial order recall, item recall and item recognition. *European Journal of Cognitive Psychology* (in press)
- Majerus, S., Poncelet, M., Greffe, C., & Van der Linden, M. (2006). Relations between vocabulary development and verbal short-term memory: The relative importance of short-term memory for serial order and item information. *Journal of Experimental Child Psychology*, *93*, 95-119.
- Majerus S., van der Kaa M.A., Renard C., Van der Linden M. & Poncelet M. (2005). Treating verbal short-term memory deficits by increasing the duration of temporary phonological representations: A case study. *Brain and Language*, *95*, 174-175.

- Majerus, S., & Van der Linden, M. (2003). 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., Poncelet, M., & Metz-Lutz, M.-N. (2004). Can phonological and semantic STM be dissociated? Further evidence from Landau-Kleffner syndrome. *Cognitive Neuropsychology*, 21 (5), 491-512.
- Martin, R. C., Lesch, M. F., & Bartha, M. C. (1999). Independence of input and output phonology in word processing and short-term memory. *Journal of Memory and Language*, 41, 3-29.
- Martin, R. C., Shelton, J. R., & Yaffee, L. S. (1994). Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language*, 33, 83-111.
- Milner, B. (1971) Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *Brittish Medical Bulletin*, 27, 272-277.
- Mousty, Ph., Leybaert, J., Alegria, J., Content, A. & Morais, J. (1994). *Batterie d'évaluation du langage écrit et de ses troubles (Belec)*. Bruxelles : Laboratoire de Psychologie Expérimentale (ULB).
- Poncelet, M. & Van der Linden, M. (2003). Evaluation du stock phonologique de la mémoire de travail: élaboration d'une épreuve de répétition de non-mots pour population francophone. *Revue de Neuropsychologie*, 13, 377-407.
- Salthouse, T. A., & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27, 763-776.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 6, 643-661.
- Wechsler, D. (1996). *Echelle d'Intelligence de Wechsler pour Enfants – Troisième Edition (WISC-III)*. Manuel. Paris: Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Wilson, J.T.L. (1993). Visual short term memory. In F.J. Stachowiack (Ed.). *Development in the assessment and rehabilitation of brain damaged patients*. Tübingen: Gunter Narr Verlag.