



# Évaluation et rééducation de la mémoire de travail après chirurgie éveillée de gliomes infiltrants

Barbara Bismuth, Anaïs Chabot

## ► To cite this version:

Barbara Bismuth, Anaïs Chabot. Évaluation et rééducation de la mémoire de travail après chirurgie éveillée de gliomes infiltrants. Sciences cognitives. 2015. dumas-01212341

**HAL Id: dumas-01212341**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01212341>**

Submitted on 26 Oct 2015

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

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

ACADEMIE DE PARIS  
UNIVERSITE PARIS VI PIERRE et MARIE CURIE  
MEMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

**Évaluation et rééducation de la mémoire de travail  
après chirurgie éveillée de gliomes infiltrants**

**Directeurs de mémoire :**

Madame Claire VALLAT-AZOUVI

Madame Odile RIGAUX-VIODÉ

Monsieur Johan PALLUD

**Année universitaire 2014-2015**

Barbara BISMUTH

Née le 20 octobre 1989

Anaïs CHABOT

Née le 7 octobre 1982

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier particulièrement nos trois maîtres de mémoire, pour leurs conseils, leur expertise et leur guidance : Madame Claire Vallat-Azouvi pour sa connaissance éclairée sur la mémoire de travail, la méthodologie en neuropsychologie et sa disponibilité notamment lors de la dernière ligne droite, Madame Odile Rigaux-Viodé pour son analyse clinique et sa connaissance des patients, Monsieur Johan Pallud pour nous avoir apporté l'éclairage scientifique dont nous avons besoin. Notre reconnaissance est absolue.

Merci également à tous les professionnels que nous avons croisés cette année et qui nous ont toujours reçues et orientées avec bienveillance, notamment Madame Marion Chardin, Madame Muriel Roche-Jossier, et Madame Flavie Angoustures.

Nous avons une pensée particulière pour les trois patients que nous avons fréquentés ardemment pendant trois mois ! Malgré leurs nombreuses occupations quotidiennes, ils ont su nous faire une place dans leur emploi du temps, et nous les en remercions chaleureusement. Ce fut une riche expérience professionnelle et humaine...

Merci encore aux hasards de la vie qui ont engendré ce binôme de choc ! Quel bonheur !

Quant à nos proches, nous espérons avoir l'occasion, à l'avenir, de leur prouver notre gratitude et notre affection.

Barbara Bismuth

Anaïs Chabot

## **Engagement de non plagiat**

Je soussignée BISMUTH Barbara, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Je soussignée CHABOT Anaïs, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

# TABLE DES MATIÈRES

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCTION.....                                                                   | 1         |
| PARTIE THEORIQUE .....                                                              | 2         |
| <b>PREMIÈRE PARTIE : GLIOMES INFILTRANTS ET RÉPERCUSSIONS COGNITIVES</b>            |           |
| (Anaïs Chabot).....                                                                 | 2         |
| <b>A. Les gliomes infiltrants.....</b>                                              | <b>2</b>  |
| 1. Cadre nosologique.....                                                           | 2         |
| 2. Définition des gliomes infiltrants .....                                         | 3         |
| 3. Épidémiologie.....                                                               | 3         |
| 4. Hypothèses étiologiques .....                                                    | 4         |
| 5. Localisation .....                                                               | 4         |
| 6. Présentation clinique .....                                                      | 5         |
| 7. Neuroplasticité et infiltration tumorale.....                                    | 5         |
| <b>B. Prise en charge médicale.....</b>                                             | <b>6</b>  |
| 1. L'exérèse chirurgicale en condition éveillée .....                               | 6         |
| 2. Traitements complémentaires.....                                                 | 7         |
| 3. Conséquences neuropsychologiques .....                                           | 8         |
| <b>C. La rééducation cognitive post-opératoire.....</b>                             | <b>9</b>  |
| 1. Hétérogénéité des pratiques.....                                                 | 9         |
| 2. Intérêt de la rééducation .....                                                  | 9         |
| 3. Objectiver les troubles : quelle évaluation ?.....                               | 10        |
| 4. La rééducation .....                                                             | 11        |
| <b>DEUXIÈME PARTIE : LA MÉMOIRE DE TRAVAIL (Barbara Bismuth).....</b>               | <b>11</b> |
| <b>A. Modèle théorique de référence.....</b>                                        | <b>11</b> |
| 1. La mémoire de travail, un concept aux nombreuses évolutions .....                | 11        |
| 2. Les composantes de la mémoire de travail d'après le modèle de Baddeley .....     | 12        |
| a. L'administrateur central.....                                                    | 12        |
| b. La boucle phonologique.....                                                      | 13        |
| c. Le calepin visuo-spatial.....                                                    | 14        |
| d. Le buffer épisodique .....                                                       | 15        |
| <b>B. Les autres modèles cognitifs .....</b>                                        | <b>16</b> |
| 1. Lien entre mémoire de travail et mémoire à long terme.....                       | 16        |
| a. Le modèle interactif de Cowan .....                                              | 16        |
| b. Le modèle SPI (Sériel Parallèle Indépendant) de Tulving.....                     | 17        |
| c. Le modèle MNESIS de Eustache et Desgranges .....                                 | 17        |
| 2. Lien entre mémoire de travail et fonctions exécutives .....                      | 18        |
| a. Le modèle de Miyake.....                                                         | 18        |
| b. Le modèle de Norman et Shallice.....                                             | 19        |
| 3. Lien entre la mémoire de travail et le contrôle attentionnel .....               | 19        |
| a. Le modèle de Van Zomeren et Brouwer .....                                        | 20        |
| b. Mémoire de travail et attention divisée.....                                     | 20        |
| <b>C. Évaluation et rééducation de la mémoire de travail (partie commune) .....</b> | <b>21</b> |
| 1. Importance de la mémoire de travail .....                                        | 21        |
| 2. Évaluation de la mémoire de travail .....                                        | 21        |
| a. Évaluation de l'administrateur central.....                                      | 22        |
| b. Évaluation de la boucle phonologique.....                                        | 22        |
| c. Évaluation du calepin visuo-spatial .....                                        | 23        |
| d. Évaluation du buffer épisodique .....                                            | 23        |
| e. Tâches non spécifiques de la mémoire de travail.....                             | 23        |
| f. Questionnaires écologiques .....                                                 | 24        |

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3. Rééducation de la mémoire de travail .....                                       | 24        |
| <b>TROISIÈME PARTIE : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES (partie commune) .....</b>            | <b>26</b> |
| <b>A. Problématique .....</b>                                                       | <b>26</b> |
| <b>B. Objectifs .....</b>                                                           | <b>26</b> |
| <b>C. Hypothèses .....</b>                                                          | <b>26</b> |
| 1. Hypothèses formulées pour l'évaluation.....                                      | 26        |
| 2. Hypothèses formulées pour la rééducation.....                                    | 27        |
| <b>PARTIE PRATIQUE (partie commune) .....</b>                                       | <b>28</b> |
| <b>PREMIÈRE PARTIE : MÉTHODOLOGIE .....</b>                                         | <b>28</b> |
| <b>A. Méthodologie de l'évaluation .....</b>                                        | <b>28</b> |
| 1. Population.....                                                                  | 28        |
| a. Patients .....                                                                   | 28        |
| b. Sujets contrôles .....                                                           | 28        |
| 2. Matériel .....                                                                   | 29        |
| a. Évaluation de la boucle phonologique .....                                       | 29        |
| b. Évaluation du calepin visuo-spatial .....                                        | 30        |
| c. Évaluation de l'administrateur central .....                                     | 31        |
| d. Évaluation des plaintes .....                                                    | 31        |
| 3. Procédure.....                                                                   | 32        |
| a. Généralités .....                                                                | 32        |
| b. Conditions de passation aux patients .....                                       | 32        |
| c. Conditions de passation aux sujets contrôles .....                               | 32        |
| <b>B. Méthodologie de la rééducation .....</b>                                      | <b>32</b> |
| 1. Population.....                                                                  | 32        |
| 2. Matériel .....                                                                   | 33        |
| a. Entraînement de la boucle phonologique et de l'administrateur central .....      | 33        |
| b. Exercices sollicitant l'AC et les fonctions exécutives .....                     | 34        |
| c. Exercices sollicitant le calepin visuo-spatial et l'administrateur central ..... | 35        |
| d. Ajout d'un exercice hors protocole.....                                          | 35        |
| e. Relevé des scores .....                                                          | 36        |
| 2. Procédure.....                                                                   | 36        |
| a. Généralités .....                                                                | 36        |
| b. Conditions de rééducation.....                                                   | 36        |
| c. Méthodologie d'évaluation de l'efficacité de la rééducation .....                | 36        |
| i. Ligne de base .....                                                              | 36        |
| ii. Mesures pendant la rééducation .....                                            | 38        |
| iii. Mesures post-thérapie .....                                                    | 38        |
| <b>DEUXIÈME PARTIE : ANALYSE DES RÉSULTATS.....</b>                                 | <b>38</b> |
| <b>A. Généralités .....</b>                                                         | <b>38</b> |
| <b>B. Évaluation .....</b>                                                          | <b>39</b> |
| 1. Description de la population et effet d'âge, de sexe, et de niveau d'étude.....  | 39        |
| 2. Analyse des résultats .....                                                      | 39        |
| a. Les empans de chiffres.....                                                      | 40        |
| b. Les empans de mots.....                                                          | 41        |
| c. Empans de lettres .....                                                          | 41        |
| d. Empans visuo-spatiaux séquentiels.....                                           | 42        |
| e. Empans visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance.....                          | 42        |
| f. Paradigme de Brown-Peterson .....                                                | 43        |
| g. Lecture de texte (BEN) .....                                                     | 43        |
| h. Épreuves et questionnaire normés .....                                           | 43        |
| <b>C. Efficacité de la rééducation .....</b>                                        | <b>44</b> |

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Comparaison statistique intergroupe .....                                                     | 44        |
| a. Analyse des critères principaux .....                                                         | 44        |
| 2. Comparaison visuelle intra-groupe rééduqué .....                                              | 47        |
| a. Analyse des mesures pendant.....                                                              | 47        |
| i. Exemples d'exercices sollicitant la BP et l'AC .....                                          | 47        |
| ii. Exemples d'exercices sollicitant le CVS et l'AC : .....                                      | 49        |
| b. Analyse des effets de la rééducation .....                                                    | 50        |
| <b>TROISIÈME PARTIE : DISCUSSION .....</b>                                                       | <b>52</b> |
| <b>A. Discussion de la partie « évaluation » .....</b>                                           | <b>52</b> |
| 1. Vérification des hypothèses formulées pour l'évaluation .....                                 | 52        |
| a. Hypothèse de déficit de certaines composantes et sous-composantes spécifiques de la MDT ..... | 52        |
| b. Hypothèse de sensibilité de certaines épreuves .....                                          | 54        |
| 2. Confrontation avec les données de la littérature.....                                         | 54        |
| <b>B. Discussion de la partie « rééducation ».....</b>                                           | <b>55</b> |
| 1. Vérification des hypothèses formulées pour la rééducation .....                               | 55        |
| a. Hypothèse d'efficacité .....                                                                  | 55        |
| b. Hypothèse de spécificité .....                                                                | 56        |
| c. Hypothèse de transfert en vie quotidienne .....                                               | 56        |
| 2. Confrontation avec les données de la littérature.....                                         | 57        |
| <b>C. Limites de l'étude .....</b>                                                               | <b>58</b> |
| <b>D. Perspectives.....</b>                                                                      | <b>59</b> |
| <b>CONCLUSION.....</b>                                                                           | <b>60</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>                                                                       | <b>61</b> |
| <b>ANNEXES.....</b>                                                                              | <b>74</b> |

### **Liste des annexes**

ANNEXE A : Extraits des épreuves d'empans pour l'évaluation, Version Vallat-Azouvi 2007

ANNEXE B : Tableau descriptif des sujets-contrôles

ANNEXE C : Tableau de résultats des patients et contrôles à l'évaluation pré-thérapie

ANNEXE D : Résultats complémentaires de la ligne de base pour les 6 patients entrant dans le protocole de rééducation

ANNEXE E : Résultats post-thérapie des 6 patients à toutes les épreuves

## **Liste des tableaux**

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1: Présentation patients 1 à 6 .....                                           | 39 |
| Tableau 2 : Présentation patients 6 à 10 .....                                         | 39 |
| Tableau 3 : Empans de mots longs, moy et ET, valeurs de F et p.....                    | 41 |
| Tableau 4: Tâches normées, moyenne des scores et ET à l'évaluation .....               | 44 |
| Tableau 5 : Empans de chiffres endroit, différences intergroupe après rééducation..... | 44 |
| Tableau 6 : Empans visuo-spatiaux séquentiels, différences intergroupes.....           | 46 |
| Tableau 7: Score au questionnaire des plaintes en MDT, différences intergroupes.....   | 46 |

## **Liste des figures**

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1: Score sur 5 des groupes aux différentes tailles d'empans de chiffres (1 à 8) .....                       | 40 |
| Figure 2 : Moyenne sur 5 des 2 groupes aux empans de chiffres endroit-envers.....                                  | 40 |
| Figure 3: Score sur 4 des 2 groupes aux mots courts et longs pour chaque taille d'empan (2 à 6) ..                 | 41 |
| Figure 4 : Score sur 5 des 2 groupes aux EVS Séquentiels endroits et envers, à chaque taille d'empan (2 à 8) ..... | 42 |
| Figure 5 : Score sur 5 pour les 2 groupes aux EVS Simultanées en reconnaissance, par taille d'empan (2 à 9) .....  | 42 |
| Figure 6 : %age de réussite des 2 groupes au Brown-Peterson, pour chaque tâche interférente.....                   | 43 |
| Figure 7 : Taille de l'empan de chiffres envers, effet intergroupe avant-après .....                               | 45 |
| Figure 8 : Brown-Peterson, effet intergroupe pour les 4 tâches interférentes .....                                 | 45 |
| Figure 9 : Empans de mots longs, pourcentage de réussite, effet intergroupe avant-après .....                      | 47 |
| Figure 10 : Intra-rééducation : Reconstitution de mots à partir de syllabes pour chaque patient.....               | 48 |
| Figure 11 : Intra-rééducation : Arrangement de mots pour chaque patient.....                                       | 48 |
| Figure 12 : Intra rééducation : Déplacement sur échiquier et cube .....                                            | 49 |
| Figure 13 : Intra-rééducation : Calculatrice.....                                                                  | 50 |
| Figure 14 : Empans de chiffres envers : effets de la thérapie intra-groupe sur 2 mesures .....                     | 50 |
| Figure 15 : EVS séquentiels : effet de la thérapie intra-groupe sur 2 mesures.....                                 | 51 |
| Figure 16 : Brown-Peterson : effet de la thérapie intra-groupe sur les séries 3 et 4.....                          | 51 |
| Figure 17 : Plaintes en MDT, effet de la thérapie intra-groupe.....                                                | 52 |



### **Liste des abréviations :**

**AC** : Administrateur Central

**AVC** : Accident Vasculaire Cérébral

**BDAE** : Boston Diagnostic Aphasia Examination

**BP** : Boucle Phonologique

**CVS** : Calepin Visuo-Spatial

**DO 80** : Épreuve de Dénomination Orale de 80 images

**ET** : Écart-Type

**MDT** : Mémoire De Travail

**MIBIB** : Milano-Bicocca Battery

**MLT** : Mémoire à Long Terme

**MNESIS** : Modèle Néo-Structural et Inter-Systémique de la mémoire

**MT86** : Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**PASAT** : Paced Auditory Serial-Addition Task

**PC** : Patient Contrôle

**PR** : Patient Rééduqué

**PRS** : Système de Représentations Perceptives

**REG** : Réseau d'Étude français des Gliomes

**SAS** : Système Attentionnel Superviseur

**SNC** : Système Nerveux Central

**SPI** : Sériel Parallèle Indépendant

**TAP** : Tests d'Évaluation de l'Attention

**TC** : Traumatisme Crânien

**TMT** : Trail Making Test

**WAIS-R** : Wechsler Adult Intelligent Scale-Revised

# INTRODUCTION

Les gliomes cérébraux chez l'adulte sont des tumeurs infiltrantes dont l'évolution progressive permet à l'encéphale, par des processus de plasticité et de connectivité, de compenser les altérations fonctionnelles engendrées par l'infiltration tumorale. La chirurgie de résection constitue leur premier traitement oncologique et sa réalisation impose d'équilibrer la balance onco-fonctionnelle : retirer le plus possible de cerveau infiltré par le gliome tout en préservant les aires cérébrales éloquentes. Malgré des techniques préopératoires et peropératoires de repérage et d'épargne fonctionnels, les patients opérés souffrent de déficits cognitifs modérés qui peuvent retentir sur la vie quotidienne. On observe notamment des déficits langagiers et des troubles de la mémoire de travail après résection chirurgicale. Concernant la mémoire de travail, il existe à l'heure actuelle des programmes de rééducation validés et adaptés à des patients souffrant d'une affection aiguë (accident vasculaire cérébral, traumatisme crânien).

L'objectif de ce mémoire sera, d'une part, de faire un état de lieux précis des déficits en mémoire de travail de l'adulte ayant bénéficié d'une chirurgie de résection de gliome infiltrant avec préservation fonctionnelle peropératoire en condition éveillée. Afin de réaliser une cartographie exhaustive des troubles, nous utiliserons des outils d'évaluation, basés sur le modèle de Baddeley, dont nous testerons également la sensibilité. Puis il conviendra, d'autre part, de vérifier si des programmes de rééducation créés pour répondre aux problématiques des lésions aiguës sont efficaces dans le cadre de lésions cérébrales d'installation progressive. L'efficacité d'un protocole spécifique sera évaluée par le biais d'une étude de groupe préliminaire en méthodologie à deux bras en simple aveugle. Les patients constituant la population de l'étude seront alors répartis aléatoirement en deux groupes, l'un bénéficiant de la rééducation spécifique proposée, l'autre non.

Dans cette étude, nous ferons d'abord le point sur la littérature relative aux gliomes infiltrants : présentation, conséquences neuropsychologiques, prise en charge médicale et paramédicale. Puis nous présenterons les modèles influents de la mémoire de travail, son évaluation et sa prise en charge. La partie pratique sera ensuite l'occasion d'explorer deux versants du traitement orthophonique : tout d'abord évaluer les différentes composantes de la mémoire de travail, analyser les résultats de nos patients au regard d'une population contrôle, tester la sensibilité d'outils d'évaluation, puis étudier l'efficacité d'un protocole de rééducation. Ces résultats devront, pour conclure, être discutés à la lumière des données scientifiques existantes.

# PARTIE THEORIQUE

## PREMIÈRE PARTIE : GLIOMES INFILTRANTS ET RÉPERCUSSIONS COGNITIVES (Anaïs Chabot)

### A. Les gliomes infiltrants

#### 1. Cadre nosologique

Les gliomes sont des tumeurs primitives du Système Nerveux Central (SNC) développées aux dépens de certaines cellules gliales - les astrocytes et les oligodendrocytes - qui constituent le tissu de soutien et d'entretien du cerveau et des neurones (Bauchet et coll., 2007) [23].

Une classification internationale des tumeurs du SNC a été mise au point par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dont la dernière révision a été effectuée en 2007 (Figarella-Branger et coll., 2012). Elle est organisée selon des critères histologiques (type) et de malignité (grade). On peut ainsi observer trois types de gliomes : 1) les astrocytomes, formés à partir des astrocytes, cellules de soutien métabolique et physique des neurones et qui participent à leur bon fonctionnement et à la conduction des informations nerveuses ; 2) les oligodendrogliomes, issus des oligodendrocytes, cellules ayant un rôle essentiel dans la formation de myéline ; 3) les oligoastrocytomes, tumeurs mixtes composées à la fois d'astrocytes et d'oligodendrocytes. Une fois le type histologique défini, le grade de malignité est établi en fonction du degré de différenciation (anaplasie), et de critères histologiques non spécifiques (densité cellulaire, activité mitotique, atypies nucléaires, nécrose, prolifération microvasculaire) (Pallud, 2013) [113]. Il existe alors quatre grades histopronostiques de gravité croissante, allant de I à IV. Le grade I correspond à des gliomes circonscrits et toujours bénins, le grade II à des gliomes infiltrants de bas grade de malignité (oligodendrogliome, astrocytome diffus, oligoastrocytome), les grades III et IV aux gliomes infiltrants malins (oligodendrogliome anaplasique, astrocytome anaplasique, oligoastrocytome anaplasique, glioblastome) (Figarella-Branger et coll., 2012).

Une prochaine révision de la classification de l'OMS aura lieu en 2015. Elle constituera une refonte importante des gliomes infiltrants, en intégrant des données moléculaires (Reuss et coll., 2015) [130].

## **2. Définition des gliomes infiltrants**

Ce mémoire sera délibérément dévolu aux gliomes infiltrants supra-tentoriels chez l'adulte, excluant de fait les gliomes de grade I (qui sont circonscrits), les gliomes du cervelet, ceux du tronc cérébral et les gliomatoses. Plus précisément, nous nous intéresserons à ceux de grade II selon l'OMS, en raison notamment des enjeux onco-fonctionnels de leur prise en charge.

Les gliomes infiltrants de bas grade sont précancéreux. Ils présentent ainsi les caractéristiques suivantes : 1) ils ont une croissance spontanée, continue et systématique avant tout traitement, avec une augmentation de leur diamètre tumoral d'environ 4mm/an, même lorsqu'ils sont asymptomatiques (Mandonnet et coll., 2003 ; Pallud et coll. 2006, 2010, 2013) [95] [107] [111] [113] ; 2) ils infiltrent le parenchyme cérébral au-delà des anomalies de l'imagerie (Pallud et coll., 2010) [110] ; 3) ils se transforment inéluctablement en gliome de plus haut grade de malignité. Cette transformation maligne est génératrice de conséquences fonctionnelles majeures avec l'installation de déficits, d'une hypertension intracrânienne, d'une modification et/ou d'une aggravation de l'épilepsie. Elle aboutit invariablement au décès avec une médiane de survie globale d'environ 10 ans (Baron et coll., 2008) [21].

## **3. Épidémiologie**

L'épidémiologie des tumeurs cérébrales en général est complexe, du fait de l'absence de consensus sur la terminologie employée dans la littérature d'une part, et du faible nombre de registres existants d'autre part (Zouaoui et coll., 2012) [165]. Il existe notamment des discordances de chiffres entre les registres américains et français, et au sein-même des registres français. Le Recensement National des Tumeurs Primitives du Système Nerveux Central a estimé cette incidence à 15,8/100 000 habitants/an (Bauchet et coll., 2007) [23].

Parmi ces tumeurs, les gliomes infiltrants sont les plus fréquents : ils constituent 40 à 50 % des tumeurs du SNC et leur incidence en France est estimée entre 6 et 7,8/100 000 habitants/an (Bauchet et coll., 2007) [23]. En pratique, on estime qu'en France surviennent

chaque année entre 2000 et 3000 nouveaux cas de glioblastomes (grade IV), 800 à 1000 cas de gliomes anaplasiques (grade III), et 500 à 700 cas de gliomes diffus de bas grade (Grade II) (Pallud, 2013) [113]. L'incidence des gliomes a augmenté en France entre les années 1970 et 2000, avec un accroissement annuel observé de 0,5 à 1,5% (Hoffman, 2006) [78]. Cette augmentation s'explique notamment par le vieillissement de la population, l'amélioration des techniques d'imagerie et opératoires permettant un meilleur diagnostic, une meilleure exhaustivité des registres, et l'apparition ou la progression des facteurs de risque aujourd'hui mal connus (Pallud, 2013) [113].

#### **4. Hypothèses étiologiques**

L'étiologie des gliomes infiltrants est aujourd'hui méconnue. Certains facteurs intrinsèques ont toutefois été récemment découverts : il existe une répartition différente des tumeurs cérébrales selon l'ethnie, l'âge, et le sexe. Dolecek et coll. (2012) ont montré qu'aux États-Unis, le risque de développer un gliome infiltrant est largement plus élevé dans la communauté caucasienne que dans celles afro-américaine (rapport de 2 à 2,5), asiatique et amérindienne [53]. Leur étude montre également que les gliomes sont 1,4 à 1,8 fois plus présents chez l'homme que la femme, ce risque étant également corrélé à l'âge, avec environ 4 fois plus de gliomes chez les plus de 65 ans par rapport au moins de 40 ans.

Également, il est estimé que 1% des gliomes seraient liés à des maladies génétiques et que 5% auraient un caractère familial et intéresseraient des familles concernées par plusieurs cas de gliomes. Il existerait, de surcroît, une augmentation du risque en cas d'antécédent de tumeur cérébrale ou de cancer connu chez les parents (Almairac et coll., 2010) [2].

La communauté scientifique s'intéresse en parallèle à la recherche de facteurs extrinsèques, mais les études sont pour le moment contradictoires (Pallud, 2013) [113]. Il faut cependant relever le probable impact délétère de la grossesse sur les gliomes diffus de bas grade (Pallud et coll., 2009, 2010) [108] [109].

#### **5. Localisation**

Au sein des hémisphères cérébraux, les gliomes infiltrants se répartissent proportionnellement au volume des différents lobes. On observe ainsi une prédominance frontale (40%), puis temporale (30%). 14% sont logés dans le lobe pariétal, 3% dans le lobe occipital, et enfin 14% se situent dans les structures profondes, les noyaux gris

centraux. 51% des gliomes sont localisés dans l'hémisphère droit, contre 40% dans l'hémisphère gauche (Larjavaara et coll., 2007 ; Pallud, 2013) [83] [113]. Les gliomes infiltrants de bas grade se situent fréquemment dans des aires cérébrales secondairement fonctionnelles, à proximité immédiate d'une aire fonctionnelle primaire, particulièrement dans la région péri-sylvienne et dans le lobe insulaire (Daumas-Duport et coll., 1997 ; Duffau et coll., 2004) [44] [45] [57].

## **6. Présentation clinique**

Les gliomes infiltrants sont généralement découverts chez des adultes jeunes menant une vie active sur le plan familial, social, et professionnel (Duffau, 2013) [62]. Les symptômes révélateurs ne sont pas spécifiques : ils signent l'infiltration cérébrale tumorale (Pallud, 2013) [113]. Ainsi, la présence de la tumeur est révélée par une crise d'épilepsie inaugurale dans 90% des cas, ou par un déficit neurologique focalisé, un syndrome d'hypertension intracrânienne, des troubles neuropsychologiques, ou même au hasard de la réalisation d'une imagerie cérébrale pour une autre indication (Pallud et coll., 2014) [116]. Si les signes révélateurs sont évocateurs d'une tumeur cérébrale, aucun ne permet d'affirmer le diagnostic de gliome infiltrant et c'est bien la réalisation d'un bilan étiologique comprenant une imagerie cérébrale qui permettra d'affiner le diagnostic. Au final, l'épilepsie et les troubles neuropsychologiques associés à l'épilepsie et aux médicaments antiépileptiques seront les éléments majeurs d'altération de la qualité de vie (Klein et coll., 2003; 2012) [80] [81].

## **7. Neuroplasticité et infiltration tumorale**

La croissance très progressive de la tumeur au fil des années laisse le temps au SNC de se réorganiser au fur et à mesure de l'infiltration tumorale. En effet, une modélisation connexionniste du cerveau a permis de mettre à jour l'organisation du SNC en réseaux parallèles distribués, dynamiques et interactifs, capables de se compenser, du moins dans une certaine limite (Duffau, 2014) [64].

Cette vision connexionniste rejoint un principe hodotopique (« topos », i.e. localisation et « hodos », i.e. chemin) selon lequel les fonctions cérébrales sont sous-tendues par des circuits comprenant à la fois des épices corticaux mais aussi des connexions entre ces « nœuds » matérialisées par des faisceaux d'association de substance blanche. La fonction neurologique naîtrait de la synchronie entre différents épices

temporellement connectés par ces faisceaux à un moment donné (De Benedictis et coll., 2011) [46]. C'est dans ce cadre que peuvent survenir des réorganisations de cartes fonctionnelles au sein des réseaux délocalisés, rendant possibles les mécanismes de neuroplasticité, tant d'un point de vue physiologique (ontogénie, apprentissage) que suite à une lésion cérébrale, dont les gliomes infiltrants sont un exemple (Duffau, 2006, 2008) [59] [60].

C'est la raison pour laquelle il a longtemps été admis que les patients porteurs de gliomes infiltrants ne présentaient aucun déficit des fonctions supérieures. Un examen neurologique standard lors du diagnostic ne révèle d'ailleurs aucun déficit, et ce malgré la fréquente localisation des gliomes infiltrants au sein de régions traditionnellement considérées comme étant « éloquentes » (par exemple région de Broca, insula, aire motrice supplémentaire) (Duffau et coll., 2004; Duffau, 2014) [57] [64]. Mais en pratique, une investigation neuropsychologique approfondie révélera quasi-systématiquement des troubles, avec répercussions sur la qualité de vie (Duffau, 2014; Pallud, 2013) [64] [113]. Ces troubles, qui intéressent généralement les processus attentionnels, la mémoire de travail, les fonctions exécutives, l'apprentissage, voire les aspects émotionnels et comportementaux, ont été retrouvés chez près de 90% des patients avant tout traitement, plaidant en faveur d'un impact négatif des gliomes infiltrants eux-mêmes (Duffau 2014, 2013) [64] [63]. Plus précisément, il a été démontré que ces déficits étaient significativement liés à l'infiltration des voies d'association sous-corticales, et non pas à l'infiltration des régions corticales spécifiques. Pour exemple, la migration du gliome le long du faisceau fronto-occipital inférieur gauche est corrélée à des troubles du traitement sémantique (Almairac et coll., 2014) [1].

## **B. Prise en charge médicale**

### **1. L'exérèse chirurgicale en condition éveillée**

Le geste chirurgical est la première étape de la prise en charge. Il existe deux types d'intervention : la biopsie (à visée uniquement diagnostique) et l'exérèse. Cette dernière constitue à la fois un traitement symptomatique, avec levée de l'effet de masse et ablation des tissus épileptogènes, et oncologique, avec la résection du processus pathologique (Pallud, 2013) [113]. La plus importante étude chirurgicale à propos de 1509 patients adultes porteurs d'un gliome infiltrant de bas grade vient d'être rapportée par le Réseau d'Étude français des Gliomes (REG), et elle a montré une survie médiane de 13 ans par

rapport au premier traitement lorsqu'une exérèse est pratiquée, soit globalement le double si l'on compare à une attitude attentiste sans exérèse (Capelle et coll., 2013 ; Pallud et coll., 2014) [28] [116].

La chirurgie de résection doit être la plus large possible tout en respectant cependant des limites fonctionnelles : le but est de tendre vers une exérèse maximale visant à réduire le risque de transformation maligne, mais tout en préservant la qualité de vie (Duffau, 2012) [61]. C'est cette balance onco-fonctionnelle qui est au cœur des problématiques du neurochirurgen. La résection doit être la plus précise possible tout en respectant les réseaux cortico-sous-corticaux cruciaux (Duffau, 2014) [65]. Dans ce contexte, l'exérèse en condition éveillée avec repérages fonctionnels per-opératoires est la technique la plus adaptée car elle permet des guidages per-opératoires anatomiques et fonctionnels avec un repérage des aires cérébrales fonctionnelles par stimulations électriques directes corticales et sous-corticales (Fontaine et coll., 2008) [70]. La technique consiste à mimer une « *lésion virtuelle transitoire* » d'une partie limitée du cerveau (Duffau et coll., 2008) [60], d'en analyser les conséquences fonctionnelles immédiates (notamment sensori-motrices, langagières, visuo-spatiales, cognitives et émotionnelles) avec l'aide du neuropsychologue ou de l'orthophoniste présent lors de l'intervention, afin de statuer sur l'ablation ou la préservation du tissu stimulé. Les aires fonctionnelles sont ainsi préservées, même si elles sont éventuellement infiltrées par la tumeur gliale (Duffau, 2014) [65].

## **2. Traitements complémentaires**

Les reliquats tumoraux, volontairement conservés afin de limiter les conséquences neuropsychologiques de l'intervention, croîtront de manière constante après la chirurgie (Capelle et coll., 2013 ; Pallud et coll., 2013) [28] [113]. En cas de transformation vers un plus haut grade de malignité, des moyens thérapeutiques complémentaires pourront être engagés (radiothérapie, chimiothérapie systémique). Le contrôle tumoral local, par une combinaison entre ces différentes modalités thérapeutiques, sera alors le principe essentiel du traitement (Pallud, 2013) [113].

La mise en place de traitements antiépileptiques est également au cœur de l'arsenal thérapeutique : l'épilepsie est un trouble fréquent chez les patients porteurs d'une tumeur cérébrale et particulièrement pour les gliomes infiltrants de bas grade. Il est ainsi recommandé de débiter une monothérapie antiépileptique dès la première crise épileptique. En revanche, il n'y a pas d'indication à instaurer un médicament



antiépileptique en prophylaxie primaire en l'absence de crise épileptique (Glantz et coll., 2000) [72].

Les interactions entre les médicaments antiépileptiques et les différents traitements administrés pour la prise en charge du gliome infiltrant peuvent entraîner une diminution des effets anti-tumoral et antiépileptique et majorer leurs toxicités. La prise en charge de l'épilepsie associée aux gliomes infiltrants doit donc se concevoir selon une approche combinée oncologique et fonctionnelle épileptologique (Pallud et coll., 2013, 2014) [115] [116].

### **3. Conséquences neuropsychologiques**

Au-delà des déficits neuropsychologiques objectivés avant opération, la chirurgie de résection et les traitements complémentaires vont impacter le fonctionnement cognitif du patient. En premier lieu, la chirurgie peut contribuer à une augmentation des troubles : les séquelles langagières sont ainsi présentes dans 4% des cas après chirurgie éveillée (Duffau et coll., 2005) [58]. Également, des troubles en Mémoire De Travail (MDT) verbale pourront être aggravés immédiatement après la chirurgie, dans le cas de gliomes présents dans les aires fonctionnelles du langage (Teixidor et coll., 2007) [144]. Pour faire le point sur toutes les séquelles, Arro et Gotis (2014) dressent un inventaire exhaustif des atteintes cognitives, présentes dans les trois mois post-opératoires, recensées dans la littérature scientifique : il y est question de troubles phasiques à type de manque du mot et de troubles des fluences verbales, de la reconnaissance d'images et de mots, de l'attention, de la planification, de la vitesse de traitement, de la mémoire épisodique, de la mémoire de travail, du graphisme et de la transcription [3].

Toutefois, ces troubles induits par la chirurgie sont le plus souvent transitoires grâce à la neuroplasticité cérébrale exacerbée juste après l'opération. Ce phénomène est rendu possible car, d'une part, la chirurgie d'exérèse elle-même peut induire une hyperexcitabilité péri-lésionnelle, comme dans tout traumatisme cérébral, ce qui facilite le démasquage de réseaux latents, comme parfois observé au fur et à mesure de la résection (Duffau, 2001) [56]. D'autre part, les exérèses larges améliorent le contrôle de l'épilepsie dans approximativement 80% des cas, ce qui pourrait améliorer le potentiel de plasticité (Duffau, 2014) [64].

Cependant, l'obligation de mise en place de moyens thérapeutiques complémentaires (radiothérapie, chimiothérapie, médicaments antiépileptiques) sera source de troubles neuropsychologiques additionnels variés, qui seront également à prendre en

compte pour la réhabilitation cognitive du patient. La littérature rapporte des effets néfastes de la radiothérapie sur l'attention (Douw et coll. 2009), et des traitements antiépileptiques sur la vitesse de traitement et les fonctions exécutives, ainsi que sur les fonctions psychomotrices, chez des patients porteurs de gliomes et traités pour l'épilepsie en comparaison à une population saine (Klein et coll., 2003) [54] [80].

Dans ce contexte, il sera nécessaire, pour adapter la prise en charge rééducative du patient, de procéder à un examen neuropsychologique exhaustif, sans préjuger des déficits cognitifs.

## **C. La rééducation cognitive post-opératoire**

### **1. Hétérogénéité des pratiques**

Une enquête en 2012 auprès de 9 centres français pratiquant la chirurgie éveillée de résection des gliomes infiltrants a permis de mettre à jour une importante hétérogénéité des pratiques d'évaluation et de rééducation cognitive post-opératoires (Madec, 2012) [93]. On y apprend notamment que la rééducation orthophonique et neuropsychologique est plus ou moins fréquente chez les patients selon les services : de la majorité des patients à 15% d'entre eux, même si elle est généralement conseillée. Deux structures instaurent également une rééducation systématique d'au moins trois mois s'axant sur l'attention, la mémoire de travail, la pragmatique et la cognition spatiale, quelle que soit la localisation de la tumeur réséquée. Également, certaines structures internalisent la prise en charge post-opératoire quand d'autres proposent un suivi orthophonique en ville (Madec, 2012) [93].

### **2. Intérêt de la rééducation**

Si le phénomène de récupération spontanée joue un rôle dans le recouvrement des capacités cognitives du patient, notamment dans les 3 mois suivant la chirurgie, de nombreux auteurs ont montré l'intérêt d'une rééducation cognitive adaptée, afin de permettre aux patients d'améliorer leur profil neuropsychologique, et de fait d'améliorer leur qualité de vie, par rapport même à leur statut pré-chirurgical (Pouratian et coll., 2003 ; Lemaignan et Quennouelle, 2012) [122] [85]. Moyennant une rééducation fonctionnelle et cognitive individualisée dans la phase post-opératoire précoce, des améliorations neuropsychologiques ont été observées chez 30% des patients à la suite de résection,

notamment concernant la mémoire de travail (Teixidor et coll., 2007) [144]. Un essai randomisé récent a également montré que la rééducation cognitive avait un impact favorable sur les plaintes cognitives à court et long terme, mais aussi sur la fatigue mentale des patients (Gehring et coll., 2009) [71].

### **3. Objectiver les troubles : quelle évaluation ?**

Une évaluation exhaustive précoce sera le préalable indispensable à toute rééducation cognitive, et il est nécessaire de réfléchir à des outils ajustés : les troubles restent souvent sous-estimés ou méconnus, car ils peuvent être masqués par d'autres déficits ou parce qu'ils sont recherchés par des outils inadaptés (Delbeuck, 2009) [47].

La question de l'évaluation cognitive la plus efficace dans le cadre des tumeurs cérébrales est très discutée depuis plusieurs années. L'obstacle principal dans l'élaboration d'une batterie d'évaluation adaptée résiderait dans la gestion de la balance entre rapidité de la passation et sensibilité des tests (Papagno et coll., 2012) [117]. Il semble également que les batteries d'évaluation langagières adaptées en cas de lésions cérébrales aiguës, notamment le Boston Diagnostic Aphasia Examination (BDAE) (Goodglass et coll., 1972), ne seraient pas assez sensibles dans le cas des lésions cérébrales progressives (Papagno et coll., 2012) [74] [117]. C'est pourquoi de nombreux scientifiques s'attellent depuis quelques années à l'élaboration de batteries, mais à notre connaissance aucune encore n'aurait fait l'objet d'une étude randomisée sur une large population.

Papagno et coll. ont ainsi développé en 2012 la Milano-Bicocca Battery (MIBIB), qui se compose des tests suivants [117] : 1) langage : tests de fluence verbale phonémique et sémantique, dénomination sur images de personnes connues, d'objets et d'action, appariement mot/images et phrases/images, désignation d'images selon critères syntaxiques ; 2) mémoire : empan envers et endroit de chiffres, test de Corsi (empan mnésique visuo-spatial) (1972) [36], test d'apprentissage au-delà de l'empan, reproduction de la figure de Rey (1941) [131] ; 3) fonctions exécutives : matrices de Raven (1936) [127], test de Weigl (1941) [160], Wisconsin test (Grant et coll., 1948) [75], matrices attentionnelles, tests de Stroop (1935) [142], Trail Making Test (Reitan, 1944) [128]. Les auteurs proposent également d'inclure des tests complémentaires selon la localisation de la tumeur.

Leroy, en 2010, proposait l'évaluation neuropsychologique suivante [86] :  
1) Latéralité manuelle : Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) [106] ;  
2) Efficience cognitive globale : WAIS-R (Wechsler, 1981) [158] ; 3) Mémoire : mémoire

sémantique de la WAIS R [158], empan de chiffres endroit et envers, test de Corsi (1972) [36] ; 3) langage : compréhension orale et écrite de Chapman et Cook (1923) [30], test de dénomination orale d'image (DO 80) (Deloche et coll., 1997) [52], tests de fluence phonémiques et sémantiques, transcodage ; 4) Calcul ; 5) Praxies gestuelles ; 6) Capacités visuospatiales ; 7) Fonctions exécutives : Paced Auditory Serial-Addition Task (PASAT) (Gronwall, 1977) [76], mouvements alternatifs de l'échelle de Mattis (1976) [96], séquences complexes de Luria (1970) [92], fluences graphiques de Ruff (1985) [132], Wisconsin Test (Grant et coll., 1948) [75], Test de Stroop (1935) [142].

En conclusion, il ressort que certains tests semblent incontournables, quand d'autres pourraient être plutôt liés aux habitudes professionnelles de l'évaluateur.

#### **4. La rééducation**

Une fois les troubles objectivés, la rééducation pourra être effectuée par l'orthophoniste, conjointement ou non au neuropsychologue.

L'orthophoniste pourra alors être amené à prendre en charge un manque du mot, un déficit de la mémoire de travail, un trouble attentionnel, des fonctions exécutives, du calcul, de la cognition spatiale. Une palette d'outils s'offre à lui, notamment et surtout ceux développés pour la rééducation de patients cérébrolésés victimes d'un Accident Vasculaire Cérébral (AVC) ou d'un Traumatisme Crânien (TC), donc de lésions aiguës du SNC. À notre connaissance, ces outils n'ont pas encore fait l'objet d'une validation sur une population victime de lésions cérébrales progressives, comme les gliomes infiltrants.

## **DEUXIÈME PARTIE : LA MÉMOIRE DE TRAVAIL (Barbara Bismuth)**

### **A. Modèle théorique de référence**

#### **1. La mémoire de travail, un concept aux nombreuses évolutions**

Le concept de mémoire de travail recouvre toutes les opérations mentales permettant le maintien des informations, et visant à manipuler ces informations pour la réalisation d'un but (Seron, 2007) [136]. Cette définition est le fruit de nombreuses évolutions du concept au travers des dernières décennies.

Au cours des années 1970, une distinction nette entre mémoire à court terme et mémoire à long terme est admise. Atkinson et Shiffrin (1968, 1971) proposent un modèle sériel de mémoire à court terme contenant trois registres mnésiques : les registres sensoriels, le registre de mémoire à court terme et celui de mémoire à long terme. L'information est en premier lieu traitée par les registres sensoriels puis par le registre à court terme. Enfin, l'information transite vers le registre à long terme. Il était reconnu que plus l'information était maintenue en mémoire à court terme, plus la probabilité d'encoder cette dernière en mémoire à long terme était élevée [5] [6].

Cependant, ce modèle sera contesté à plusieurs reprises. Des cas de patients, comme celui de Shallice et Warrington (1970), ont démontré un déficit de la mémoire à court terme alors que celle à long terme ne montrait pas d'anormalité [138]. D'autres patients ont présenté des déficits inverses. Des cas similaires ont également été décrits par la suite (Basso et coll., 1982) [22]. Cette double dissociation laisse supposer qu'il existe bien deux registres distincts.

Ces observations ont donc donné naissance à un modèle théorique modulaire, celui de la mémoire de travail (Baddeley et Hitch, 1974 ; Baddeley, 2000) [10] [19]. Le concept de mémoire à court terme a ainsi progressivement laissé place à celui de mémoire de travail. La distinction entre mémoire à court terme et mémoire de travail est ainsi aujourd'hui considérée comme historique (Le Bornec et Vallat-Azouvi, 2013) [84]. Le modèle de Baddeley est encore actuellement le plus répandu en neuropsychologie clinique. Il fait intervenir différents composants : l'administrateur central, système de supervision amodal qui contrôle l'activité des deux systèmes esclaves ; la boucle phonologique, destinée au stockage temporaire de l'information phonologique, et le calepin visuo-spatial, destiné au stockage temporaire de l'information visuelle et spatiale. Une quatrième composante est ajoutée au modèle en 2000 par Baddeley lui-même pour pallier les difficultés rencontrées par le modèle initial : le buffer épisodique ou mémoire tampon épisodique, assigné à l'intégration des informations en provenance des différents systèmes esclaves [19].

## **2. Les composantes de la mémoire de travail d'après le modèle de Baddeley**

### **a. L'administrateur central**

L'administrateur central ou « central exécutif » est considéré comme un système de contrôle attentionnel. Il a pour fonction de coordonner les opérations des sous-systèmes

spécialisés, de gérer le passage des informations entre les sous-systèmes et la mémoire à long terme, et de procéder à la sélection de la stratégie la plus efficace en fonction de la situation. En 1986, Baddeley le comparera au système de contrôle attentionnel (SAS) du modèle de Norman et Shallice (1980) [16] [104]. L'administrateur central est décrit comme un système de sous-composantes spécialisées et dissociables (Baddeley, 1996) [17]. Il s'agit de la coordination de deux tâches réalisées simultanément (ou attention divisée), de l'attention sélective et de l'activation / récupération des informations en mémoire à long terme. D'autres fonctions peuvent également lui être attribuées, telles que le processus de gestion de double tâche, de résistance à l'interférence et de mise à jour (Aubin et coll., 2007) [8].

Cependant, dans leur modèle des fonctions exécutives, Miyake et coll. (2000) vont démontrer l'existence de trois fonctions distinctes : l'inhibition, la flexibilité (shifting) et la mise à jour [98]. À cela est ajoutée une quatrième composante : la coordination des tâches doubles. En 2012, Baddeley estime que la flexibilité n'est pas un élément exécutif de l'administrateur central mais qu'il est en constante interaction avec celui-ci [20].

Concernant la localisation anatomo-fonctionnelle, les processus sous-tendus par l'administrateur central seraient situés au niveau des régions préfrontales, cingulaires et pariétales (Brogard et coll., 2007) [26].

### **b. La boucle phonologique**

La boucle phonologique est un système de stockage temporaire de l'information verbale, divisé en deux sous-composantes : le stock phonologique et la récapitulation articulatoire (ou répétition subvocale).

Le stock phonologique est dit « passif » : il reçoit l'information verbale présentée auditivement et la maintient 1,5 à 2 secondes (Baddeley et coll., 1975) [11]. Cependant, l'information verbale peut être rafraîchie grâce à une composante « active » : la récapitulation articulatoire.

L'existence de la boucle phonologique a pu être étayée principalement grâce à quatre facteurs :

1) l'effet de similarité phonologique : le rappel de segments linguistiques phonologiquement proches est inférieur à celui de segments phonologiquement éloignés (Conrad et Hull, 1964 ; Baddeley, 1966), que l'information soit présentée verbalement ou visuellement (Baddeley et coll., 1984) [35] [6] [13]. En neuropsychologie, lorsque l'effet

de similarité phonologique est préservé, on considère que le stock phonologique est intègre [9];

2) l'effet de longueur des mots : Baddeley et coll., (1975) ont montré que le rappel de mots courts est supérieur au rappel de mots longs [11]. Pour d'autres, l'effet de longueur de mots est davantage lié à la gêne engendrée par la récapitulation articulatoire plutôt qu'à la disparition de la trace (Cowan et coll., 1997) [40]. Toutefois, la nature du code phonologique fait débat. En effet, la récapitulation articulatoire n'a pas nécessairement besoin d'une articulation sous-vocale (Baddeley et Wilson, 1985 ; Della Sala et coll., 1991) [14] [49]. De plus, l'effet de longueur de mots présente une variation interindividuelle, due notamment au caractère optionnel de la récapitulation ;

3) l'effet de suppression articulatoire : la répétition d'une syllabe non pertinente « bla, bla, bla » lors d'une tâche de rappel immédiat entrave la performance. La suppression articulatoire annule l'effet de longueur en modalité auditive ou visuelle et l'effet de similarité en modalité visuelle. En revanche, en modalité auditive, l'information verbale atteint directement le stock phonologique (Baddeley et coll., 1984) ;

4) l'effet de l'écoute attentive (ou du discours entendu non écouté) : le rappel sériel immédiat de mots présentés visuellement est perturbé lorsqu'il est présenté simultanément un matériel auditivo-verbal signifiant ou non. Ce matériel intègre le stock phonologique et crée une interférence avec les traces phonologiques des items à rappeler. Plus la similitude phonologique entre le matériel distracteur et les items à rappeler est importante, plus l'effet de l'écoute attentive sera majoré (Salamé et Baddeley, 1982) [133].

Les processus qui sous-tendent la boucle phonologique seraient localisés dans l'hémisphère gauche, au niveau du gyrus supramarginal et du gyrus frontal inférieur (Brogard et coll., 2007) [26].

### **c. Le calepin visuo-spatial**

Le calepin visuo-spatial (CVS) est responsable du stockage à court terme de l'information visuo-spatiale. Il est également impliqué dans la production et la manipulation des images mentales (Hanley et coll., 1991) et est lié aux représentations des mouvements (Shah et Miyake, 1996 ; Miyake et Shah, 1999) [77] [137] [97]. Il gère et coordonne les tâches d'imagerie mentale, de mémorisation visuelle et de recherches visuo-spatiales (Baddeley, 2012) [20]. Ce système serait régulé par deux composantes : une visuelle (un système de stockage passif), l'autre spatiale (une procédure de récapitulation spatiale) (Logie, 1995 ; Logie et Pearson, 1997) [90] [91].

Les études axées sur le CVS se sont intéressées à la mémoire de mouvements spatiaux et de configurations visuelles. Deux systèmes en découlent : l'un dédié au maintien de schèmes visuels, le « visual cache » de Logie (1995), l'autre dédié au maintien de suites de mouvements, le « inner scribe » [90]. Dans des situations de double tâche, un effet d'interférence persiste lors d'épreuves de rétention de patterns spatiaux (Baddeley et coll., 1980 ; Logie et coll., 1990) et d'informations visuelles (Logie, 1986 ; Quinn et coll., 1996) [12] [88] [87] [125].

Pour confirmer cette double dissociation, Logie et Marchetti (1991) ont montré que la présentation d'une tâche interférente visuelle perturbait le stockage d'informations visuelles mais pas celui de schèmes spatiaux [89].

Della Sala et coll., (1999) ont, eux, démontré qu'il était possible d'avoir un déficit dans seulement une des sous-composantes, en détaillant des cas de patients présentant un déficit dans seulement une des deux composantes du CVS [51].

De plus, Logie et Pearson (1997) ont montré que le stockage à court terme de schèmes visuels et spatiaux suit des trajectoires développementales différentes [91].

Le CVS impliquerait des processus localisés au niveau des régions préfrontales, pariétales postérieures et temporales inférieures gauches et/ou droites (Brogard et coll., 2007) [26].

#### **d. Le buffer épisodique**

En 2000, Baddeley ajoute une quatrième composante à son modèle [19]. Le buffer épisodique (ou mémoire tampon épisodique) serait un système à capacité limitée, dédié au stockage et à l'intégration temporaire d'informations multimodales dans une représentation épisodique (Repovs et Baddeley, 2006) mais aussi au maintien d'informations issues des systèmes esclaves et de la mémoire à long terme [129]. Le buffer épisodique permettrait donc de simplifier la résolution de problèmes grâce à l'élaboration de nouvelles représentations cognitives ; mais il permettrait aussi à la mémoire de travail de jouer un rôle important dans l'encodage et la récupération d'informations à partir de la mémoire à long terme (Baddeley, 2000) [19]. En revanche, son fonctionnement est différent de la mémoire épisodique car il s'agit d'un système de stockage temporaire qui peut être intègre chez des patients amnésiques ayant une atteinte de la mémoire à long terme (Eustache et Desgranges, 2003) [67]. Il constitue donc une interface temporaire entre les autres composantes du modèle et la mémoire à long terme. Il serait en lien avec l'expérience consciente personnelle, le monde environnant et les événements passés. Cependant,



d'autres études laissent à penser qu'il existe des moyens de mémorisation qui vont au-delà des deux systèmes esclaves. Ce maintien temporaire de l'information nécessiterait l'activation de plusieurs modalités sensorielles (Zhang et coll., 2004 ; Prabhakaran et coll., 2000) [163] [123].

## **B. Les autres modèles cognitifs**

### **1. Lien entre mémoire de travail et mémoire à long terme**

Le modèle de Baddeley a été et reste un des modèles théoriques les plus influents dans le domaine de la mémoire à court terme. Cependant, certaines données comportementales ont permis de relativiser cette conception en montrant des effets attribuables à la mémoire à long terme lors de la réalisation de tâches de mémoire de travail (Collette, 2001) [34].

#### **a. Le modèle interactif de Cowan**

Le modèle de Cowan (1988, 1993) est un modèle unitaire où la mémoire de travail est intégrée à la mémoire à long terme [38] [39]. Cowan décrit trois sous-systèmes : la mémoire à long terme, la mémoire activée (mémoire de travail) et le focus attentionnel.

Le traitement de l'information débute en mémoire sensorielle où le stockage est limité. Pendant ce temps, l'information en mémoire à long terme est activée. Le stock à court terme devient un registre transitoire de traitement de l'information. Si l'information est familière, le traitement est automatique et inconscient, le stimulus reste en mémoire à long terme. En revanche, si elle est nouvelle, l'information rejoint le focus attentionnel pour être placée sous le contrôle de « l'exécuteur central ». Ce focus attentionnel est de capacité limitée. Cowan considère l'attention comme un mécanisme permettant de réactiver continuellement l'information, l'empêchant ainsi d'entrer dans un processus d'habituation.

Il n'y a pas de duplication des informations sémantiques dans les stocks mnésiques : l'information, qui est déjà dans le stock à long terme, sera récupérée et les informations épisodiques et sémantiques seront activées. Ce modèle rendrait compte, notamment, de l'influence de la mémoire sémantique sur les tâches de mémoire de travail.

### **b. Le modèle SPI (Sériel Parallèle Indépendant) de Tulving**

En 1972, Tulving distingue deux systèmes dans la mémoire à long terme : la mémoire sémantique et la mémoire épisodique [145]. Puis, en 1995, il décrit un modèle structural qui postule que l'information est encodée en mémoire de façon sérielle dans des sous-systèmes mnésiques et que la nature des relations entre les différents systèmes dépend des processus d'encodage, de stockage et de récupération. Il décrit cinq systèmes organisés hiérarchiquement : la mémoire épisodique, la mémoire de travail, la mémoire sémantique, le système de représentations perceptives (PRS) et la mémoire procédurale [147].

La mémoire épisodique est dite « autonoétique » car elle implique une conscience de l'objet et du sujet. La récupération d'informations maintenues en mémoire épisodique nécessite l'intervention de la MDT. Cette dernière est dite « noétique », tout comme la mémoire sémantique, car elles nécessitent une prise de conscience des objets à traiter.

Le système de représentations perceptives, introduit par Tulving en 1985, permet d'améliorer la capacité d'identification perceptive d'un stimulus et sous-tend les effets d'amorçage perceptif et lexical. La mémoire procédurale intervient lors d'apprentissages associatifs simples, de conditionnements ou d'habiletés motrices. Ils sont dits « anéotiques » car ils n'impliquent pas une prise de conscience de l'objet [146].

### **c. Le modèle MNESIS de Eustache et Desgranges**

Le modèle MNESIS de Eustache et Desgranges (2008) intègre les conceptions de Tulving et celles de Baddeley [68]. C'est un modèle néo-structural intersystémique de la mémoire humaine (Eustache et Desgranges, 2003) qui permet de visualiser les relations entre les différents systèmes et sous-systèmes mnésiques [67]. Ce modèle comprend cinq systèmes de mémoire répartis en trois catégories : trois systèmes de représentation à long terme (mémoires perceptive, sémantique et épisodique), la mémoire de travail et la mémoire procédurale.

Les principales relations entre ces trois systèmes de représentation à long terme sont la sémantisation des souvenirs et le phénomène de reviviscence. Ces deux rétroactions soulignent le caractère dynamique et reconstitutif de la mémoire.

La MDT reprend les composantes du modèle de Baddeley : administrateur central, calepin visuo-spatial, boucle phonologique et buffer épisodique. Les liens entre mémoire à long terme et MDT sont présents, le buffer épisodique occupe une place centrale et peut être associé à la notion de conscience de soi.

Les relations avec la mémoire procédurale sont moins bien spécifiées mais semblent toutefois importantes lors de la phase d'apprentissage procédural.

## **2. Lien entre mémoire de travail et fonctions exécutives**

Le concept de fonctions exécutives renvoie à un ensemble de processus dont la fonction première est de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles, et ce notamment lorsque les routines d'actions ou les habiletés cognitives surappries ne peuvent suffire (Van der Linden et coll., 2000) [155].

En 1997, Rabbit propose un ensemble de situations et de critères faisant appel aux fonctions exécutives (les situations nouvelles, la recherche délibérée d'informations en mémoire, la correction d'erreurs, l'inhibition de réponses inappropriées...) [126].

Au cours des dernières décennies, l'interprétation des déficits exécutifs s'est faite sur la base de différents modèles ayant une vision unitaire du fonctionnement exécutif. En 2000, Miyake et ses collaborateurs seront les premiers à se questionner sur l'unité des fonctions exécutives.

### **a. Le modèle de Miyake**

Miyake et coll. (2000) ont cherché à développer une théorie qui spécifie l'organisation des fonctions exécutives et leur rôle dans la cognition complexe [98].

De cette étude ressortent trois fonctions :

- 1) La fonction de shifting permet de passer d'un set cognitif à un autre, soit d'une tâche à l'autre (Monsell, 1996, 2003) [99] [100]. Le processus sous-jacent à cette fonction semble être un désengagement d'une tâche devenue non pertinente et l'engagement immédiat dans une nouvelle tâche pertinente ;
- 2) Les capacités de mise à jour sont fortement liées au concept de mémoire de travail. Morris et Jones (1990) définissent la mise à jour comme le fait d'encoder et de maintenir une nouvelle information pertinente pour une tâche à réaliser et ensuite de modifier cette information en remplaçant les items qui ne sont plus pertinents par de nouveaux items plus pertinents [101];
- 3) L'inhibition correspond à la capacité de s'empêcher volontairement de donner une réponse dominante ou automatique. La notion de contrôle sous-jacente au processus d'inhibition est fondamentale. Miyake et coll., introduisent la distinction entre une

inhibition délibérée et une inhibition « réactive ». Bien que ces deux types d'inhibition soient distingués, ce modèle présente l'inhibition en tant que phénomène attentionnel. Les résultats de l'étude de Miyake révèlent que ces trois composantes sont corrélées mais indépendantes. Les auteurs montrent, de plus, que la quatrième fonction d'attention divisée serait indépendante des trois autres. Ils décrivent donc un « *fractionnement dans l'unitarité* » des fonctions exécutives.

### **b. Le modèle de Norman et Shallice**

Si le modèle de Miyake est une référence aujourd'hui, un autre modèle plus ancien aura permis également d'appréhender les liens entre la MDT et les fonctions exécutives.

Le modèle de Norman et Shallice (1986) comporte trois composantes : les schémas, le gestionnaire des conflits et le système attentionnel superviseur (SAS) [105]. Les schémas sont des unités de connaissances qui contrôlent les séquences d'action ou de pensées, surappries. Ces schémas peuvent être de bas ou de haut niveau. Lorsqu'un schéma de haut niveau est sélectionné, tous les schémas de bas niveau qui lui sont associés sont également activés. Cette activation se fait à partir d'informations perceptives provenant de milieux externe ou interne. L'activation d'un schéma est automatique à partir d'un seuil déterminé. Une fois déclenché, le schéma reste opérant, mais lorsque le but est atteint ou lorsqu'il est inhibé par des schémas concurrents, il est désactivé. Le gestionnaire des conflits assure la coordination des schémas les plus pertinents en regard du but poursuivi. Ce gestionnaire opère sur la base « *d'un processus rapide de déclenchement et de sélection qui possède des règles et des lignes de conduites claires et qui concerne uniquement les situations familières* » (Seron et coll., 1999) [135]. Le système attentionnel superviseur interviendrait lors de situations dangereuses, lors de situations impliquant une planification et/ou une prise de décision, la correction d'erreurs, des nouveaux apprentissages ou encore une inhibition de réponses.

En 1998, Shallice et Burgess ont tenté de préciser l'organisation de ce système. Cette évolution intègre la MDT et l'appréhende comme une capacité qui permet de maintenir actifs les schémas d'actions élaborés pour traiter des situations nouvelles [141].

### **3. Lien entre la mémoire de travail et le contrôle attentionnel**

La première définition de l'attention formulée par James (1890) faisait référence à « *la capacité de sélectionner un évènement ou une pensée et à la maintenir dans le champ de la conscience* » [79]. L'attention était donc envisagée comme un mécanisme unique,

permettant la sélection précoce des informations pertinentes. Dans les années 1970, les travaux ont montré que l'attention permettait aussi le rehaussement de certaines informations et leur maintien pendant la réalisation d'une action (Brogard et coll., 2007) [26].

Aujourd'hui, l'attention est sélective, soutenue, divisée, exogène ou endogène. Elle n'est plus considérée comme une fonction unitaire mais comme un ensemble différencié de processus souvent spécifiques (Camus, 1996), supportés par des réseaux neuronaux distincts [27].

#### **a. Le modèle de Van Zomeren et Brouwer**

Le modèle de Van Zomeren et Brouwer (1994) définit l'attention comme un état cognitif subdivisé en deux domaines : la sélectivité et l'intensité [156].

L'intensité renvoie à l'alerte, la vigilance et l'attention soutenue. L'alerte est le niveau de réceptivité ou de réaction aux stimuli. La vigilance et l'attention soutenue permettent le maintien du niveau d'activité pendant un temps prolongé.

La sélectivité correspond au nombre limité d'informations que le sujet peut traiter. Elle est composée de l'attention sélective (ou focalisée), définie comme la capacité à se fixer sur une source de stimulation ou une activité cognitive ; et de l'attention divisée (ou partagée) qui est la capacité à répondre simultanément à plusieurs demandes.

Le fonctionnement de ces deux domaines serait modulé par le Système Attentionnel Superviseur (SAS) qui fonctionne comme un mécanisme de contrôle de l'attention. Il permet la mise au point de stratégies pour les tâches non routinières et une flexibilité dans la réalisation d'une tâche lorsque toutes les ressources attentionnelles sont utilisées.

#### **b. Mémoire de travail et attention divisée**

L'attention divisée, composante de la sélectivité, serait dépendante de deux mécanismes : la vitesse de traitement de l'information et les stratégies employées pour ce traitement (Shallice, 1988 ; Van Zomeren et Brouwer, 1994) [140] [156].

Concernant la vitesse de traitement, le nombre d'informations que le sujet est capable de traiter conditionne sa capacité à traiter simultanément plusieurs tâches complexes. Le deuxième facteur correspond aux différentes opérations stratégiques qui permettent au sujet de répartir ses ressources attentionnelles entre plusieurs tâches, en fonction de leurs demandes. Parmi les processus impliqués, la flexibilité et la gestion du

temps accordé à chaque tâche sont des exemples de fonctions cognitives permettant la réalisation d'une double tâche.

En 1996, Baddeley formule le lien entre mémoire de travail et attention divisée. En effet, une des fonctions de l'administrateur central est de coordonner l'activité des deux systèmes esclaves. L'attention divisée, quant à elle, permet de coordonner la réalisation de deux activités concurrentes. Le paradigme de double tâche est donc une approche possible pour étudier ces liens. Des travaux chez les patients traumatisés crâniens permettent également de discuter des liens MDT et attention divisée et montrent des dissociations dans des tâches d'attention divisée versus des tâches de MDT (Asloun et coll., 2008) [4].

## **C. Évaluation et rééducation de la mémoire de travail (partie commune)**

### **1. Importance de la mémoire de travail**

La MDT est donc classiquement définie comme un système permettant le maintien et le traitement temporaires de l'information. De surcroît, elle joue un rôle fondamental dans différentes activités de la vie quotidienne comme le raisonnement, la compréhension du langage, l'apprentissage du vocabulaire ou encore la lecture (Le Bornec et Vallat-Azouvi, 2013) [84]. Les données expérimentales, développementales, neuropsychologiques et en neuro-imagerie cérébrale fonctionnelle attestent du lien étroit qu'entretiennent le système de représentations langagières et la mémoire à court terme verbale (Majerus, 2007) [94].

La MDT s'avère être un prérequis indispensable au bon fonctionnement cognitif et les troubles sont fréquents chez les patients cérébro-lésés. Les plaintes de ces patients sont nombreuses et souvent persistantes à distance de l'accident. Elles sont aussi très invalidantes et souvent source de difficultés au décours de la rééducation fonctionnelle et dans l'insertion socio-professionnelle (Le Bornec et Vallat-Azouvi, 2013) [84].

### **2. Évaluation de la mémoire de travail**

L'évaluation clinique de la mémoire doit intégrer les différentes évolutions du concept de « mémoires », tout en s'appuyant sur les modèles décrits. La nécessité d'évaluer les différents sous-systèmes de la MDT apparaît indispensable pour mieux appréhender les outils et méthodes utilisés en rééducation. Cette évaluation doit être intégrée à une évaluation globale des autres fonctions cognitives et psychopathologiques afin de

déterminer la nature des troubles, de guider le choix des stratégies qui seront utilisées et de s'assurer de la préservation des processus cognitifs sur lesquels va s'appuyer la rééducation des processus mnésiques, ou encore d'évaluer la répercussion, notamment, de troubles de l'attention ou des fonctions exécutives sur le fonctionnement mnésique (Le Bornec et Vallat-Azouvi, 2013) [84].

### **a. Évaluation de l'administrateur central**

Pour évaluer l'administrateur central et ses sous-composantes, les tâches utilisées doivent être multiples : 1) l'empan de chiffres envers (WAIS III, Wechsler, 2000) permet l'évaluation du stockage et de la manipulation d'informations [159] ; 2) le paradigme de la double tâche de Baddeley (Baddeley et coll., 1997) a pour objectif d'évaluer la capacité à coordonner deux tâches simultanément [18] ; 3) la tâche de type Brown-Peterson (Peterson et Peterson, 1959) évalue la capacité de stockage et de traitement simultanés de l'administrateur central [118] ; 4) le PASAT (Paced Auditory Serial Addition Test) (Gronwall, 1977) est un test d'attention soutenue permettant d'appréhender les capacités de l'administrateur central [76] ; 5) la TAP est une batterie informatisée d'attention qui comporte un subtest d'évaluation de l'administrateur central de la mémoire de travail dans sa composante de mise à jour (TAP, Zimmermann et Fimm, 2009) [164] ; 6) l' Alpha span (Belleville et coll., 1998) évalue les capacités à stocker et à manipuler en même temps des informations [25] ; 7) l'empan de phrases (Daneman et Carpenter, 1980) est fortement corrélé au niveau de compréhension du langage et permet d'évaluer la capacité à gérer le maintien et le traitement concurrent d'informations verbales [42].

### **b. Évaluation de la boucle phonologique**

Généralement, le fonctionnement de la boucle phonologique est évalué à l'aide de tâches d'empan classique sur du matériel verbal, présentées visuellement et auditivement. Ces tâches permettent de déterminer l'empan mnésique du sujet. Elles ont pour but d'objectiver une atteinte de la MDT, sans spécifier quelle sous-composante est atteinte. Si un déficit est observé, une évaluation approfondie de la boucle phonologique est requise (Belleville et coll., 1992 ; Chatelois et coll., 1993) [24] [31]. Il sera donc nécessaire de rechercher les effets témoignant du bon fonctionnement de ces sous-composants.

L'évaluation du stock phonologique nécessite la recherche de l'effet de similarité phonologique, grâce à une tâche d'empan de lettres proches/éloignées sur le plan

phonologique. L'évaluation de l'autorépétition subvocale nécessite la recherche de l'effet de longueur et l'effet de suppression articulatoire.

### **c. Évaluation du calepin visuo-spatial**

Pour évaluer l'empan visuo-spatial séquentiel, la Planche de Corsi (ou Block Tapping Test) (Corsi, 1972) est régulièrement utilisée, tandis que l'empan visuo-spatial simultané est évalué par le test des Motifs Visuels (Visual Patterns Task), (Della Sala, Gray et coll., 1997) [36] [50]. Ces épreuves permettent d'évaluer les deux sous-composantes du calepin visuo-spatial : les processus spatio-moteurs évalués avec les empan séquentiels et les processus visuels évalués grâce aux empan simultanés.

### **d. Évaluation du buffer épisodique**

Des travaux récents se sont intéressés à l'évaluation spécifique du buffer épisodique. Auparavant, la recherche des différents effets permettait cependant de s'assurer que l'activation d'informations récupérées en mémoire à long terme intervenait dans des tâches de MDT.

En 2013, Quinette et coll. présentent deux épreuves permettant d'évaluer le buffer épisodique : une épreuve d'intégration qui a pour objectif de tester le mécanisme d'association d'informations verbales et spatiales, et une épreuve d'empan multimodal qui vise à estimer les capacités de stockage du buffer épisodique et qui est utilisée conjointement à deux empan, verbal et visuo-spatial [124]

Lors de l'épreuve d'intégration, le sujet devra associer mentalement une lettre et un emplacement. Pour l'épreuve multimodale, le sujet doit fournir une réponse orale pour l'empan verbal, une réponse tactile pour l'empan spatial et une réponse orale plus tactile pour l'empan multimodal.

### **e. Tâches non spécifiques de la mémoire de travail**

Des épreuves complémentaires, non spécifiques de la MDT mais faisant intervenir les processus de mémoire de travail, peuvent être proposées : 1) des épreuves dites « exécutives » de planification : test de la tour de Londres (Shallice, 1982), arrangement d'images (WAIS III, Weschler 2000) ; d'inhibition : test de Stroop (1935), fluences verbales (Cardebat et coll., 1990); 2) des épreuves d'arithmétique (WAIS III, Weschler, 2000) ; 3) des épreuves de compréhension de texte (Test pour l'examen de l'aphasie,



Ducarne de Ribaucourt, 1965 ; MT86, Nespoulous et coll., 1986) [139] [142] [29] [55] [103].

#### **f. Questionnaires écologiques**

Un constat clinique prédomine : il existe souvent une dissociation entre les plaintes du patient et les troubles objectivés par les tests.

Les déficits de la MDT peuvent entraîner des difficultés importantes dans la vie quotidienne. Le questionnaire des plaintes relatives à la MDT en vie quotidienne (Vallat-Azouvi et coll., 2012) est un outil validé permettant d'évaluer spécifiquement le retentissement des déficits de MDT, mais aussi de mesurer le transfert de la thérapie en vie quotidienne. L'étude de validation a permis de montrer une bonne sensibilité pour les patients traumatisés crâniens et vasculaires [153].

Ce questionnaire, destiné au patient et à son entourage, comprend trente questions (sur une échelle de Lickert en 5 points) réparties en trois domaines : stockage en mémoire de travail, aspects attentionnels et aspects exécutifs.

#### **3. Rééducation de la mémoire de travail**

Les questions actuelles relatives au concept de MDT portent sur sa structure interne mais aussi sur les liens qu'elle entretient avec les fonctions attentionnelles, le langage et les fonctions exécutives. Le thérapeute devra intégrer ces différentes fonctions lors de la prise en charge du patient (Le Bornec et Vallat, 2013) [84].

Il existe peu d'études, dans la littérature, concernant la rééducation de la MDT. Les premières études portaient sur la rééducation de l'attention divisée (Couillet, 2002 ; Gray et coll., 1992), de l'administrateur central et elles étaient très hétérogènes sur le plan théorique et sur les méthodes d'évaluation et de rééducation [37].

Cependant, elles s'appuient toutes sur des stratégies de rééducation : 1) la restauration des processus défectueux a pour objectif le rétablissement des processus déficitaires sous-jacents. Cela consiste en un entraînement par exercices répétés, avec une augmentation des difficultés. Cet entraînement est calqué sur des programmes de rééducation de l'attention comme celui de Sturm et coll. (1997) [143] ; 2) les stratégies de compensation incitent le patient à aménager son environnement et à s'adapter à son trouble pour en diminuer l'impact (Fasotti et coll., 2000) [69] ; 3) ces dernières années, des programmes de rééducation tendent également vers une approche écologique, destinée à

assurer le transfert des stratégies en vie quotidienne (Coyette et coll., 2003 ; Duval et coll., 2008) [41] [66].

Cicerone (2002) décrit une étude portant sur quatre patients traumatisés crâniens légers en phase subaigüe (plus de trois mois depuis l'accident) [32]. Cette étude a montré l'efficacité de la prise en charge des composantes attentionnelles et de la mémoire de travail. L'efficacité thérapeutique reposait sur une hypothèse de restauration, sur une mise en place de stratégies de compensation et sur une approche écologique.

L'étude de Sérino et coll. (2007) portait sur la rééducation de l'administrateur central chez neuf patients traumatisés crâniens présentant des troubles de la mémoire de travail. Les auteurs posent l'hypothèse d'une efficacité de leur programme sur l'administrateur central mais aussi sur une généralisation à d'autres fonctions dépendantes de l'administrateur central y compris la mémoire à long terme [134].

Le protocole de rééducation de la mémoire de travail (Vallat et coll., 2005 ; Vallat-Azouvi et coll., 2007 ; Vallat-Azouvi et coll., 2014) repose sur une hypothèse de restauration pour des patients vasculaires et traumatisés crâniens présentant un déficit de la MDT [148] [150] [154]. Ce programme spécifique et hiérarchisé cherche à démontrer une efficacité sur les composantes de la MDT et un transfert en vie quotidienne. La généralisation des acquis aux tâches cognitives non entraînées et le transfert en vie quotidienne ont été démontrés pour ces patients, avec des études de cas. De plus, on observe une spécificité des composantes de la mémoire de travail car il n'y a pas d'amélioration dans des tâches n'impliquant pas les processus de MDT. Une hypothèse de modularité spécifique est également posée (Vallat-Azouvi et coll., 2014). Les auteurs posent l'hypothèse d'une restauration des processus de la MDT qui n'exclut pas une prise en charge au niveau des mécanismes de compensation en parallèle [154].

Ainsi, malgré une hétérogénéité dans les études, la rééducation de la mémoire de travail est efficace lorsqu'on associe une hypothèse de restauration et une facilitation pour le transfert en vie quotidienne. Des études en imagerie fonctionnelle permettent également de confirmer cette hypothèse (Westerberg et coll., 2007 ; Westerberg et Klingberg, 2007) [162] [161]. Son efficacité sera cependant dépendante d'un certain nombre de critères : 1) la durée et l'intensité de la thérapie ; 2) la hiérarchisation des exercices avec une progression en niveaux de difficultés ; 3) une progression des exercices en fonction des performances du patient ; 4) une distinction entre des réentraînements cognitifs et des techniques de stimulations plus globales (Cicerone et coll, 2011 ; Ponsford et coll, 2014 ; Velikonja et coll., 2014) [33] [121] [157].

Il est nécessaire également d'associer à ces thérapies des stratégies de compensation pour soulager les processus de mémoire de travail et diminuer les difficultés en vie quotidienne (Le Bornec et Vallat-Azouvi, 2013) [84].

## **TROISIÈME PARTIE : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES (partie commune)**

### **A. Problématique**

D'après les données de la littérature, plusieurs problématiques se distinguent :

- 1) existe-t-il des troubles des composantes spécifiques de la mémoire de travail chez les patients atteints de gliomes infiltrants et opérés en condition éveillée ?
- 2) existe-t-il des tests sensibles pour cette population ?
- 3) un protocole de rééducation de la mémoire de travail validé auprès d'une population de cérébro-lésés vasculaires ou traumatiques est-il adapté à cette population ?

### **B. Objectifs**

L'objectif de cette étude est double :

- 1) évaluer les différentes composantes et sous-composantes spécifiques de la mémoire de travail, et tester ainsi la sensibilité de certaines épreuves.
- 2) tester l'efficacité d'un matériel de rééducation des composantes de la mémoire de travail validé auprès de patients atteints de lésions traumatiques ou vasculaires, via une étude de groupe à deux bras (un groupe bénéficiant de la rééducation spécifique vs un groupe sans rééducation spécifique), en simple aveugle. Il s'agit d'une étude exploratoire de petit groupe.

### **C. Hypothèses**

#### **1. Hypothèses formulées pour l'évaluation**

- Hypothèse de troubles de la MDT chez les patients : nous nous attendons à ce que leurs performances soient inférieures à celles des sujets contrôles dans les tâches de MDT.

- Hypothèse de sensibilité de certains outils d'évaluation : nous postulons que certains outils sont plus sensibles que d'autres pour révéler les troubles dans la population étudiée.

## **2. Hypothèses formulées pour la rééducation**

- Hypothèse d'efficacité : la rééducation cognitive de la mémoire de travail fondée sur une hypothèse de restauration/réorganisation des processus de mémoire de travail serait efficace. Nous nous attendons donc à ce que le groupe de patients avec rééducation spécifique s'améliore après la rééducation cognitive sur les mesures cibles et à ce que le groupe de patients ne bénéficiant pas de la rééducation spécifique ne s'améliore pas sur les mesures cibles.

- Hypothèse de spécificité : pour le groupe de patients rééduqués, nous attendons une amélioration des performances sur les tâches cibles, d'une part, et une absence d'effet sur les tâches non-cibles d'autre part. La généralisation aux autres fonctions cognitives devra donc être investiguée.

- **Hypothèse de transfert en vie quotidienne : nous nous attendons à une diminution des plaintes en mémoire de travail pour le groupe de patients avec rééducation spécifique, alors que les plaintes des patients sans rééducation spécifique devraient rester stables voire augmenter.**

## **PARTIE PRATIQUE (partie commune)**

### **PREMIÈRE PARTIE : MÉTHODOLOGIE**

#### **A. Méthodologie de l'évaluation**

##### **1. Population**

###### **a. Patients**

La population de cette étude est composée de patients adultes opérés d'un gliome infiltrant (grade de malignité de II à IV selon l'OMS) au Centre Hospitalier Sainte-Anne à Paris. Il s'agit de patients recrutés aléatoirement au décours d'une consultation post-opératoire sur une période d'un mois. Au total seize patients sont rencontrés, et dix patients sont inclus, après signature de consentement, dans le protocole d'évaluation selon les critères d'inclusion et d'exclusion suivants :

- 1) critère d'inclusion : patients opérés d'un gliome infiltrant depuis plus de six mois (période de récupération spontanée) ;
- 2) critères d'exclusion : état général du patient contre-indiquant la passation des tests, radiothérapie, troubles psychiatriques diagnostiqués ayant nécessité un traitement ou motivé une hospitalisation, troubles instrumentaux trop sévères gênant la passation du protocole.

###### **b. Sujets contrôles**

Toutes les épreuves en cours de normalisation sont proposées à des sujets contrôles appariés en âge, sexe et nombre d'années d'études. Le ratio est d'environ un à trois sujets contrôles par patient. La rencontre fait l'objet d'une signature de consentement.

Le nombre d'années d'études correspond au nombre d'années de scolarisation validées depuis la première année de primaire (Cours Préparatoire).

*Un tableau descriptif des sujets contrôles est disponible en annexe B.*

## **2. Matériel**

L'évaluation proposée a pour objectif de tester les différentes composantes de la MDT d'après le modèle de Baddeley. Elle comporte également un questionnaire écologique afin d'objectiver les plaintes des patients dans la vie quotidienne.

*Un extrait de toutes les épreuves d'évaluation en cours de normalisation est disponible en annexe A.*

### **a. Évaluation de la boucle phonologique**

- Empan de chiffres à l'endroit (Version Vallat-Azouvi et coll., 2007): ce test évalue la boucle phonologique (BP), par une série d'items de longueur croissante à rappeler immédiatement dans l'ordre (5 essais par taille d'empan). Les mesures analysées sont le pourcentage de réussite aux 8 différentes tailles d'empan, la taille de l'empan conservateur (longueur pour laquelle le patient obtient au moins 3 bonnes réponses sur 5), et la taille d'empan (longueur pour laquelle le patient obtient 1 bonne réponse sur 5) [150].

- Empan de chiffres à l'envers (Version Vallat-Azouvi et coll., 2007): ce test évalue la BP et l'administrateur central (AC), par une série d'items de longueur croissante à rappeler immédiatement dans l'ordre inverse (5 essais par taille d'empan). Les mesures analysées sont le pourcentage de réussite aux 8 différentes tailles d'empan, la taille de l'empan conservateur, et la taille d'empan [150].

- Empan de mots courts (monosyllabiques) et longs (quadrisyllabiques) (Version Vallat Azouvi et coll., 2007): ce test évalue l'autorépétition subvocale grâce à l'effet de longueur de mots, par des séries croissantes de mots courts puis de mots longs à rappeler immédiatement dans l'ordre (4 essais par taille d'empan). Les mesures analysées sont le pourcentage de réussite aux différentes tailles d'empan, la taille de l'empan conservateur (longueur pour laquelle le patient obtient au moins 3 bonnes réponses sur 4), et la taille d'empan (longueur pour laquelle le patient obtient 1 bonne réponse sur 4) [150].

- Empan de non-mots courts et longs (Version Vallat-Azouvi et coll., 2007): ce test mesure l'effet de lexicalité, grâce à la comparaison des mots et non-mots. Le patient doit rappeler immédiatement dans l'ordre des séries croissantes de non-mots courts et longs, de même construction syllabique et phonémique que les mots courts et longs (4 essais par taille d'empan). Les mesures analysées sont le pourcentage de réussite aux différentes tailles d'empan, la taille de l'empan conservateur, et la taille d'empan [150].

- Empans de lettres proches et éloignées sur le plan phonologique (Version Vallat-Azouvi et coll., 2007) : ce test évalue le stock phonologique grâce à l'effet de similarité phonologique, par des séries de lettres, plus ou moins proches phonologiquement, à rappeler immédiatement dans l'ordre (4 essais par taille d'empan). Les mesures analysées sont le pourcentage de réussite aux différentes tailles d'empan, la taille de l'empan conservateur, et la taille d'empan [150].

- Lecture du texte de la BEN (batterie d'évaluation de la négligence unilatérale, Azouvi et coll., 2006) : adaptation de l'épreuve pour mesurer le temps de lecture (vitesse articulatoire). La mesure est le pourcentage de mots lus [7].

### **b. Évaluation du calepin visuo-spatial**

- Empans visuo-spatiaux séquentiels endroit : Planche de Corsi (Corsi, 1972, version Vallat-Azouvi et coll., 2007) : ce test évalue le calepin visuo-spatial (CVS), versant visuo-spatial moteur. Le sujet doit retenir une série de plus en plus longue de pointage de cubes, et la restituer immédiatement dans l'ordre. Les mesures analysées sont le pourcentage de réussite aux 8 différentes tailles d'empan, la taille de l'empan conservateur (longueur pour laquelle le patient obtient au moins 3 bonnes réponses sur 5), et la taille d'empan (longueur pour laquelle le patient obtient 1 bonne réponse sur 5) [36] [150].

- Empans visuo-spatiaux séquentiels envers : Planche de Corsi ou Block Tapping Test (Corsi, 1972, version Vallat-Azouvi et coll., 2007) : ce test évalue le CVS, versant visuo-spatial moteur, et l'AC. Le sujet doit retenir une série de plus en plus longue de pointage de cubes, et la restituer immédiatement dans l'ordre inverse. Les mesures analysées sont le pourcentage de réussite aux 8 différentes tailles d'empan, la taille de l'empan conservateur, et la taille d'empan [36] [150].

- Empans visuo-spatiaux simultanés : Le test des Motifs Visuels (Visual Patterns Test, Della Sala et coll., 1997, version Vallat-Azouvi et coll., 2007) : cette épreuve informatisée évalue le CVS, versant visuel. Il comporte deux étapes : 1) mémoriser visuellement l'emplacement de cases noircies de plus en plus nombreuses sur une grille et restituer leur emplacement sur une grille vierge; 2) mémoriser visuellement l'emplacement des cases noircies de plus en plus nombreuses sur une grille et retrouver la grille identique parmi trois proposées. Pour chaque module, les mesures analysées sont le score total aux 8 différentes tailles d'empan, le pourcentage de réussite associé, l'empan conservateur (longueur pour laquelle le patient obtient au moins 3 bonnes réponses sur 5), et d'une taille d'empan (longueur pour laquelle le patient obtient 1 bonne réponse sur 5) [50] [150].

### **c. Évaluation de l'administrateur central**

En plus des diverses tâches d'empan envers, l'AC est testé par :

- Double tâche de Baddeley (Baddeley et coll., 1986, adapté par Godefroy et coll., 2008) : ce test évalue les capacités de l'AC, sous-composante d'attention divisée. Il comporte trois étapes : 1) tâche simple d'empan : série de chiffres de longueur croissante à rappeler immédiatement dans l'ordre, pendant deux minutes (à partir de l'empan conservateur du sujet, déterminé grâce à la première épreuve de l'évaluation) ; 2) tâche simple « labyrinthe » : suivre un parcours défini sur une feuille, en cochant un maximum de cases en deux minutes ; 3) tâche double : faire les deux tâches précédentes en même temps. La mesure est le score Mu (calcul du décrement de performance due à la double-tâche) [15] [73].

- Paradigme de Brown-Peterson (Peterson et Peterson, 1959, version Vallat-Azouvi et coll., 2007) : ce test évalue la capacité de stockage et de traitement simultanés de l'AC. Il comporte 4 modalités : 1) tâche d'empan avec intervalle vide : mémoriser des séries de trois consonnes, à restituer seulement après des délais variant de 0 à 20 secondes ; 2) tâche d'empan avec tâche interférente motrice entre la présentation des items et leur rappel ; 3) tâche d'empan avec tâche interférente de suppression articulatoire ; 4) tâche d'empan avec tâche interférente de calcul mental. Les mesures sont le pourcentage de bonnes réponses pour chaque délai et pour chaque type de tâche interférente [118] [150].

- PASAT (Paced auditory serial addition test, Gronwall, 1977, version modifiée de Naëgele et Mazza, 2004) : ce test d'attention soutenue permet d'appréhender les capacités de mise à jour en MDT. Le patient écoute 61 chiffres ayant une fréquence d'apparition constante, préenregistrés sur un support audio-phonique. Il doit additionner ces chiffres deux à deux et donner la réponse à haute voix pendant l'intervalle de temps séparant deux chiffres. Les mesures sont constituées du nombre de bonnes réponses [76] [102].

### **d. Évaluation des plaintes**

Le questionnaire des plaintes en MDT (Vallat-Azouvi et coll., 2012) est proposé pour une évaluation écologique des troubles. Les items de ce questionnaire d'auto-évaluation portent sur trois versants de la MDT : le versant exécutif, le stockage et les ressources attentionnelles. La mesure utilisée est le score total sur 120. Plus le score est élevé, plus les plaintes sont importantes [153].



### **3. Procédure**

#### **a. Généralités**

Tous les patients ont été soumis à l'ensemble des épreuves d'évaluation de la MDT. Les sujets contrôles ont été soumis uniquement aux épreuves en cours de normalisation (les tâches d'empans et l'adaptation du Brown-Peterson, Vallat-Azouvi et coll., 2007).

Les résultats obtenus par les patients aux épreuves non normées sont comparés à ceux d'un ou plusieurs sujets-contrôles appariés. Les résultats des épreuves normées permettent de situer les performances des patients par rapport à la population de référence et de déterminer le caractère pathologique des performances (seuil fixé à -1,65 ET).

#### **b. Conditions de passation aux patients**

L'évaluation se déroule dans un bureau de l'hôpital Sainte-Anne. La pièce est bien insonorisée et les couloirs calmes. La passation dure environ 2h avec un temps d'explication du protocole au début de la rencontre. Pour éviter une trop grande fatigue, le patient peut effectuer des pauses à sa convenance. Le matériel utilisé est de type papier-crayon sauf pour deux épreuves informatisées. L'évaluation est proposée en situation de face à face patient-évaluateur.

#### **c. Conditions de passation aux sujets contrôles**

Pour des raisons pratiques, l'évaluation se déroule au domicile des sujets, dans une pièce calme, bien insonorisée et sans distracteurs visuels ou auditifs. La passation dure environ 1h30, incluant un temps d'explication du mémoire. Si cela s'avère nécessaire, une pause de quelques minutes est proposée. Le matériel utilisé est de type papier-crayon sauf pour une épreuve informatisée.

## **B. Méthodologie de la rééducation**

### **1. Population**

Les patients présentant des troubles et des plaintes en MDT lors de l'évaluation sont inclus dans le protocole. Les critères d'inclusion dans le protocole sont les suivants :

1) obtenir un score de 60 ou moins à l'un des délais (5, 10 ou 20 secondes) de la section du paradigme de Brown-Peterson (Peterson & Peterson, 1959, adapté par Vallat-Azouvi et coll., 2007) présentant le plus fort coût cognitif : la rétention de lettres avec tâche interférente de calcul. Ce seuil limite a été déterminé en fonction des résultats obtenus à l'épreuve par une population contrôle constituée de 28 sujets en 2007 (Vallat-Azouvi et coll., 2007) et des données de la littérature [118] [150] ;

2) obtenir un score total supérieur ou égal à 25 au questionnaire des plaintes en MDT. Ce seuil limite a été déterminé en fonction des résultats obtenus par 69 sujets en 2012 (Vallat-Azouvi et coll., 2012) [153].

Au total, sur les 10 patients évalués, 6 sont inclus dans le protocole de rééducation.

## **2. Matériel**

Le matériel utilisé lors de la rééducation est celui mis au point par Claire Vallat-Azouvi : « Rééducation de la MDT » (2008) [151]. La thérapie proposée repose sur une hypothèse de restauration des processus de MDT avec une méthodologie de type réentraînement spécifique de la BP et de l'AC, ou du CVS et de l'AC, selon les exercices.

Au total, 13 types d'exercices sont proposés dans ce matériel, dont environ 10 d'entre eux sont effectués au cours d'une même séance, selon l'avancement de la rééducation. Pour chaque exercice, plusieurs niveaux de difficulté sont établis en fonction de la longueur des items (nombre de mots, syllabes, phonèmes), du degré d'imagerie (items abstraits ou concrets), du niveau de traitement (mots, phrases simples, phrases syntaxiquement complexes), de la fréquence d'utilisation dans la langue française (mots fréquents ou non), de la vitesse de présentation (rapide ou lente). Le passage au niveau supérieur est possible lorsque le patient est parvenu, deux séances consécutives, à obtenir un score supérieur ou égal à 90% de bonnes réponses au niveau proposé.

### **a. Entraînement de la boucle phonologique et de l'administrateur central**

Sept exercices sollicitent la boucle phonologique et l'administrateur central :

1) Épellation de mots : le thérapeute lit à haute voix des mots que le patient doit épeler. Ici, le patient doit stocker temporairement l'information verbale auditive ;

2) Reconstitution de mots sur épellation : le patient doit restituer un mot épélé à l'oral par le thérapeute (1 lettre par seconde) ;

3) Complétudes : une difficulté supplémentaire par rapport à l'exercice précédent est introduite, puisque le thérapeute, lorsqu'il épelle un mot, remplace une lettre par un « bip ». Le patient doit reconstituer le mot ;

4) Reconstitution de mots à partir de syllabes : le patient doit reconstituer un mot à partir de syllabes énoncées dans le désordre par le thérapeute ;

5) Arrangement de mots : le thérapeute lit à voix haute des mots à un rythme régulier, et le patient doit les restituer dans l'ordre alphabétique (de 3 à 5 mots) ;

6) Jugement de mots : le thérapeute lit à haute voix un mot. Le patient doit alors dire si le nombre de lettres du mot est pair ou impair, puis préciser le nombre de lettres ;

7) Acronymes : le thérapeute lit des mots, à voix haute et à un rythme régulier, au patient qui doit trouver le mot-cible en concaténant les phonèmes initiaux de chaque mot entendu.

Ces exercices nécessitent un stockage temporaire et un maintien des informations auditivo-verbales. Les deux composantes de la BP sont sollicitées : le stock phonologique permettra la récupération des modèles phonologiques, et la récapitulation articulatoire permettra le rafraîchissement de l'information en cours de traitement. L'AC quant à lui permettra la recherche d'informations pertinentes dans les connaissances lexico-sémantiques et orthographiques en mémoire à long terme.

### **b. Exercices sollicitant l'AC et les fonctions exécutives**

Trois exercices font appel plus fortement aux aspects exécutifs de la MDT :

1) Empan de Daneman : Le patient doit lire une phrase à voix haute, puis en restituer le dernier mot une fois la phrase cachée par le thérapeute. Une autre phrase est ensuite présentée au patient, qui doit la lire à voix haute, puis restituer, une fois la phrase cachée, le dernier mot de la première phrase puis le celui de la deuxième phrase, et ainsi de suite.

Dans cette épreuve, le buffer épisodique permet de stocker temporairement l'information pour être ensuite récupérée par l'AC et manipulée par la BP. Plus les niveaux augmentent, plus la charge attentionnelle est importante ;

2) Défilé de mots : le thérapeute lit des mots à voix haute (1 mot par seconde) au patient qui doit signaler par un « stop » un mot qui appartient à la même catégorie sémantique que le mot précédent (niveau 1-back), ou que l'avant-dernier mot (niveau 2-back).

L'AC sera sollicité pour rechercher les liens sémantiques, tandis que la BP aura en charge le maintien en mémoire des items grâce à l'autorépétition subvocale ;

3) Défilé de questions : le thérapeute lit des questions de culture générale à voix haute, le patient doit donner la réponse à une question à la fin de l'énoncé de la question suivante. La condition 1-back peut évoluer vers le 2-back.

L'autorépétition subvocale permettra de maintenir en mémoire les réponses aux questions, tandis que l'AC gèrera le flux et le traitement des informations par activation des connaissances générales stockées en mémoire à long terme.

### c. Exercices sollicitant le calepin visuo-spatial et l'administrateur central

Deux types d'exercices font intervenir le calepin visuo-spatial :

1) Défilé de cartes : le thérapeute présente une à une des cartes au patient à un rythme régulier. Ce dernier doit signaler par un « stop » lorsque deux cartes identiques se suivent (niveau 1-back), puis lorsqu'une carte est identique à l'avant-dernière (2-back). Des jeux de cartes de plus en plus complexes sont proposés au fur et à mesure de la rééducation.

Le CVS sera sollicité pour le maintien en mémoire des cartes, tandis que l'AC permettra la comparaison des cartes entre elles. Une opération cognitive de mise à jour est nécessaire.

2) Déplacement dans un échiquier puis dans un cube : un dessin d'échiquier (4 cases sur 4) puis de cube (3x3x3 cases) est présenté au patient. Une case de départ est indiquée. Le thérapeute donne oralement au patient un nombre de plus en plus élevé de déplacements à effectuer. Ce dernier doit réaliser mentalement les déplacements (l'échiquier ou le cube sont cachés), puis doit ensuite restituer la case d'arrivée.

Cette tâche nécessite un maintien en mémoire de l'échiquier ou du cube, de la position initiale et des déplacements. Le CVS et l'AC devront permettre le maintien des informations auditivo-verbales et visuelles, de déplacement mental et de mise à jour. Ils s'appuieront donc sur la BP.

### d. Ajout d'un exercice hors protocole

Un exercice hors matériel, faisant intervenir les trois composantes principales de la MDT, a été ajouté à la rééducation. Il s'agit d'un travail sur une calculatrice. Le patient doit mémoriser la position des chiffres et des symboles sur une calculatrice simple, puis exécuter, les yeux fermés, une opération arithmétique proposée par le thérapeute. La série des chiffres et symboles, au fur et à mesure des séances, est de plus en plus longue (de 5 à 10).

En s'appuyant sur la BP, le CVS sera sollicité pour le repérage de l'emplacement des chiffres et symboles, sous l'égide de l'AC pendant la réalisation d'une tâche motrice (pointage des chiffres et symboles).

#### **e. Relevé des scores**

À la fin de chaque séance, les scores des patients sont relevés dans un tableau. Des pourcentages de réussite ou des tailles d'empan sont calculés selon les exercices.

### **2. Procédure**

#### **a. Généralités**

Il s'agit d'une étude de groupe préliminaire en méthodologie à deux bras en simple aveugle, pour laquelle l'évaluateur est différent du rééducateur. L'étude a fait l'objet d'une signature de consentement. Les 6 patients constituant la population de l'étude sont répartis aléatoirement (1 sur 2) en deux groupes, l'un bénéficiant de la rééducation spécifique proposée (Groupe A), l'autre non (Groupe B). Les groupes sont constitués de 3 patients chacun. Les 6 patients sont réévalués à la fin de la période de rééducation. L'évaluation est alors identique à celle proposée en pré-thérapie, et est effectuée par le même évaluateur.

#### **b. Conditions de rééducation**

La rééducation s'effectue à raison de trois séances hebdomadaires pendant trois mois. Chaque séance est individuelle et dure environ une heure. Les séances ont lieu au domicile des patients, l'environnement est calme et les distracteurs réduits. La première séance a permis d'expliquer le fonctionnement du protocole et le déroulement des séances. Environ dix exercices par séance sont proposés au patient.

#### **c. Méthodologie d'évaluation de l'efficacité de la rééducation**

##### **i. Ligne de base**

Elle est constituée de toutes les épreuves utilisées dans le protocole d'évaluation auxquelles ont été ajoutés d'autres épreuves. Ces épreuves ont été choisies pour tester les différentes hypothèses :

**1) l'hypothèse d'efficacité, par l'administration des tâches ciblant spécifiquement les processus de MDT :**

empan de chiffres à l'endroit, de chiffres à l'envers, de mots courts et longs, de non-mots courts et longs, de lettres phonologiquement proches et éloignées, visuo-spatiaux séquentiels et simultanés (Vallat-Azouvi et coll., 2007), lecture du texte de la BEN (Azouvi et coll., 2006), double-tâche de Baddeley (Baddeley et coll., 1986, adapté par Godefroy et coll., 2008), paradigme de Brown-Peterson (Peterson & Peterson, 1959, adapté par Vallat-Azouvi et coll., 2007), PASAT (Gronwall, 1977, version modifiée de Naëgele et Mazza, 2004) (Ces épreuves sont détaillées dans le chapitre « matériel d'évaluation ») [150] [7] [15] [73] [76] [118] [102];

**2) l'hypothèse de spécificité, par l'administration d'épreuves non-cibles :**

- California Verbal Learning Test (CVLT, Delis et coll., 1987, adaptation française de Poitrenaud et coll., 2007) : c'est un test d'apprentissage et de mémoire verbale qui évalue la mémoire à long terme, et qui comporte quatre étapes : 1) apprentissage en 5 essais d'une liste de 16 mots correspondant à 4 catégories sémantiques : pour chaque essai le sujet est invité à effectuer un rappel libre ; 2) apprentissage en 1 essai d'une liste interférente de 16 mots à rappeler librement ; 3) rappel différé (20 minutes) de la première liste en rappel libre puis indicé ; 4) épreuve de reconnaissance à long terme : le sujet doit retrouver les éléments de la première liste parmi une liste plus importante. Les mesures sont le nombre de bonnes réponses à chaque étape [48] [119].

- Fluences verbales (Cardebat et coll., 1990) : ce test comporte deux parties distinctes : 1) évocation lexicale formelle : en deux minutes, le sujet doit énumérer un maximum de mots commençant par une lettre donnée ; 2) évocation lexicale sémantique : en deux minutes, le sujet doit énumérer un maximum de mots correspondant à une catégorie sémantique donnée. Les mesures sont le nombre de bonnes réponses à chaque partie [29].

- Trail Making Test (TMT, Reitan, 1944) : ce test évalue la rapidité de traitement et les capacités de flexibilité mentale. Il comporte deux parties distinctes : 1) partie A : sur une feuille à l'aide d'un crayon, le sujet doit réunir des cercles en suivant l'ordre croissant de nombres allant de 1 à 25, le plus rapidement possible, sans se tromper ; 2) partie B : le sujet doit relier alternativement un chiffre puis une lettre toujours dans l'ordre croissant (1-A-2-B....) jusqu'à la lettre L. La mesure est le temps, calculé à chaque épreuve [128].

- Test de Stroop (Stroop, 1935, adapté par Godefroy et coll., 2008) : ce test évalue les capacités d'inhibition des processus automatiques. Il comporte trois parties distinctes : 1) dénomination de couleurs : le sujet doit énoncer la couleur de 100 petits rectangles de trois couleurs différentes (rouge, vert ou bleu), le plus vite possible ; 2) Lecture de noms de couleurs : le sujet doit lire les noms de trois couleurs différentes (rouge, vert, bleu). Il doit

en lire 100 le plus vite possible ; 3) Situation d'interférence : sur une feuille se trouvent des noms de trois couleurs qui sont écrites dans une autre couleur (rouge, vert ou bleu). Il y a également 100 mots. Le sujet ne doit pas lire les mots mais dire de quelle couleur ils sont écrits, le plus rapidement possible. Le score est constitué de temps calculé à chaque épreuve. La mesure retenue est le temps interférence-dénomination [142] [73].

**3) l'hypothèse de transfert des acquis en vie quotidienne, par l'administration d'échelles écologiques :** échelle d'évaluation des comportements attentionnels de Ponsford et Kinsella (Ponsford et coll., 1991, adaptation française de Dana M.-N. et coll.), questionnaire des plaintes en MDT (Vallat-Azouvi et coll., 2012), échelle de communication verbale de Bordeaux (ECVB, Darrigrand & Mazaux, 2000), échelle d'évaluation de l'intensité de fatigue (Krupp et coll., 1989) [120] [153] [43] [82].

#### **ii. Mesures pendant la rééducation**

Elles correspondent à la mesure des scores, pour chaque exercice, à chaque séance, permettant l'analyse de la progression des résultats au décours de la rééducation.

#### **iii. Mesures post-thérapie**

Ces mesures sont identiques à celles de la ligne de base. Les critères principaux d'analyse sont les empan de chiffres endroit et envers (Vallat-Azouvi et coll., 2007), les empan visuo-spatiaux séquentiels endroit et envers (Vallat-Azouvi et coll., 2007), le paradigme de Brown-Peterson (Peterson & Peterson, 1959, version Vallat-Azouvi et coll., 2007), le questionnaire des plaintes en MDT (Vallat-Azouvi et coll., 2012).

## **DEUXIÈME PARTIE : ANALYSE DES RÉSULTATS**

### **A. Généralités**

Les résultats statistiques ci-dessous ont été effectués en analyse de variance avec le logiciel « *statview* » (ANOVA et ANOVA en mesures répétées), avec un seuil de significativité fixé à  $p < 0.05$ . Par convention, nous ne mentionnerons que les valeurs des  $p$  significatives ou marquant une tendance.

## **B. Évaluation**

### **1. Description de la population et effet d'âge, de sexe, et de niveau d'étude**

Les tableaux ci-dessous présentent les 10 patients inclus pour l'évaluation :

|                                  | <b>P1</b>                       | <b>P2</b>                        | <b>P3</b>                      | <b>P4</b>                        | <b>P5</b>                    |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| <b>Âge (en années)</b>           | 53                              | 37                               | 43                             | 41                               | 21                           |
| <b>Sexe</b>                      | F                               | F                                | H                              | F                                | F                            |
| <b>Diplôme</b>                   | BAC+3                           | BAC+4                            | BAC+5                          | CAP                              | CAP                          |
| <b>Nb années études</b>          | 15                              | 16                               | 17                             | 11                               | 11                           |
| <b>Profession</b>                | Secrétaire                      | Cadre industriel (en arrêt)      | Directeur marketing (en arrêt) | Esthéticienne                    | Animatrice centre de loisirs |
| <b>Latéralité</b>                | D                               | D                                | Ambidextre                     | D                                | D                            |
| <b>Localisation tumeur</b>       | Fronto-temporo-insulaire gauche | Pré-frontal droit                | Frontal antérieur gauche       | Frontal interne et central droit | Fronto-central gauche        |
| <b>Dates exérèses</b>            | 06/12/12                        | 08/02/11 et 10/10/13             | 03/2000 et 14/09/11            | 05/2010 et 16/01/14              | 13/03/14                     |
| <b>Intervalle libre</b>          | 23 mois                         | 13 mois                          | 27 mois                        | 9 mois                           | 8 mois                       |
| <b>Sujets contrôles appariés</b> | C1-1<br>C1-2                    | C2-C10-1<br>C2-C10-2<br>C2-C10-3 | C3-1<br>C3-2<br>C3-3           | C4-1                             | C5-1                         |

*Tableau 1: Présentation patients 1 à 6*

|                                  | <b>P6</b>                      | <b>P7</b>                  | <b>P8</b>                          | <b>P9</b>                       | <b>P10</b>                            |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Âge (en années)</b>           | 42                             | 29                         | 34                                 | 35                              | 34                                    |
| <b>Sexe</b>                      | F                              | F                          | H                                  | H                               | F                                     |
| <b>Diplôme</b>                   | BAC+2                          | BAC                        | BAC+5                              | BAC+2                           | BAC+3                                 |
| <b>Nb années études</b>          | 14                             | 12                         | 17                                 | 14                              | 15                                    |
| <b>Profession</b>                | Secrétaire médicale (en arrêt) | Intermittente du spectacle | Directeur général PME industrielle | Gestionnaire paye               | Responsable administrative (en arrêt) |
| <b>Latéralité</b>                | D                              | D                          | D                                  | D                               | D                                     |
| <b>Localisation tumeur</b>       | Frontal gauche pré-central     | Temporo-insulaire-gauche   | Temporal gauche                    | Fronto-temporo-insulaire gauche | Fronto-insulaire gauche               |
| <b>Dates exérèses</b>            | 13/09/12                       | 30/03/10                   | 03/07/12                           | 2003 et 08/11/11                | 28/06/12 et 01/07/14                  |
| <b>Intervalle libre</b>          | 26 mois                        | 55 mois                    | 28 mois                            | 36 mois                         | 6 mois                                |
| <b>Sujets contrôles appariés</b> | C6-1                           | C7-1<br>C7-2<br>C7-3       | C8-1<br>C8-2                       | C9-1<br>C9-2<br>C9-3            | C2- C10-1<br>C2-C10-2<br>C2-C10-3     |

*Tableau 2 : Présentation patients 6 à 10*

Les patients et les contrôles sont correctement appariés : nous ne retrouvons pas d'effet d'âge, ni d'effet d'années d'études et de sexe pour les groupes.

### **2. Analyse des résultats**

*Les résultats des patients et contrôles à l'évaluation sont disponibles en annexe C.*



### a. Les empan de chiffres

Pour les performances à l'empan auditivo-verbal (chiffres) endroit, la différence entre la taille de l'empan conservateur des patients (moy = 5.90 et ET = 0.99) et celle des sujets contrôles (moy = 6.26 et ET = 0.93) n'est pas significative. Nous retrouvons le même type de résultats pour la taille de l'empan (contrôles : moy = 7.10 et ET = 0.80 ; patients : moy = 6.80 et ET = 1.22) et le pourcentage de réussite (contrôles : moy = 64.21 et ET = 9.75 ; patients : moy = 58.50 et ET = 12.31). Visuellement la mesure de l'effet de taille indique tout de même des performances légèrement supérieures chez les sujets contrôles pour chaque taille d'empan, comme le montre le graphique ci-après.

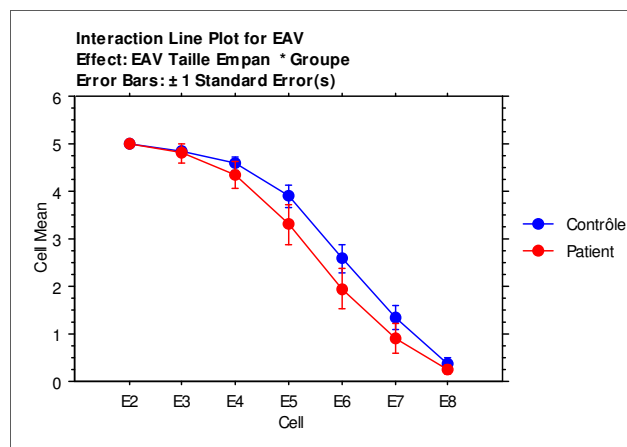


Figure 1: Score sur 5 des groupes aux différentes tailles d'empan de chiffres (1 à 8)

À l'envers non plus les différences ne sont pas significatives concernant l'empan conservateur (contrôles : moy = 5.05 et ET = 1.43 ; patients : moy = 4.40 et ET = 1.26), la taille de l'empan (contrôles : moy = 6.05 et ET = 1.07 ; patients : moy = 5.60 et ET = 1.43), et le pourcentage de réussite (contrôles : moy = 48.81 et ET = 12.34 ; patients : moy = 44.25 et ET = 14.58).

L'interaction endroit-envers n'est pas significative, les deux groupes se comportent de la même manière, comme l'indique le graphique ci-après.

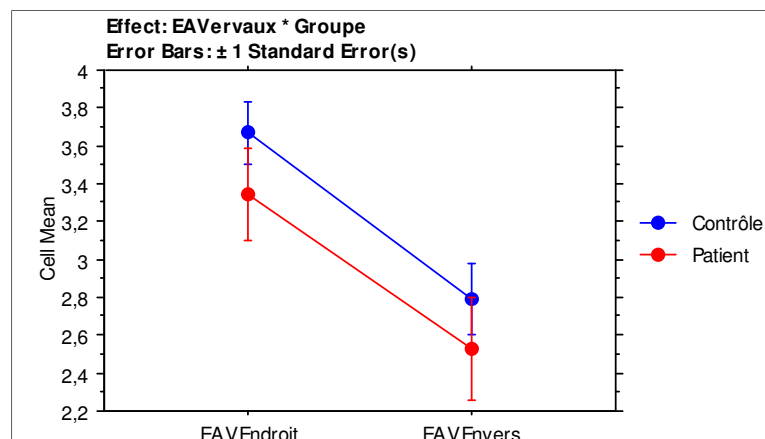


Figure 2 : Moyenne sur 5 des 2 groupes aux empan de chiffres endroit-envers

## **b. Les empan de mots**

Pour le pourcentage de réussite aux empan de mots courts, la moyenne pour les contrôles est de 58.4% (ET = 7.9), alors que celle des patients est de 52.1% (ET = 9.7). La différence n'est pas significative, bien que nous constatons une tendance ( $F = 3.573$  ;  $p = 0.069$ ).

Pour les mots longs toutes les mesures sont significatives :

|                                       | <b>Moyenne</b>                   | <b>Ecart-type</b>                | <b>Valeurs de F et p</b> |
|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| <b>Taille de l'empan conservateur</b> | Contrôle : 3.47<br>Patient : 3.1 | Contrôle : 0.5<br>Patient : 0.3  | $F=4.382$<br>$p=0.045$   |
| <b>Taille de l'empan</b>              | Contrôle : 4.1<br>Patient : 3.5  | Contrôle : 0.7<br>Patient : 0.5  | $F=5.273$<br>$p=0.029$   |
| <b>Pourcentage de réussite</b>        | Contrôle : 52.89<br>Patient : 43 | Contrôle : 9.9<br>Patients : 5.8 | $F=8.343$<br>$p=0.007$   |

Tableau 3 : Empan de mots longs, moy et ET, valeurs de F et p

La comparaison de mots longs et courts permet, de plus, de déterminer que les patients sont plus sensibles que les contrôles à l'effet de longueur. La différence est significative ( $F = 2.532$  ;  $p = 0.044$ ) :

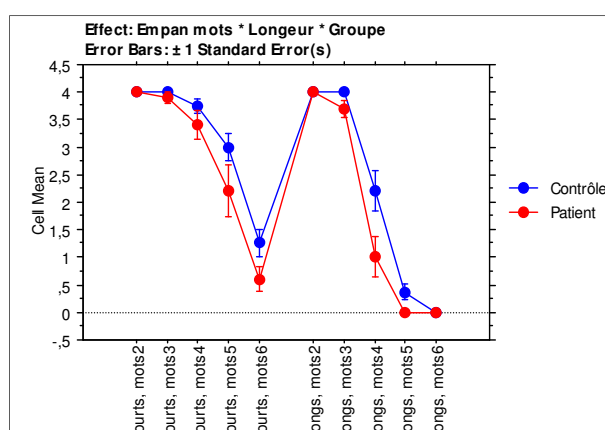


Figure 3: Score sur 4 des 2 groupes aux mots courts et longs pour chaque taille d'empan (2 à 6)

## **c. Empan de lettres**

L'effet de similarité phonologique est respecté pour les deux groupes, la différence observée entre les performances aux lettres proches et éloignées est significative ( $F = 6.364$  ;  $p = 0.0178$ ).

L'interaction avec la longueur d'empan s'avère également significative pour les deux groupes : plus la longueur de l'empan augmente, plus le pourcentage de réussite diminue ( $F = 48.835$  ;  $p < 0.0001$ ). Toutefois, l'effet intergroupe est marqué, les patients sont plus sensibles à l'effet de longueur d'empan par rapport à ceux des sujets contrôles ( $F = 3.548$  ;  $p = 0.0181$ ).

#### **d. Empan visuo-spatiaux séquentiels**

Les patients ne se distinguent pas des sujets contrôles. Les résultats ne sont donc pas significatifs à l'endroit pour l'empan conservateur (contrôles : moy = 5.368 et ET = 1.012 ; patients : moy = 5.600 et ET = 1.174), pour la taille de l'empan (contrôles : moy = 6.632 et ET = 1.065 ; patients : moy = 6.700 et ET = 1.059), et pour le pourcentage de réussite (contrôles : moy = 55.921 et ET = 9.797 ; patients : moy = 56.250 et ET = 11.008). Le graphique ci-dessous détaille les résultats des deux groupes pour chaque taille d'empan à l'endroit et à l'envers et indique une absence d'effet de groupe :

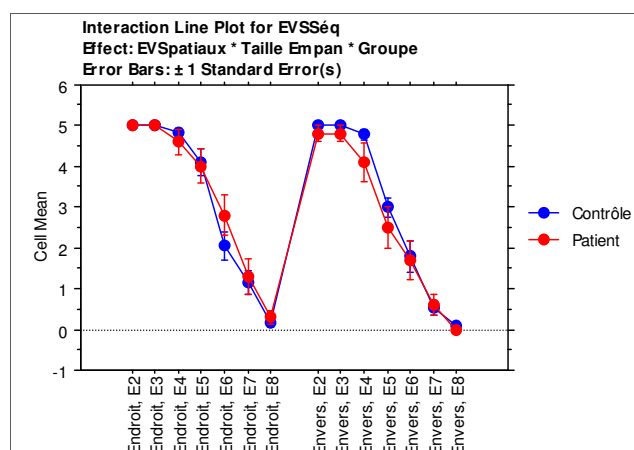


Figure 4 : Score sur 5 des 2 groupes aux EVS Séquentiels endroits et envers, à chaque taille d'empan (2 à 8)

#### **e. Empan visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance**

Les patients (moy = 3.80 ; ET = 1.61) sont significativement moins performants que les sujets contrôles (moy = 4.32 ; ET = 1.23) pour cette épreuve, comme en atteste le graphique ci-dessous.

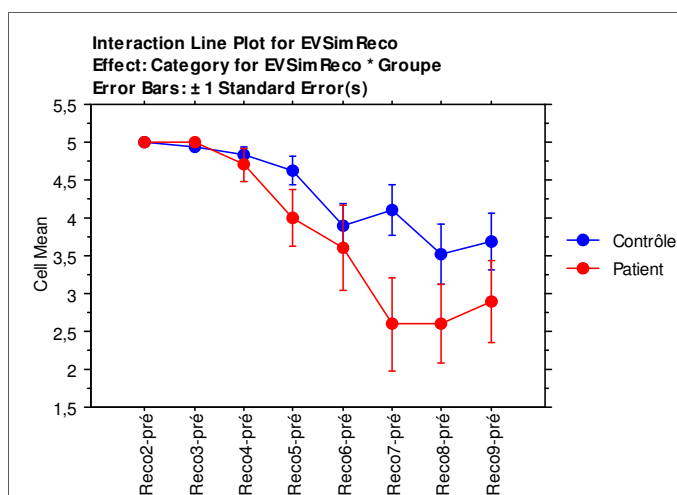


Figure 5 : Score sur 5 pour les 2 groupes aux EVS Simultanées en reconnaissance, par taille d'empan (2 à 9)

La différence intergroupe du score moyen par longueur d'empan s'avère significative ( $F = 2.298$  ;  $p = 0.028$ ).

#### **f. Paradigme de Brown-Peterson**

La différence intergroupe au score global est significative ( $F = 9.711$  ;  $p = 0.004$ ). Les patients (moy = 76.83 ; ET = 32.59) sont donc significativement moins performants que les sujets contrôles (moy = 90 ; ET = 18.82) pour cette épreuve.

L'effet d'interaction intergroupe pour les tâches interférentes est significatif ( $F = 4.420$  ;  $p = 0.006$ ) : les patients sont significativement moins bons que les contrôles à chaque tâche interférente, comme l'indique le graphique ci-dessous :

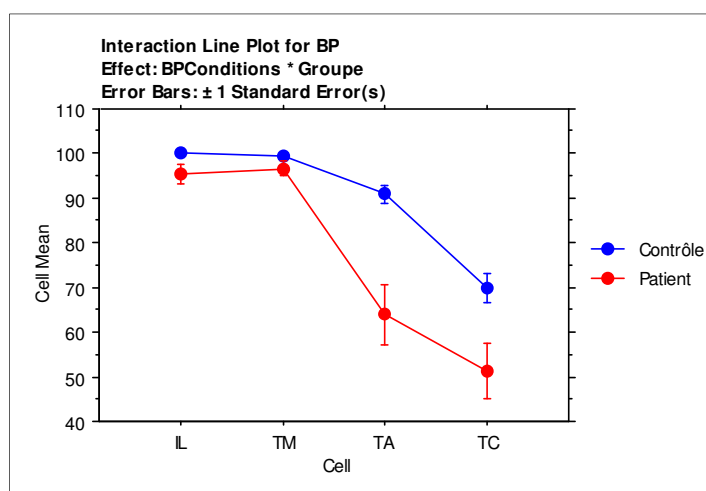


Figure 6 : %age de réussite des 2 groupes au Brown-Peterson, pour chaque tâche interférente

On note également que pour les deux groupes, le délai impacte significativement les résultats ( $F=22.665$  ;  $p < 0.0001$ ).

#### **g. Lecture de texte (BEN)**

Les patients (moy = 45.05 ; E.T = 3.90) sont moins performants que les sujets contrôles (moy = 49.70 ; E.T = 4.53) pour cette épreuve. La différence des résultats intergroupe est significative ( $F = 7.586$  ;  $p = 0.0104$ ). La vitesse de lecture des patients est donc significativement plus lente que celle des sujets contrôles.

#### **h. Épreuves et questionnaire normés**

Voici les résultats du groupe de patients aux épreuves qui n'ont pas été administrées aux contrôles :

|                                              | <b>Moyenne des scores<br/>(patients)</b> | <b>Moyenne des écart-types<br/>(patients) ou percentiles</b> |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Double tâche de Baddeley<br/>(Mu)</b>     | 86.42<br>(mini 49.7, maxi 106.2)         | ET = - 0.48<br>(mini -3.27, maxi 0.85)                       |
| <b>PASAT</b>                                 | 52,33 / 60<br>(mini 34, maxi 60)         | Percentile = 47.22<br>(mini 5, maxi 100)                     |
| <b>Questionnaire des plaintes<br/>en MDT</b> | 40.9<br>(mini 10, maxi 77)               | ET = -2<br>(mini -5.15, maxi 0.68)                           |

Tableau 4: Tâches normées, moyenne des scores et ET à l'évaluation

## **C. Efficacité de la rééducation**

*Les scores des 6 patients à toutes les épreuves sont disponibles en annexe E. Les résultats complémentaires à l'évaluation pré-thérapie pour la ligne de base sont disponibles en annexe D.*

### **1. Comparaison statistique intergroupe**

#### **a. Analyse des critères principaux**

L'analyse statistique (ANOVA simple) permet d'affirmer que les différences de performances avant rééducation, à chaque épreuve, des deux groupes de patients n'étaient pas statistiquement significatives.

#### **Empans de chiffres endroit**

Les performances des patients rééduqués (PR) s'améliorent pour toutes les mesures de l'empan auditivo-verbaux endroit après la rééducation, alors que celles des patients contrôles (PC) restent stables, voire se dégradent. Les différences entre les deux groupes sont statistiquement significatives ou tendent à l'être, comme le résume le tableau ci-après :

|                                               | <b>Patients Contrôles<br/>(moy et ET)</b>       | <b>Patients Rééduqués<br/>(moy et ET)</b>         | <b>Valeurs de F et p</b> |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Taille de<br/>l'empan<br/>conservateur</b> | Post : 4.66 +/- 0.57<br>(pré : 5.00 +/- 1) )    | Post : 8 +/- 1<br>(pré : 6.33 +/- 0.57)           | F = 7.200<br>p = 0.055   |
| <b>Taille de<br/>l'empan</b>                  | Post : 6 +/- 1<br>(pré : 6.66 +/- 1.52)         | Post : 8.66 +/- 0.57<br>(pré : 7.33 +/- 1.15)     | F = 7.200<br>p = 0.055   |
| <b>Pourcentage de<br/>réussite</b>            | Post : 46.67 +/- 5.77<br>(pré : 49.16 +/- 10.4) | Post : 71.66 +/- 27.53<br>(pré : 64.16 +/- 11.81) | F = 5.097<br>p = 0.086   |

Tableau 5 : Empans de chiffres endroit, différences intergroupe après rééducation

## Empans de chiffres envers

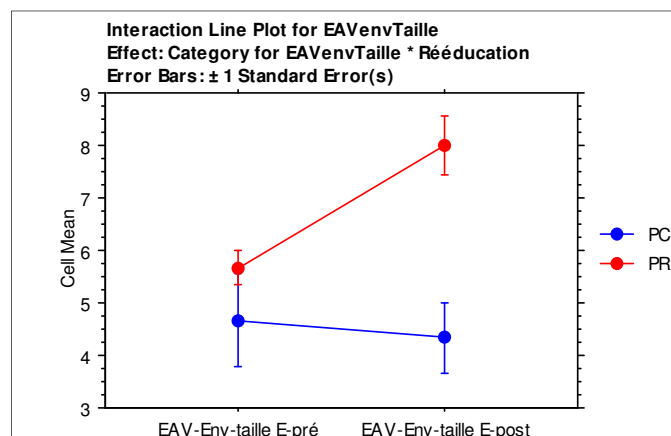


Figure 7 : Taille de l'empan de chiffres envers, effet intergroupe avant-après

Le graphique ci-dessus illustre l'amélioration des performances à la taille d'empan auditivo-verbal envers pour les PR, alors que les performances des PC restent stables (PC : pré = 4.66 +/- 1.52 et post = 4.33 +/- 1.15 ; PR : pré = 5.66 +/- 0.57 et post = 8 +/- 1). Cette différence est statistiquement significative ( $F = 12.80$  ;  $p = 0.023$ ). La différence de pourcentage de réussite tend à l'être ( $p = 0.063$ ), ce qui n'est pas le cas pour la taille de l'empan conservateur (mesure plus stricte des empan).

## Paradigme de Brown-Peterson

La moyenne des performances toutes séries confondues augmente pour les PR (Post : moy=95 et ET=10.68 ; Pré : moy = 81.38 et ET=27.46), mais aussi pour les PC (Post : moy=69.58 et ET=35.20 ; Pré : moy=61.11 et ET=34.48 ). Au final, la différence intergroupe tend à être significative ( $F = 2.687$  ;  $p = 0.093$ ).

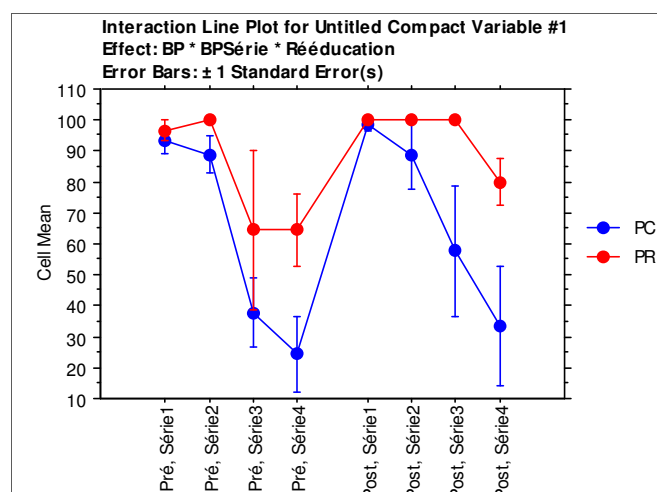


Figure 8 : Brown-Peterson, effet intergroupe pour les 4 tâches interférentes

Le graphique ci-dessus illustre pour chaque groupe les performances à chaque tâche interférente avant et après rééducation. Lors de la première évaluation, les PR se comportent comme les PC avec une baisse des performances pour les tâches interférentes

d'articulation (série 3) et de calcul (série 4). En post-rééducation, les PC ont des performances similaires à celles en pré-, tandis que les performances des PR sont améliorées, notamment pour les séries 3 et 4 (tâches à plus forte charge cognitive que les 2 premières).

### **Empans visuo-spatiaux séquentiels**

Les patients rééduqués ne se distinguent pas des patients contrôles après rééducation. Les résultats ne sont donc pas significatifs à l'endroit et à l'envers. Si la moyenne de l'empan conservateur à l'envers a augmenté pour les patients rééduqués, cette augmentation n'est pas statistiquement significative.

|                                               | <b>PC</b>                                     | <b>PR</b>                                     |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Taille de l'empan conservateur endroit</b> | Post : 5.33 +/- 1.15<br>(pré : 5.33 +/- 2.08) | Post : 5.66 +/- 0.57<br>(pré : 5.33 +/- 0.57) |
| <b>Taille de l'empan conservateur envers</b>  | Post : 3.66 +/- 1.52<br>(pré : 3.66 +/- 0.57) | Post : 5 +/- 1<br>(pré : 4.33 +/- 0.57)       |

*Tableau 6 : Empans visuo-spatiaux séquentiels, différences intergroupes*

### **Questionnaire des plaintes en mémoire de travail**

Après rééducation, les PR tendent à avoir moins de plaintes que les PC, mais la différence des résultats intergroupes est peu significative ( $F=4.734$  ;  $p=0.095$ ).

|                    | <b>PC (moy et ET)</b>                             | <b>PR (moy et ET)</b>                          |
|--------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Score total</b> | Post : 52.33 +/- 32.62<br>(pré : 47.66 +/- 26.63) | Post : 40.33 +/- 25.58<br>(pré : 49 +/- 19.97) |

*Tableau 7: Score au questionnaire des plaintes en MDT, différences intergroupes*

### **b. Analyse des critères secondaires**

#### **Empans de mots**

Pour les empan de mots courts, en post-rééducation, la moyenne du pourcentage des performances pour les PC est de 47.61%, (ET=7.43), alors que celle des PR est de 72.61%, (ET=8.24). Cette différence tend à être significative ( $F=6.250$  ;  $p=0.066$ ).

Pour les empan de mots longs, les PR se sont significativement améliorés : leur pourcentage de réussite augmente (Post : moy=60 et ET=5 ; Pré : moy=43.33 et ET=7.63) tandis que celui des PC ne s'améliore pas (Post : moy=41.66 et ET=12.58 ; Pré : moy=41.66 et ET=2.88). Cette interaction entre le groupe et le temps est statistiquement significative ( $F=7.692$  ;  $p=0.050$ ).

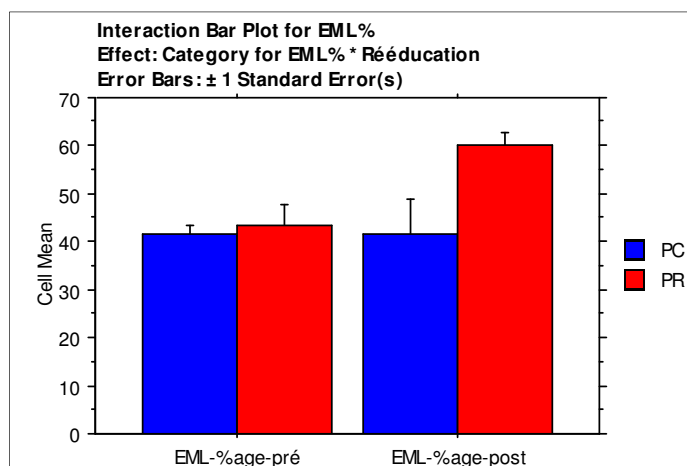


Figure 9 : Empans de mots longs, pourcentage de réussite, effet intergroupe avant-après

### **Autres épreuves**

Pour toutes les autres épreuves (PASAT, lecture de texte de la BEN, double-tâche de Baddeley, empans de lettres, empans visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance, fluences verbales, TMT, Stroop, California Verbal Learning Test, échelle d'évaluation des comportements attentionnels de Ponsford, échelle d'évaluation de l'intensité de fatigue, échelle de Communication Verbale de Bordeaux) les différences de résultats entre les deux groupes selon le temps ne sont pas significatives.

### **2. Comparaison visuelle intra-groupe rééduqué**

Étant donné le faible effectif intra-groupe, nous avons choisi de présenter visuellement les résultats individuels des patients rééduqués, au travers de quelques exercices pendant la rééducation, puis en analysant les mesures de la ligne de base avant-après.

#### **a. Analyse des mesures pendant**

##### **i. Exemples d'exercices sollicitant la BP et l'AC**



### Reconstitution de mots à partir de syllabes :

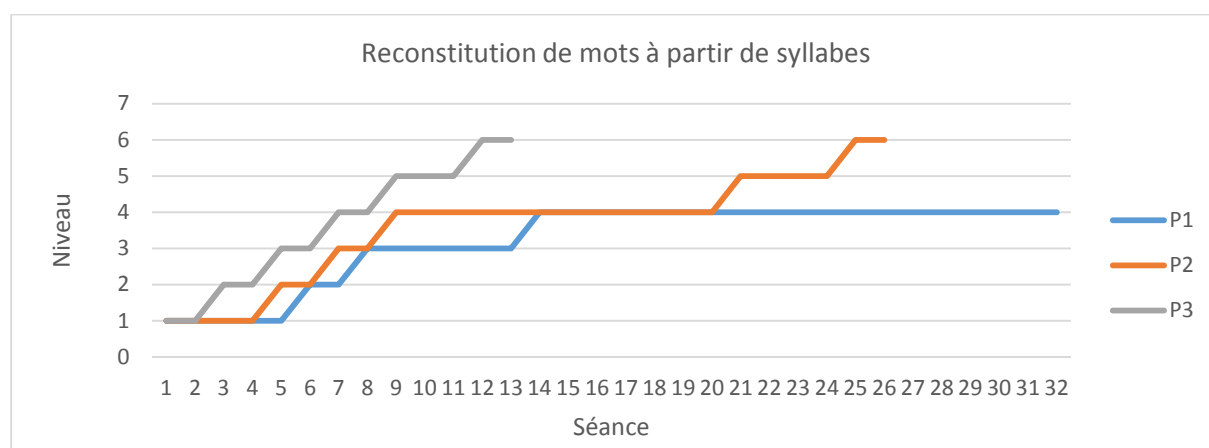


Figure 10 : Intra-rééducation : Reconstitution de mots à partir de syllabes pour chaque patient

Les trois patients progressent. 2 d'entre eux parviennent au bout de l'exercice (avec variation du temps), tandis que P1 n'y parvient pas.

### Arrangement de mots :

Dans cet exercice, tous les 3 niveaux, le nombre de mots augmente, passant de 3 à 5.

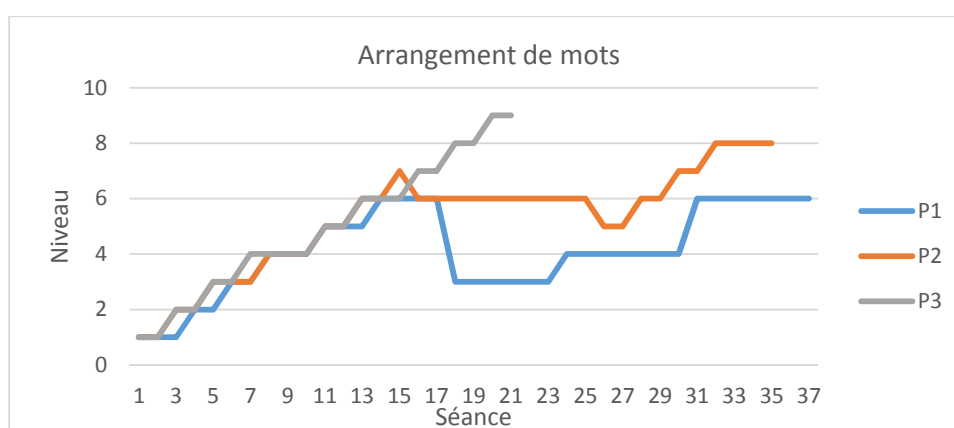


Figure 11 : Intra-rééducation : Arrangement de mots pour chaque patient

P3 présente une pente de progression homogène et termine le dernier niveau à la 21ème séance. P2 atteint le 6ème niveau sans difficultés. En revanche, le 7ème niveau, qui correspond à un arrangement de 5 mots, est inenvisageable. Après une reprise des niveaux antérieurs (niveau 6 puis niveau 5 correspondant à un encodage de quatre mots), le niveau 7 est tout de même reproposé à la 29ème séance, et réussi. P1 présente les mêmes difficultés que P2, avec cependant une progression plus lente et une saturation au niveau 6. Nous avons choisi de proposer à nouveau le niveau 3 à la 18ème séance pour que P1 puisse investir cet exercice de manière confortable. Le passage aux niveaux supérieurs est alors de nouveau possible. Cependant, P1 ne parvient pas au niveau 7 (encodage de 5 mots).

### Empans de Daneman :

Cet exercice, à plus forte charge mentale que les précédents, est constitué de neuf niveaux de 50 phrases chacun, organisés selon le degré d'imagerie du mot final, la structure syntaxique, et le nombre de syllabes de la phrase. Ici, c'est le nombre de mots correctement restitués qui constitue le résultat : la taille de l'empan. Le score correspond pour chaque séance à la moyenne des 2 à 5 tailles d'empan comptabilisées.

P3 termine l'exercice en 14 séances : il a traité les 450 phrases de l'exercice en 50 essais, soit une taille d'empan moyenne de 9. Il parvient à une taille d'empan moyenne de 24 à la 14<sup>e</sup> séance. Pour P1 et P2, les tailles d'empan moyennes sont respectivement de 4,89 et 5,23 et sont constantes même avec l'augmentation du niveau de difficulté (toutes les 50 phrases).

### ii. Exemples d'exercices sollicitant le CVS et l'AC :

#### Déplacement sur un échiquier

L'exercice est constitué de 10 niveaux, allant de 3 à 12 déplacements. Il est relayé par l'exercice « déplacement dans un cube », lorsque le patient semble maîtriser l'exercice à 10 ou 11 déplacements. Aussi, ce dernier exercice n'a pu être proposé à P1.

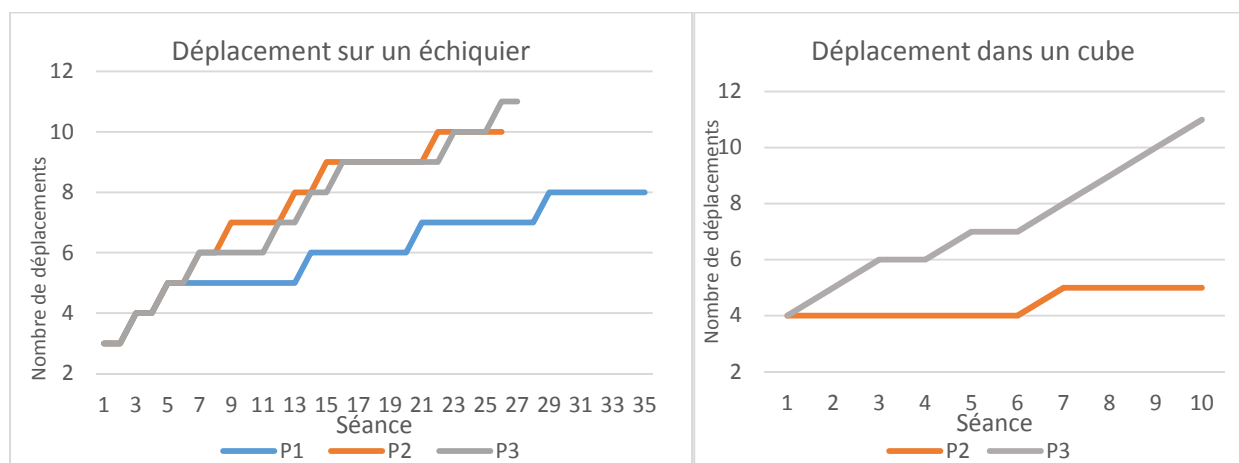


Figure 12 : Intra rééducation : Déplacement sur échiquier et cube

La progression de P2 et P3 est assez régulière. En revanche, le passage à la partie suivante fait apparaître une dissociation des performances : P2 progresse moins vite que P3. P1 progresse de manière régulière mais l'évolution est plus lente. Il sature à 8 déplacements et ne parvient pas à la seconde partie de l'exercice.

#### La calculatrice

Cet exercice, à plus forte charge mentale que le précédent, est constitué de 8 niveaux, correspondant au nombre de déplacements proposés, allant de 5 à 12.

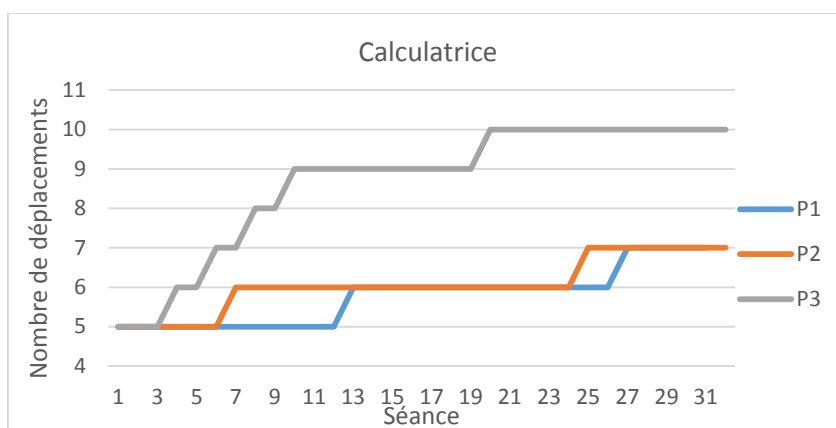


Figure 13 : Intra-rééducation : Calculatrice

P3 parvient rapidement à 9 déplacements. Ensuite, l'évolution est plus lente : il reste 11 séances à ce niveau, puis ne parvient pas à dépasser le niveau supérieur au bout de 13 séances (jusqu'à la fin de la rééducation). Il faut en moyenne 13 séances à P1 pour passer au niveau supérieur. Il termine donc la rééducation à 7 déplacements, tout comme P2 qui stagne 17 séances à 6 déplacements.

### **b. Analyse des effets de la rééducation**

Nous explorons ici les effets visuels de la rééducation au travers de nos critères principaux puis étayons les résultats avec quelques critères secondaires.

### **Empans de chiffres**

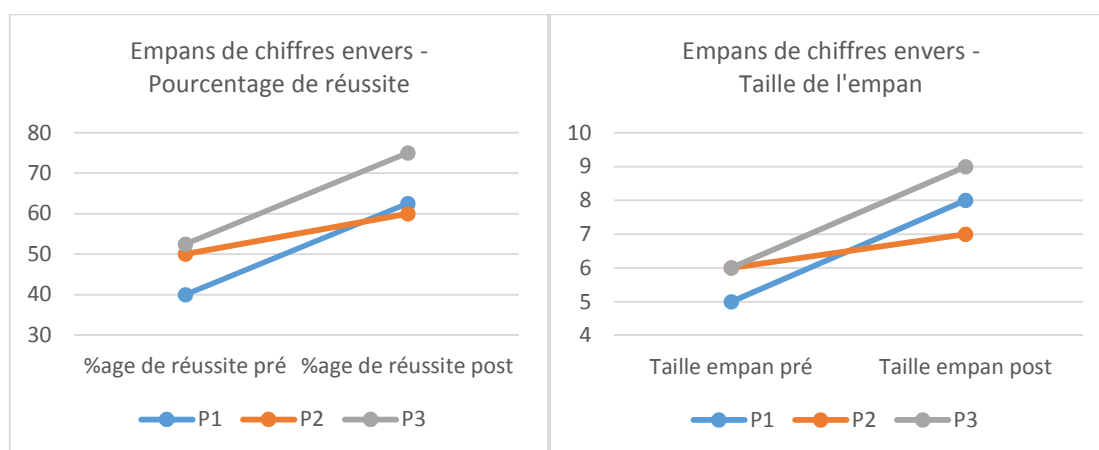


Figure 14 : Empans de chiffres envers : effets de la thérapie intra-groupe sur 2 mesures

On observe ci-avant une amélioration du pourcentage de réussite et de la taille de l'empan après rééducation pour tous les patients.

Concernant plus spécifiquement la BP, les pourcentages de réussite aux empans de chiffres endroits ne sont pas tous améliorés, un patient s'est détérioré : P1 passe de 77,5 à

85%, P2 de 55 à 40%, P3 de 60 à 90%. Les pourcentages de réussite aux empans de mots longs se sont améliorés : P1 passe de 35 à 55%, P2 de 45 à 60%, P3 de 50 à 65%.

### Empans visuo-spatiaux séquentiels

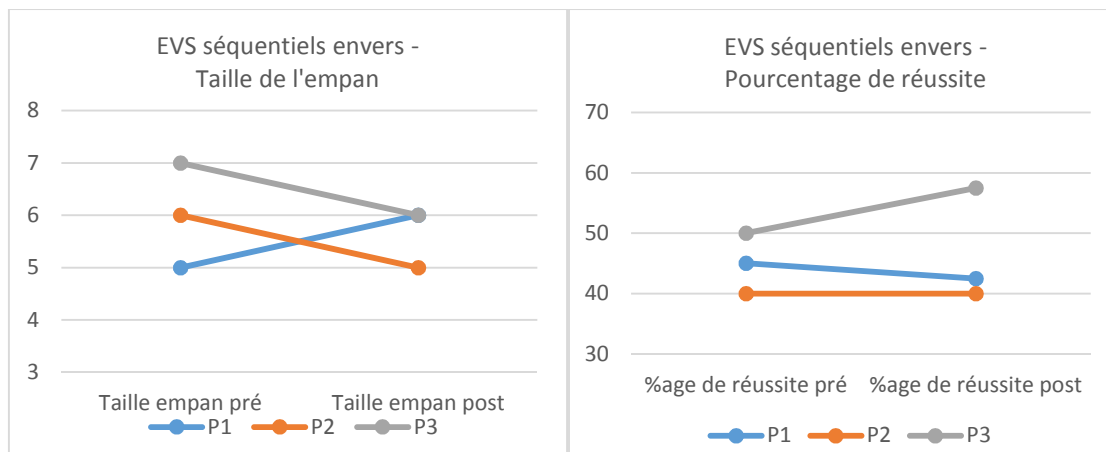


Figure 15 : EVS séquentiels : effet de la thérapie intra-groupe sur 2 mesures

Pour l'empan visuo-spatial séquentiel envers, on observe une dissociation inter-patient : seul P3 améliore son pourcentage de réussite. La taille de l'empan chute pour tous sauf pour P1. À l'endroit, les résultats s'améliorent peu : P1 passe de 55 à 57,5% de réussite, P2 de 47,5% à 50%, P3 de 55 à 60%.

En revanche, au regard de l'épreuve d'empans visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance, les 3 patients ont augmenté plus nettement leur pourcentage de réussite : P1 passe de 85,5 à 100%, P2 de 60 à 75, P3 de 90 à 95.

### Paradigme de Brown-Peterson

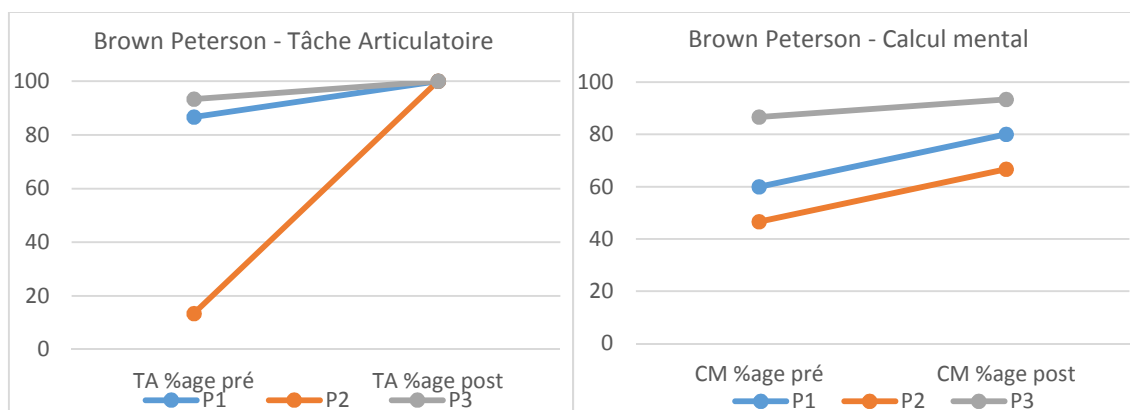
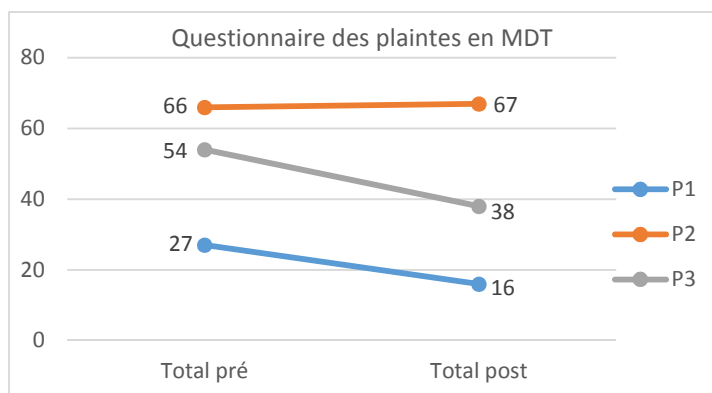


Figure 16 : Brown-Peterson : effet de la thérapie intra-groupe sur les séries 3 et 4

Les résultats au Brown-Peterson verbal avec une tâche interférente articulatoire (série 3) se sont normalisés après rééducation : tous les patients atteignent 100% après

thérapie. Concernant la série avec tâche interférente de calcul mental (série 4), le pourcentage de réussite de tous les patients progresse après rééducation.

### **Questionnaire des plaintes en MDT**



*Figure 17 : Plaintes en MDT, effet de la thérapie intra-groupe*

Les plaintes en MDT diminuent pour P1 et P2, celles de P3 sont stables. Les autres questionnaires écologiques révèlent que :

- P1 se sent beaucoup moins fatigué après rééducation (sur une échelle de 7, passe de 4 à 1,7), P2 est plus fatigué (de 6 à 6,4) et la fatigue de P3 est stable (5,3 en pré et post).
- P1 a moins de plaintes à l'échelle des comportements attentionnels (de 10 sur 56 à 2 sur 56), les plaintes de P2 augmentent (de 42 à 45), celles de P3 sont stables (de 27 à 26).
- Pour ce qui concerne l'échelle de communication verbale, P1 n'avait pas de plaintes et n'en a toujours pas (score de 101 avant et 103 après), P2 a plus de plaintes (dégradation du score de 64 à 58), P3 est stable (de 78 à 75).

## **TROISIÈME PARTIE : DISCUSSION**

### **A. Discussion de la partie « évaluation »**

#### **1. Vérification des hypothèses formulées pour l'évaluation**

##### **a. Hypothèse de déficit de certaines composantes et sous-composantes spécifiques de la MDT**

#### **Concernant la boucle phonologique :**

- les empan de chiffres endroit et envers ne révèlent pas de différences intergroupes.

- les empan de mots longs montrent une différence significative entre les patients et les sujets contrôles. Les patients sont également plus sensibles à l'effet de longueur du mot (comparaison mots longs – mots courts).
- les empan de lettres montrent que l'effet de similarité phonologique est identique dans les 2 groupes. Toutefois, plus la longueur de l'empan augmente, plus les performances des patients sont significativement inférieures à celles des contrôles.
- la lecture de texte indique que les patients sont significativement plus lents que les contrôles.
- les résultats des patients évalués à la tâche interférente articulatoire du Brown-Peterson montrent qu'ils sont mis en échec lorsque la récapitulation articulatoire est supprimée.

Les scores aux empan de mots longs, l'augmentation de la sensibilité à l'effet de longueur, et la diminution de la vitesse de lecture, sont donc révélateurs d'une fragilité de la boucle phonologique.

#### **Concernant le calepin visuo-spatial :**

- Les patients ne se distinguent pas des sujets contrôles sur les tâches d'empan visuo-spatiaux séquentiels (CVS versant visuo-spatial moteur).
- En revanche, ils sont significativement moins performants sur les épreuves évaluant le CVS non moteur : les empan visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance, ce qui témoigne d'une fragilité du CVS.

#### **Concernant l'administrateur central :**

- les patients se comportent comme les contrôles aux épreuves d'empan de chiffres envers.
- à l'épreuve du paradigme de Brown-Peterson, les patients sont significativement moins bons que les sujets contrôles pour chaque tâche expérimentale, avec une sensibilité à la charge cognitive de la tâche interférente (baisse des performances plus marquée pour les épreuves interférentes articulatoires et de calcul mental).
- l'épreuve de la double-tâche de Baddeley indique des performances relativement préservées de double-tâche, tout comme les résultats du PASAT évaluant notamment les capacités de mise à jour.

Au final, le paradigme de Brown-Peterson témoigne d'un déficit de l'AC.

Pour conclure, au vu des résultats aux différentes épreuves, les patients semblent présenter des troubles des 3 composantes de la MDT. Ces troubles sont confirmés par leur

score pathologique au questionnaire des plaintes en MDT. L'hypothèse de déficit des 3 composantes de la MDT est donc vérifiée.

### **b. Hypothèse de sensibilité de certaines épreuves**

Au regard de l'ensemble de ces résultats, nous pouvons penser que certaines épreuves sont plus sensibles pour dépister les troubles de la MDT dans la population étudiée :

- les empans de mots, surtout longs, et la vitesse de lecture de texte, pour évaluer la BP
- les empans visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance, pour évaluer le CVS
- le paradigme de Brown-Peterson, pour l'évaluation de l'AC.

L'hypothèse de sensibilité est donc vérifiée pour ces épreuves seulement.

### **2. Confrontation avec les données de la littérature**

Il existe peu d'études évaluant la MDT post-chirurgie éveillée se positionnant après la période de récupération spontanée (3 à 6 mois). Teixidor et coll. (2007) démontraient qu'il existait des troubles en MDT verbale chez ces patients en post-opératoire immédiat, et concluaient que ces troubles étaient transitoires et disparaissaient dans un délai de 3 mois après une rééducation fonctionnelle [144].

Arro et Gotis, dans leur étude de 2014, mettent en exergue un déficit de la MDT après 4 mois de récupération spontanée sans rééducation. Toutefois ce déficit semble limité à la sous-composante « administrateur central » de la MDT [3].

Nos résultats diffèrent quelque peu de ces conclusions et révèlent que les trois composantes de la MDT sont touchées : la BP, le CVS, et surtout l'AC. Ces données ont été obtenues par l'administration d'épreuves d'évaluation différentes. Concernant notamment le CVS, nous avons utilisé un test d'empans visuo-spatiaux simultanés qui semble révéler des déficits plus importants que les tests d'empans visuo-spatiaux séquentiels administrés. Aussi, nous pouvons interpréter cette dissociation par une fragilisation du « visual cache » de Logie, sous-système du CVS en charge du stockage d'informations visuelles, alors que le « inner scribe » (en charge du maintien des suites de mouvements) serait préservé chez nos patients [90]. Cette épreuve supplémentaire paraîtrait donc intéressante à administrer de manière plus systématique.

Au final, alors que nos patients ont pu bénéficier tout au long de l'évolution de la tumeur du phénomène réparateur de neuroplasticité, rendant *a priori* les conséquences

fonctionnelles moins importantes qu'en cas de lésions aiguës, leurs résultats sont assez similaires à ceux observés dans une étude de 2007 réalisée sur 2 traumatisés crâniens : des différences entre les contrôles et les patients aux épreuves évaluant les 2 systèmes esclaves (la BP et le CVS), et des différences plus marquées encore concernant les aspects plus exécutifs de la MDT et donc l'AC (Vallat-Azouvi et coll., 2007) [150].

## **B. Discussion de la partie « rééducation »**

### **1. Vérification des hypothèses formulées pour la rééducation**

#### **a. Hypothèse d'efficacité**

Concernant les différences intergroupes aux tâches ciblant la MDT, l'analyse statistique démontre que : 1) les empan de chiffres endroit révèlent une différence significative entre les patients rééduqués (PR) et ceux non rééduqués pour la taille de l'empan conservateur et la taille de l'empan, avec une tendance pour le pourcentage de réussite ;

2) les empan de chiffres envers montrent une différence significative pour la taille de l'empan, et la différence des pourcentages de réussite tend à être significative ; 3) les empan de mots longs indiquent une différence significative pour le pourcentage de réussite. Quant aux mots courts, cette différence tend à l'être ; 4) pour le paradigme de Brown-Peterson, la différence des résultats intergroupes tend à être significative ; 5) les patients rééduqués ne se distinguent pas des patients contrôles pour la lecture de texte de la BEN et pour l'épreuve du PASAT.

L'analyse visuelle, intra-groupe rééduqué, des performances au cours de la rééducation objective une progression linéaire des résultats des 3 PR pour l'ensemble des exercices proposés. En post-thérapie, la comparaison avant-après des résultats des PR aux empan de chiffres envers démontrent une sensible amélioration. Les pourcentages de réussite aux empan de mots longs sont également améliorés. Les empan visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance se sont sensiblement améliorés. Les résultats au paradigme de Brown-Peterson se sont largement améliorés, notamment pour les tâches à forte charge cognitive.

En conclusion, la comparaison statistique entre les deux groupes révèle que les PR se sont améliorés à quelques épreuves ciblant spécifiquement la MDT, sans toutefois que la différence intergroupe soit statistiquement significative pour toutes les mesures.



L'hypothèse d'efficacité n'est donc que partiellement vérifiée par l'analyse statistique. Cependant, ce constat doit être nuancé au regard de la taille restreinte de l'effectif, et des grandes variabilités de performances interindividuelles des 3 patients, qui ont impacté l'analyse statistique du groupe. En effet, l'analyse des résultats post-rééducation de nos PR met en exergue une amélioration des performances, surtout de la BP et de l'AC, et donc une efficacité avérée, même si l'analyse statistique n'est pas concluante.

### **b. Hypothèse de spécificité**

Concernant les performances aux tâches cibles spécifiques et non-spécifiques de la MDT, les patients rééduqués se sont améliorés sur certaines tâches ciblant la MDT, mais pas sur toutes : les performances au PASAT notamment n'ont pas évolué. Ce dernier résultat pourrait s'expliquer dans la mesure où cette épreuve ne met en jeu qu'une des sous-composantes de la MDT (mise à jour) mais également des capacités d'attention soutenue. L'analyse statistique des performances sur les tâches non cibles démontre que les PR ne se distinguent pas des PC après rééducation (CVLT, TMT, Stroop, fluences verbales) et donc que la rééducation ne semble pas se généraliser à d'autres fonctions. Ici encore, l'analyse statistique se doit tout de même d'être interprétée avec prudence.

L'analyse tend donc à conclure à une amélioration des performances à certaines tâches ciblant la MDT, et une absence d'effet sur les tâches non-cibles, avec une non-généralisation aux autres fonctions cognitives. L'hypothèse de spécificité semble donc se vérifier.

### **c. Hypothèse de transfert en vie quotidienne**

La différence des résultats post-thérapie aux questionnaires des plaintes en MDT tend à être significative. On ne relève pas de différences après rééducation dans les autres questionnaires (échelle d'évaluation des comportements attentionnels de Ponsford, échelle d'évaluation de l'intensité de fatigue et l'échelle de Communication Verbale de Bordeaux), ce qui pourrait corroborer l'hypothèse de spécificité de la rééducation : les plaintes qui ne sont pas directement liées à la MDT restent stables. Cependant, l'analyse intra-groupe rééduqué révèle des fortes différences interindividuelles : elle met d'abord en exergue une légère diminution des plaintes en MDT après rééducation pour 2 patients sur 3, et une stabilité pour un patient. Surtout, les autres questionnaires démontrent des résultats très disparates : le patient dont les plaintes en MDT sont stables et élevées présente une

augmentation de la fatigue, des plaintes attentionnelles et des difficultés de communication. Pour les patients avec diminution des plaintes en MDT, l'un révèle une stabilité des plaintes, quand l'autre indique une baisse très importante des difficultés en vie quotidienne.

Il nous paraît important également de souligner que, pour le patient présentant une augmentation de la fatigue, l'intensité de la rééducation a été très difficile à gérer. Ce patient est en arrêt de travail, mais a deux enfants à charge et ses capacités attentionnelles et sa mémoire prospective sont fragilisées. Une rééducation aussi intensive (3 fois 1 heure par semaine) n'est pas sans conséquence sur son état de fatigue.

Également, on peut se demander si les résultats aux différents questionnaires ne révèlent pas une éventuelle prise de conscience des troubles pendant la rééducation.

En conclusion, on ne peut statuer de manière formelle sur l'hypothèse de transfert en vie quotidienne au regard de l'hétérogénéité des résultats, même si 2 patients sur 3 ont moins de plaintes. Là encore, le temps limité de rééducation n'a sans doute pas permis ce transfert.

## **2. Confrontation avec les données de la littérature**

La littérature décrit quelques études concernant la rééducation de la MDT chez les patients porteurs de tumeurs cérébrales, mais les rééducations proposées ne sont pas identiques à la nôtre. Il est donc difficile de faire des parallèles entre les résultats.

Pour exemple, dans l'étude de Teixidor et coll. de 2007, 8 patients opérés en éveillé de gliomes de bas grade ont profité d'une rééducation de la MDT et du langage dans les 3 mois post-opératoires, 3 fois une heure par semaine. 5 ont recouvré leurs performances pré-opératoires voire les ont dépassées, 3 se sont significativement améliorés [144]. Notre matériel de rééducation et la période de rééducation (phase précoce contre phase chronique) sont différents, mais on peut au moins confirmer que les processus cognitifs de la mémoire de travail peuvent être restaurés, et ce même à distance de l'opération, lorsque la période d'exacerbation cérébrale induite par la chirurgie, rendant la réorganisation cérébrale plus dynamique, est terminée.

Duval, Coyette et Seron, en 2008, rapportent également une étude de cas de rééducation spécifique de l'administrateur central chez un patient souffrant d'une tumeur temporale gauche [66]. Le programme thérapeutique, d'une durée de 6 mois, comprend alors une rééducation cognitive, avec des exercices de charge mentale, de mise à jour, de double tâche, de charge de traitement. Il est complété par une rééducation écologique.

L'analyse conclut à une amélioration significative de l'AC. Notre rééducation ne portait pas seulement sur l'AC, mais aussi sur les systèmes esclaves, elle confirme toutefois que la rééducation spécifique, de l'AC notamment, est efficace.

Concernant l'efficacité du matériel utilisé, nous pouvons comparer nos résultats avec les études ayant été entreprises sur deux autres types de population : traumatisés crâniens sévères et patients victimes d'AVC.

L'étude de Vallat-Azouvi et coll. (2014), concernant la rééducation d'un patient victime d'AVC, indique comme dans notre étude une amélioration des performances aux tâches-cibles, mais aussi une diminution des plaintes en MDT, ce qui est le cas dans notre étude pour 2 patients sur 3 [154].

Nos résultats sont, de plus, assez proches de ceux de l'étude effectuée sur 2 TC sévères (Vallat-Azouvi et coll., 2009) [152] : amélioration des performances aux tâches-cibles, pas d'amélioration aux tâches non cibles, et baisse de plaintes en MDT. Cependant, le temps de rééducation varie : dans l'étude de 2009, il est de 6 mois pour un patient et 8 mois pour l'autre. Dans notre étude, le temps de rééducation est limité et fixé à 3 mois. Les mesures prises pendant la rééducation et les résultats post-thérapeutiques des 3 patients indiquent qu'un patient a très vite progressé dans les exercices, a quasiment atteint tous les niveaux les plus élevés, et son évaluation post-thérapie révèle des performances fortement améliorées, voire finalement supérieures à celles de nos sujets contrôles. Les deux autres n'ont pas eu le temps d'atteindre les derniers niveaux de chaque exercice, et leurs performances post-évaluation sont moins élevées. Nous pouvons penser que si nous leur avions laissé plus de temps, leurs résultats post-thérapie auraient été meilleurs.

### **C. Limites de l'étude**

Concernant la rééducation, nous avons choisi d'intégrer au protocole des patients ayant à la fois des troubles et des plaintes en MDT. Or ce choix est contestable : il écarte d'emblée les patients anosognosiques qui auraient des troubles avérés. Mais il semble difficile de proposer à des patients sans plaintes une rééducation aussi intensive. Dans la clinique, il faudra trouver le juste équilibre entre l'anosognosie des patients et leurs besoins réels de rééducation.

Également, l'analyse statistique d'un groupe de si petit effectif peut ne pas être très significative, d'où l'apparition de tendances qui doivent être interprétées avec prudence. Il aurait été intéressant d'augmenter la taille du groupe.

De plus, nous n'avons pas pu nous placer dans le cadre strict de la méthodologie simple-aveugle : un de nos patients a été pris en charge par nous deux, l'évaluateur (l'une de nous deux) n'a donc pas été différent du rééducateur.

Enfin, il faut noter que les bilans finaux ont été effectués dans le prolongement de la prise en charge. Une évaluation de suivi devra donc être proposée afin de vérifier la stabilité des performances.

## **D. Perspectives**

Dans ce mémoire, la population est limitée : 10 patients ont été évalués, 3 patients ont suivi une rééducation spécifique. Il paraîtrait pertinent qu'à l'avenir, les épreuves d'évaluation choisies, ainsi que le matériel de rééducation, soient testées sur un échantillon plus important, afin de rendre les résultats plus robustes.

Également, pour faire suite à certaines de nos observations, une recherche concernant le temps nécessaire de rééducation serait intéressante : si nous actons que le temps varie pour chacun, comment l'expliquer ? Quel est l'impact d'autres processus cognitifs tels que l'attention et les fonctions exécutives sur ces variations de temps ?

Enfin, nous trouverions intéressant de comparer plusieurs types de rééducation : la rééducation cognitive ici effectuée, avec une rééducation plus écologique par exemple.

## CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire était d'explorer, chez des patients adultes opérés en éveillé de gliomes infiltrants en phase chronique, les deux versants du traitement orthophonique de la mémoire de travail : l'évaluation et la rééducation.

L'étude menée ici sur 10 patients a permis de démontrer que les trois composantes de la mémoire de travail étaient fragilisées, même à distance de la chirurgie de résection de la tumeur. L'administrateur central ainsi que ses deux systèmes esclaves (la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial) ne sont pas intacts si on compare les résultats des patients à ceux d'une population-contrôle de 19 sujets appariés. Ce constat a été obtenu par l'administration d'épreuves diverses, dont quelques-unes ont révélé une sensibilité intéressante et semblent, de fait, adaptées à notre population.

Le travail entrepris ensuite, afin de tester l'efficacité d'un protocole de rééducation spécifique, a consisté en une étude de petit groupe préliminaire en méthodologie à deux bras en simple aveugle. Six patients constituant la population de l'étude ont été répartis aléatoirement en deux groupes, l'un bénéficiant d'une rééducation spécifique de la mémoire de travail, l'autre n'en bénéficiant pas. L'efficacité du protocole est démontrée par l'analyse individuelle des résultats avant/après, mais l'analyse statistique se révèle peu concluante, du fait notamment des grandes disparités interindividuelles.

L'incidence des gliomes infiltrants a augmenté en France, et leur traitement, à la fois chirurgical et médicamenteux, induit des troubles cognitifs, notamment du langage et de la mémoire de travail, dont l'orthophoniste est au cœur de la prise en charge. Ces tumeurs apparaissant chez des adultes jeunes et actifs, l'enjeu en termes de réinsertion professionnelle et sociale est crucial, et il sera important de multiplier, à l'avenir, les recherches visant à réduire les déficits cognitifs et les conséquences fonctionnelles de cette pathologie.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ALMAIRAC, F., HERBET, G., MORITZ-GASSER, S., DE CHAMPFLEUR, N.-M., DUFFAU, H. (2014). The left inferior fronto-occipital fasciculus subverses language semantics : a multilevel lesion study. *Brain Structure and Functions*.
- [2] ALMAIRAC, F., FRENAY, M., PAQUIS, P. (2010). Maladies génétiques et glioblastomes. *Neuro-Chirurgie*. 56, 455-458.
- [3] ARRO, M., GOTIS, L. (2014). Mémoire de travail et chirurgies éveillées : évaluation pré et post chirurgie. Mémoire pour le certificat de capacité d'orthophoniste. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- [4] ASLOUN, S., SOURY, S., COUILLET, J., GIROIRE, J.M., JOSEPH, P.A., MAZAUX, J.M., AZOUVI, P. (2008). Interactions between divided attention and working-memory load in patients with severe traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 4, 30, 48-490.
- [5] ATKINSON, R.C., SHIFFRIN, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control process. In *The psychology of learning and motivation : Advances in research and theory* (Vol.2, pp. 89-195). New York: Academic Press.
- [6] ATKINSON, R.C., SHIFFRIN, R.M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, 225, 82-90.
- [7] AZOUVI, P., BARTOLOME, P., BEIS, J.M., PERENNOU, D., PRADAT-DIEHL, P., ROUSSEAUX, M., (2006). A battery of tests for the quantitative assessment of unilateral neglect. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 24, 273-285.
- [8] AUBIN, G., COYETTE, F., PRADAT-DIEHL, P., VALLAT-AZOUVI, C., (2007). *Neuropsychologie de la mémoire de travail*, (pp. 7-9), Marseille : Solal Editeurs.
- [9] BADDELEY, A. D. (1966). Short term memory for word sequences as function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 302-309.
- [10] BADDELEY, A. D., HITCH, G. (1974). Working Memory, In *Recent Advances in Learning and Motivation*, 8, 47-89, New York, Academic Press.
- [11] BADDELEY, A. D., THOMSON, N., BUCHANAN, M. (1975). Word length and the structure of short term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575-589.
- [12] BADDELEY, A.D., LIEBERMAN, K. (1980). Spatial working memory. In *Attention and Performance VIII* (pp. 521-539). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- [13] BADDELEY, A.D., LEWIS, V. J., VALLAR, G. (1984). Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36, 233-252.
- [14] BADDELEY, A.D., WILSON, B.A. (1985). Phonological coding and short-term memory in patients without speech. *Journal of Memory and Language*, 24, 490-502.

- [15] BADDELEY, A.D., LOGIE, R.H., BRESSI, S., DELLA SALA, S., SPINNLER, H. (1986). Dementia and working memory. *Quarterly journal of experimental Psychology*, 38A, 603-618.
- [16] BADDELEY, A. D. (1986). *Working memory*, London : Oxford University Press.
- [17] BADDELEY, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49 A, 5-28.
- [18] BADDELEY, A. D., DELLA SALA, S., PAPAGNO, C., SPINNLER, H. (1997). Dual-task performance in dysexecutive and nondysexecutive patients with a frontal lesion. *Neuropsychology*, 11, 187-194.
- [19] BADDELEY, A. D. (2000). The episodic buffer : a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (11), 417-423.
- [20] BADDELEY, A. (2012). Working memory : theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29.
- [21] BARON, M.-H., BAUCHET, L., BERNIER, V., CAPELLE, L., FONTAINE, D., GATIGNOL, P., GUYOTAT, J., LEROY, M., MANDONNET, E., PALLUD, J., PERUZZI, P., RIGAU, V., TAILLANDIER, L., VANDENBOS, F., DUFFAU, H. (2008). Gliomes de grade II. *Neurologie*, 17-210-B-220.
- [22] BASSO, A. SPINNLER, H., VALLAR, G., ZANOBIO, M.E. (1982). Left hemisphere damage and selective impairment of auditory verbal memory : A case study. *Neuropsychologia*, 20, 263-274.
- [23] BAUCHET, L., RIGAU, V., MATHIEU-DAUDÉ, H., FIGARELLA-BRANGER, D., HUGUES, D., PALUSSEAU, L., BAUCHET, F., FABBRO, M., CAMPELLO, C., CAPELLE, L., DURAND, A., TRETARRE, B., FRAPPAZ, D., HENIN, D., MENEI, P., HONNORAT, J., SEGARNBIEUX, F. (2007). French brain tumor data bank : methodology and first results on 10,000 cases, *Journal of Neurooncology*, 84, 189- 199.
- [24] BELLEVILLE, S., PERETZ, I., ARGUIN, M. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory : evidence from a case of selective disruption. *Brain and Language*, 43(4), 713-746.
- [25] BELLEVILLE, S., ROULEAU, N., CAZA, N. (1998). Effect of normal aging on the manipulation of information in working memory, *Memory and Cognition*, 26, 572-583.
- [26] BROGARD, H., ALLAIN, P., AUBIN, G., LE GALL, D. (2007). Mémoire de travail et contrôle attentionnel. *Neuropsychologie de la mémoire de travail*. (pp. 135-164) Marseille : Solal Editeurs.
- [27] CAMUS, J. F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*, 288, Armand Colin, Paris.
- [28] CAPELLE, L., FONTAINE, D., MANDONNET, E., TAILLANDIER, L., GOLMARD, J.-L., BAUCHET, L., PALLUD, J., PERUZZI, P., BARON, M.H., KUJAS, M., GUYOTAT, J., GUILLEVIN, R., FRENAY, M., TAILLIBERT, S., COLIN, P.,

RIGAU, V., VANDENBOS, F., PINELLI, C., DUFFAU, H. (2013). Spontaneous and therapeutic prognostic factors in adult hemispheric WHO grade II gliomas : a serie of 1097 cases, *Journal of Neurosurgery*, 118, 1157-1168.

[29] CARDEBAT, D., DOYON, B., PUEL, M., GOULET, P., JOANETTE, Y. (1990). Evocation lexicale formelle et sémantique chez des sujets normaux. Performances et dynamiques de la production en fonction du sexe, de l'âge et du niveau d'étude. *Acta Neurologica Belgica*, 90, 207-217.

[30] CHAPMAN S.-B., COOK, L.-B. (1923). Chapman-Cook Speed of Reading Test.

[31] CHATELOIS, J., PINEAU, H., BELLEVILLE, S., PERETZ, I., LUSSIER, I., FONTAINE, F., RENASEAU- LECLERC, C. (1993). Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire inspirée de l'approche cognitive. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, 34, 45-63.

[32] CICERONE, K. (2002). Remediation of “working attention” in mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, 16, 185-195.

[33] CICERONE, K., LANGENBAHN, D.M., BRADEN, C., MALEC, J., KALMAR, K., FRASS, M., FELICETTI, T., LAATSCH, L., HARLEY, P., BERGQUIST, T., AZULAY, J., CANTOR, J., ASHMAN, T. (2011). Evidence-Based Cognitive Rehabilitation : Updated Review of the Literature From 2003 Trough 2008. *Archives of Physical Medecine and Rehabilitation*, 4, 92, 519-530.

[34] COLLETTE, F. (2001). Les relations entre mémoire de travail et mémoire à long terme : les données d'imagerie cérébrale. In *Relation entre perception, mémoire de travail et mémoire à long terme* (pp. 117-147). Marseille : Solal Editeurs.

[35] CONRAD, R., HULL, A. J. (1964). Information, acoustic confusion, and memory span. *British Journal of Psychology*, 55, 429-432.

[36] CORSI, P. (1972). The Corsi Block-Tapping Task.

[37] COUILLET, J. (2002). Evaluation de l'efficacité d'une prise en charge de déficits spécifiques d'attention divisée d'un patient traumatisé crânien. In *La neuropsychologie de l'Attention* (pp. 295-305). Marseille : Solal Editeurs

[38] COWAN, N. (1988). Evolving Conceptions of Memory Storage, Selective Attention, and their Mutual Constraints within the Human Information-processing System, *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.

[39] COWAN, N. (1993). Activation, attention, and short-term memory. *Memory and Cognition*, 21(2), 162-167.

[40] COWAN, N., WOOD, N.L., NUGENT, L.D., TREISMAN, M. (1997). There are two word-length effects in verbal short term- memory : Opposed effects of duration and complexity. *Psychological Science*, 8, 290-295.

[41] COYETTE, F., VERRECKT, E., SERON, X. (2003). Rééducation des troubles de l'administrateur central de la mémoire de travail. In *Evaluation et prise en charge des troubles mnésiques* (pp. 293-314). Marseille : Solal Editeurs.



- [42] DANEMAN, M., CARPENTER, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading, *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19(4), 450-466.
- [43] DARRIGRAND, B., MAZAUX, J. M. (2000). L'Échelle de communication verbale de Bordeaux (E.C.V.B.). Isbergues : Ortho Édition.
- [44] DAUMAS-DUPORT, C., VARLET, P., TUCKER, M.L., KOLLES, H., CERVERA, P., BEUVON, F., CERVERA, P., UDO, N., KOZIAK, M., CHODKIEWICZ, J.P. (1997). Oligodendrogliomas. Part II : A new grading system based on morphological and imaging criteria, *Journal of Neurooncology*, 34, 61-78.
- [45] DAUMAS-DUPORT, C., VARLET, P., TUCKER, M.L., BEUVON, F., CERVERA, P., CHODKIEWICZ, J.P. (1997). Oligodendrogliomas. Part I : Patterns of growth, histological diagnosis, clinical and imaging correlations : a study of 153 cases, *Journal of Neurooncology*, 34, 37-59.
- [46] DE BENEDICTIS, A., DUFFAU, H. (2011). Brain hodotopy : from esoteric concept to practical surgical applications, *Neurosurgery*, 68, 1709-1723.
- [47] DELBEUCK, X. (2009). L'intérêt de l'évaluation neuropsychologique, *Soins*, 733, 47.
- [48] DELIS, D.C., KRAMER, J.H., KAPLAN, E., OBER, B.A. (1987). The California Verbal Learning Test. San Antonio, TX : Psychological Corporation.
- [49] DELLA SALA, S., LOGIE, R.H., MARCHETTI, C., WYNN, V. (1991). Case studies in working memory : A case for single cases? *Cortex*, 27, 169-191.
- [50] DELLA SALA, S., GRAY, C., BADDELEY, A., WILSON, L. (1997). Visual Patterns Test. Bury St Edmunds : Thames Valley Test Co.
- [51] DELLA SALA, S., GRAY, C., BADDELEY, A., ALLAMANO, N., WILSON, L. (1999). Pattern span : a tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37, 1100-1189.
- [52] DELOCHE, G., HANNEQUIN, D., (1997). DO 80 : Test de dénomination orale d'images.
- [53] DOLECEK, H.-A., PROPP, J.-M., STROUP, N.-E., KRUCHKO, C. (2012). CBTRUS Statistical Report : Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2005-2009. *Neuro-Oncology*. 14, v1-v49.
- [54] DOUW, L., KLEIN, M., FAGEL, S.-S., VAN DEN HEUVEL, J., TAPHOORN, M., AARONSON, N., POSTMA, T., VANDERTOP, P., MOOJI, J., BOERMAN, R., BEUTE, G., SLUIMER, J., SLOTMAN, B., REIJNEVELD, J., HEIMANS, J. (2009). Cognitive and radiological effects of radiotherapy in patients with low-grade glioma : long-term follow-up, *The Lancet Neurology*, 8(9), 810-818.
- [55] DUCARNE DE RIBEAUCOURT, B. (1965) Test pour l'examen de l'aphasie : épreuves cliniques.

- [56] DUFFAU, H. (2001). Acute functional reorganisation of the human motor cortex during resection of central lesions : a study using intraoperative brain mapping, *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 70, 506-513.
- [57] DUFFAU, H., CAPELLE, L. (2004). Preferential brain locations of low-grade gliomas, *Cancer*, 100, 2622-2626.
- [58] DUFFAU, H., GATIGNOL, P., MANDONNET, E., PERUZZI, P., TZOURIO-MAZOYER, N., CAPELLE, L. (2005). New insights into the anatomo-functional connectivity of the semantic system : a study using cortico-subcortical electrostimulations, *Brain, Journal of Neurology*, 128(4), 797-810.
- [59] DUFFAU, H. (2006). Brain plasticity : from pathophysiological mechanisms to therapeutical applications, *Journal of Clinical Neuroscience*, 13, 885-897.
- [60] DUFFAU, H. (2008). Brain plasticity and tumors, *Advanced Technology in Neurosurgery*, 3, 3-33.
- [61] DUFFAU, H. (2012). The challenge to remove diffuse low-grade gliomas while preserving brain functions, *Acta Neurochirurgica*, 154, 569-574.
- [62] DUFFAU, H. (2013). Cognitive assessment in glioma patients, *Journal of Neurosurgery*, 119, 1348-1349.
- [63] DUFFAU, H. (2013). Diffuse low-grade glioma in adults : natural history, interaction with the brain, and new individualized therapeutic strategies. Londres : Springer, 491 p.
- [64] DUFFAU, H. (2014). Gliome diffus de bas grade et neuroplasticité, *Journal de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle*, 95, 935-945.
- [65] DUFFAU, H. (2014). The huge plastic potential of adult brain and the role of connectomics ; new insights provided by serial mapping in glioma surgery, *Cortex*, 58C, 225-237.
- [66] DUVAL, J., COYETTE, F., SERON, X. (2008). Rehabilitation of the central executive component of working memory : a re-organisation approach applied to a single case. *Neuropsychological Rehabilitation*, 18(4), 430-460.
- [67] EUSTACHE, F., DESGRANGES, B. (2003). Concepts et modèles en neuropsychologie de la mémoire : entre théorie et pratique clinique. In *Evaluation et prise en charge des troubles mnésiques*, (pp.13-49), Marseille : Solal Editeurs.
- [68] EUSTACHE, F., DESGRANGES, B. (2008). Vers un modèle unifié de la mémoire, *Cerveau Psycho*, 28.
- [69] FASOTTI, L., KOVACS, F., ELING, P., BROUWER, W.H. (2000). Time pressure management as a compensatory strategy training after closed head injury. *Neuropsychological Rehabilitation*, 10, 47-65.
- [70] FONTAINE, D., VANDENBOS, F., LEBRUN, C., PAQUIS ; V., FRENAY, M. (2008). Diagnostic and prognostic values of 1p and 19q deletions in adult gliomas : critical

review of the literature and implications in daily clinical practice, *Revue Neurologique*, 164, 595-604.

[71] GEHRING, K., SITSKOORN, M.M., GUNDY, C.M., SIKKES, S.A., KLEIN, M., POSTMA, T.J., BENT, M., BEUTE, G., ENTING, R., KAPPELLE, A., BOOGERD, W., VENINGA, T., TWIJNSTR, A., BOERMAN, D., TAPHOORN, M., AARONSON, N. (2009). Cognitive rehabilitation in patients with gliomas : a randomized, controlled trial, *Journal of Clinical Oncology*, 27(22), 3712-3722.

[72] GLANTZ, M.J., COLE, B.F., FORSYTH, P.A., RECHT, L.D., WEN, P.Y., CHAMBERLAIN, M.C., GROSSMAN, M.D., CAIRNCROSS, M.D. (2000). Practice parameter : Anticonvulsant prophylaxis in patients with newly diagnosed brain 41 tumors Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology, *Neurology*, 54(10), 1886-1893.

[73] GODEFROY, O. (2008). La batterie GREFEX : présentation générale. In *Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques - Evaluation en pratique clinique* (pp. 217-230). Marseille : Solal Editeurs.

[74] GOODGLASS, H., KAPLAN, E. (1972). Adaptation française J.M. MAZEAUX et J.M. ORGOGOZO, Boston Diagnostic Aphasia Examination.

[75] GRANT, D.-A., BERG, E., (1948). Wisconsin Card-Sorting Test, in A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in Weigl-type card-sorting problem, *Journal of Experimental Psychology*, 38, 404-411.

[76] GRONWALL, D. M. (1977). Paced auditory serial-addition task : a measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44(2), 367-373.

[77] HANLEY, J. R., YOUNG, A. W., PEARSON, N. A. (1991). Impairment of the visuo-spatial sketch pad. *The Quarterly journal of experimental psychology. A, Human experimental psychology*, 43(1), 101-125.

[78] HOFFMAN, S. (2006). Temporal trends in incidence of primary brain tumors in the United States, 1985-1999, *Neuro-Oncology*, 8, 27-37.

[79] JAMES, W. (1890). *The principles of psychology*. New York : Holt.

[80] KLEIN, M., ENGELBERTS, N., VAN DER PLOEG, H., KASTELEIJN-NOLST TRENITÉ, D., AARONSON, N., TAPHOORN, M., BAAIJEN, H., VANDERTOP, W., MULLER, M., POSTMA, T., HEIMANS, J. (2003). Epilepsy in low-grade gliomas : the impact on cognitive function and quality of life, *Annales of Neurology*, 54(4), 514-520.

[81] KLEIN, M., DUFFAU, H., WITT HAMER, P.C. (2012). Cognition and resective surgery for diffuse infiltrative glioma : an overview, *Journal of Neurooncology*, 108, 309-318.

[82] KRUPP, L.B., LA ROCCA, N.G., MUIR-NASH, J., STEINBERG, A.D. (1989). The Fatigue Severity Scale : application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. *Archives of neurology*, 46, 1121-1123.

- [83] LARJAVAARA, S., MANTYLA, R., SALMINEN, T., HAAPASALO, H., RAITANEN, J., JAASKELAINEN, J., AUVINEN, A. (2007). Incidence of gliomas by anatomic location, *Neuro-Oncology*, 9(3), 319-325.
- [84] LE BORNEC , G., VALLAT-AZOUVI, C. (2013). Rééducation des troubles de la mémoire. In *Les approches thérapeutiques en orthophonie*, Tome 4 (pp. 119-152). Isbergues : l'Ortho-Edition.
- [85] LEMAIGNEN, C., QUENNOUELLE, A. (2012). Prise en charge rééducative via Internet de patients opérés d'une tumeur par neurochirurgie éveillée. Mémoire pour le Certificat de Capacité d'Orthophoniste. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- [86] LEROY, M. (2010). La neuropsychologie en neuro-oncologie : Considérations cliniques et proposition d'un examen neuropsychologique des patients atteints d'un gliome de bas grade, *Psycho-oncologie*, 4, 84-95.
- [87] LOGIE, R.H., (1986). Visuo-spatial processing in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 229-247.
- [88] LOGIE, R.H., ZUCCO, G., BADDELEY, A.D. (1990). Interference with visual short term memory. *Acta Psychologica*, 75, 55-74.
- [89] LOGIE, R. H., MARCHETTI, C. (1991). Visuo-spatial working memory : visual, spatial or central executive? In *Mental images in human cognition* (pp. 105-115). Amsterdam : Elsevier.
- [90] LOGIE, R. H. (1995). Visuo-spatial Working Memory. *Essays in Cognitive Psychology*.
- [91] LOGIE, R. H., PEARSON, D. G. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory : Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 241-257.
- [92] LURIA, A. (1970). *Traumatic Aphasia : Its Syndromes, Psychology and Treatment*. Walter de Gruyter, 485 p.
- [93] MADEC, N. (2012). Recensement des pratiques actuelles en chirurgie éveillée, concernant l'évaluation cognitive et plus spécifiquement langagière, en pré-, per- et postopératoire. Mémoire pour le certificat de capacité d'orthophoniste. Université de Poitiers.
- [94] MAJERUS, S. (2007). La mémoire à court terme verbale et les interactions avec le langage. *Neuropsychologie de la mémoire de travail*. (pp. 57-86) Marseille : Solal Editeurs
- [95] MANDONNET, E., DELATTRE, J.Y., TANGUY, M.L., SWANSON, K.R., CARPENTIER, A.F., DUFFAU, H., CORNU, P., VAN EFFENTERRE, R., ELLSWORTH, C., CAPELLE, L. (2003). Continuous growth of mean tumor diameter in a subset of grade II gliomas. *Annales of Neurology*, 53, 524-528.

- [96] MATTIS, S. (1976). Mental status examination for organic mental syndrome in the elderly patients. In *Geriatrics Psychiatry : a Handbook for Psychiatrists and Primary Care Physicians*. New York: Grune & Stratton, 77-121.
- [97] MIYAKE, A., SHAH, P. (1999). *Models of working memory : Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York : Cambridge University Press.
- [98] MIYAKE, A., FRIEDMAN, N.P., EMERSON, M.J., WITZKI, A.H., HOWERTER, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complexe “frontal lobe” tasks : a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- [99] MONSELL, S. (1996). Control of mental processes. In *Unsolved Mysteries of the Mind : Tutorial Essays in Cognition* (Bruce, V., ed.), 93-148, Erlbaum.
- [100] MONSELL, S. (2003). Task Switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (3), 134-140.
- [101] MORRIS, N., JONES, D.M. (1990). Memory updating in working memory : The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.
- [102] NAEGELE, B., MAZZA, S. (2004). Test d'attention soutenue : PASAT modifié, adaptation française. Marseille : Solal Editeurs.
- [103] NESPOULOUS, J.L., LECOURS, A.R., LAFOND, D., LEMAY, M.A., PUEL, M., JOANETTE, Y., COT, F. RASCOL, A., (1986). Protocole d'examen linguistique de l'aphasie Montréal Toulouse (MT86).
- [104] NORMAN, D. A., SHALLICE, T. (1980). Attention to Action : Willed and Automatic Control of Behavior. In *Consciousness and Self regulation, volume 4*, New York, Plenum Press.
- [105] NORMAN, D. A., SHALLICE, T. (1986). Attention to Action. *Consciousness and Self-Regulation : Advances in Research and Theory IV*. Plenum Press.
- [106] OLDFIELD, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness : The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- [107] PALLUD, J., MANDONNET, E., DUFFAU, H., KUJAS, M., GUILLEVIN, R., GALANAUD, D., TAILLANDIER, L., CAPELLE, L. (2006). Prognostic value of initial magnetic resonance imaging growth rates for World Health Organization grade II gliomas, *Annales of Neurology*, 60, 380-383.
- [108] PALLUD, J., DUFFAU, H., RAZAK, R.A., BARBARINO-MONNIER, P., CAPELLE, L., FONTAINE, D., FRENAY, M., GUILLET-MAY, F., MANDONNET, E., TAILLANDIER, L. (2009). Influence of pregnancy in the behavior of diffuse gliomas : clinical cases of a French glioma study group. *Journal of Neurology*, 256, 2014-2020.
- [109] PALLUD, J., MANDONNET, E., DEROULERS, C., FONTAINE, D., BADOUAL, M., CAPELLE, L., GUILLET-MAY, F., PAGE, P., PERUZZI, P., JOUANNEAU, E., FRENAY, M., CARTALAT-CAREL, S., DUFFAU, H., TAILLANDIER, L. (2010).

Pregnancy increases the growth rates of World Health Organization grade II gliomas. *Annals of Neurology*, 67(3), 398-404.

[110] PALLUD, J., VARLET, P., DEVAUX, B., GEHA, S., BADOUAL, M., DEROULERS, C., PAGE, P., DEZAMIS, E., DAUMAS-DUPORT, C., ROUX, F.X. (2010). Diffuse low-grade oligodendrogliomas extend beyond MRI-defined abnormalities, *Neurology*, 1724-1731.

[111] PALLUD, J., CAPELLE, L., MANDONNET, E. (2010). Comment on parameters of low-grade glioma as predictors. *Radiology*, 256, 1014.

[112] PALLUD, J., DEZAMIS, E., AUDUREAU, E., DEVAUX, B., SOUILLARD-SCÉMAMA, R., SANAI, N., PAGE, P., BEUVON, F., KOZIAK, M., OPPENHEIM, C., DHERMAIN, F., SCHLIENGER, M., MEDER, J.F., ROUX, F.X., VARLET, P. (2012). Neuronal immunoexpression and a distinct subtype of adult primary supratentorial glioblastoma with a better prognosis, *Journal of Neurosurgery*, 117, 476-485.

[113] PALLUD, J. (2013). Le cortex péri-tumoral : interface entre progression lésionnelle et activités épileptiques. Thèse de doctorat de Neurosciences de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.

[114] PALLUD, J., BLONSKI, M., MANDONNET, E., AUDUREAU, E., FONTAINE, D., SANAI, N., BAUCHET, L., PERUZZI, P., FRENAY, M., COLIN, P., GUILLEVIN, R., BERNIER, V., BARON, M.H., GUYOTAT, J., DUFFAU, H., TAILLANDIER, L., CAPELLE, L. (2013). Velocity of tumor spontaneous expansion predicts long-term outcomes for diffuse low-grade gliomas, *Neuro-Oncology*, 15, 595-606.

[115] PALLUD, J., CAPELLE, L., HUBERFELD, G. (2013). Tumoral epileptogenicity : How does it happen ?, *Epilepsia*, 54(suppl.9), 30-34.

[116] PALLUD, J., AUDUREAU, E., BLONSKI, M., SANAI, N., BAUCHET, L., FONTAINE, D., MANDONNET, E., DEZAMIS, E., PSIMARAS, D., GUYOTAT, J., PERUZZI, P., PAGE, P., GAL, B., PARRAGA, E., BARON, M.H., VLAICU, M., GUILLEVIN, R., DEVAUX, B., DUFFAU, H., TAILLANDIER, L., CAPELLE, L., HUBERFELD, G. (2014). Epileptic seizures in diffuse low-grade gliomas in adults. *Brain*, 137, 449-462.

[117] PAPAGNO, C., CASAROTTI, A., COMI, A., GALLUCCI, M., RIVA, M., BELLO, L. (2012). Measuring clinical outcomes in neuro-oncology. A battery to evaluate low-grade gliomas, *Journal of Neuro-oncology*, 108, 269-275.

[118] PETERSON, L.R., PETERSON, M.J. (1959). Short term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.

[119] POITRENAUD, J., DEWEER, B., KALAFAT, M., VAN DER LINDEN, M. (2007). Adaptation en langue française du California Verbal Learning Test. Paris : Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

[120] PONSFORD, J., KINSELLA, G. (1988). Evaluation of a remedial programme for attentional deficits following closed-head injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 10, 693-708.

- [121] PONSFORD, J., BAYLEY, M. WISEMAN-HAKES, C., TOGHER, L., VELIKONJA, D., MCINTYRE, A., JANZEN, S., TATE, R. (2014). INCOG recommendations for management of cognition following traumatic brain injury, part II : attention and information processing speed. *The journal of head trauma rehabilitation*, 29(4), 369-386.
- [122] POURATIAN, N., KASSELL, N.F., DUMONT, A.S. (2003). Update on management of intracerebral hemorrhage, *Neurosurgery Focus*, 15(4), 1-6.
- [123] PRABHAKARAN, V., NARAYANAN, K., ZHAO, Z. GABRIELI, J.D. (2000). Integration of divers information in working memory within the frontal lobe. *Nature Neuroscience*, 3, 85-89.
- [124] QUINETTE, P., GUILLERY-GIRARD, B., HAINSELIN, M., LAISNEY, M., DESGRANGES, B., EUSTACHE, F. (2013). Évaluation du buffer épisodique : deux épreuves testant les capacités d'association et de stockage d'informations verbales et spatiales. *Revue de neuropsychologie*, 5, 56-62.
- [125] QUINN, J.G, MCCONNELL, J. (1996). Irrelevant pictures in visual working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 200-215.
- [126] RABBIT, P. (1997). *Methodology of Frontal and Executive Function*. Hove, East Sussex : Psychology Press.
- [127] RAVEN, J.C., (1936). Mental tests used in genetic studies : The performance of related individuals on tests mainly educative and mainly reproductive. London.
- [128] REITAN, R.M., (1944). Trail Making Test (TMT) in Army Individual Test Battery, Neuropsychology Laboratory.
- [129] REPOVS, G., BADDELEY, A. (2006). The multi-component model of working memory : explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139, 5-21.
- [130] REUSS, D.E., SAHM, F., SCHRIMPF, D., WIESTLER, B., CAPPER, D., KOELSCH, C., SCHWEIZER, L., KORSHUNOV, A., JONES, D., HOVESTADT, V., MITTELBRONN, M., SCHITTENHELM, J., HEROLD-MENDE, C., UNTERBERG, A., PLATTEN, M., WELLER, M., WICK, W., PFISTER, S., DEIMLING. (2015). ATRX and IDH1-R132H immunohistochemistry with subsequent copy number analysis and IDH sequencing as a basis for an “integrated” diagnostic approach for adult astrocytoma, oligodendroglioma and glioblastoma, *Acta Neuropathologica*, 133-146.
- [131] REY, A., (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique, *Archives de Psychologie*, 28, 286-340.
- [132] RUFF, R. (1985). In Ruff, R.M., Allen, C.C. (1996). Selective attention Test : Professional manual. Odessa, FL : *Psychological Assessment Resources*.
- [133] SALAMÉ, P., BADDELEY, A.D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech : Implications for structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 150-164.
- [134] SERINO, A., CIARAMELLI, E., SANTANTONIO, A. D., MALAGU, S.,

- SERVADEI, F., LADAVAS, E. (2007). Pilot study for rehabilitation of central executive deficits after traumatic brain injury. *Brain Injury*, 21, 11-19.
- [135] SERON, X., VAN DER LINDEN, M., ANDRÈS P. (1999). Le lobe frontal : A la recherche de ses spécificités fonctionnelles. In *Neuropsychologie des lobes frontaux* (pp. 33-88). Marseille : Solal Editeurs.
- [136] SERON, X. (2007). La mémoire de travail : du modèle initial au buffer épisodique. In *Neuropsychologie de la mémoire de travail* (pp. 13-33). Marseille : Solal Editeurs.
- [137] SHAH, P., MIYAKE, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing : an individual differences approach. *Journal of experimental psychology. General*, 125, 4-27.
- [138] SHALLICE, T., WARRINGTON, E. K. (1970). Independent functioning of verbal memory stores : a neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22(2), 261-273.
- [139] SHALLICE, T. (1982). Test de la Tour de Londres. Évaluation de la capacité de planification.
- [140] SHALLICE, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge : Cambridge University Press, 461 p.
- [141] SHALLICE, T., BURGESS, P.W. (1998). Domain of supervisory processes and the temporal organization. In *The frontal cortex* (pp. 22-35). Oxford : Oxford University Press.
- [142] STROOP, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- [143] STURM, W., WILLMES, K., ORGASS, B. HARTJE, W. (1997). Do specific attention deficits need specific training? *Neuropsychological Rehabilitation*, 2, 7, 81-103.
- [144] TEIXIDOR, P., GATIGNOL, P., LEROY, M., MASUET-AUMATELL, C., CAPELLE, L., DUFFAU, H. (2007). Assessment of verbal working memory before and after surgery for low-grade glioma, *Journal of Neurooncology*, 81(3), 305-313.
- [145] TULVING, E. (1972). Episodic and semantic Memory, Subjective organization in free recall of “unrelated” words, *Organization of Memory*, New York, Academic Press, 402 p.
- [146] TULVING, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist* (40), 4.
- [147] TULVING, E. (1995). Organization of Memory: Quo vadis? In *The cognitive neurosciences*, (pp.753-847), Cambridge, MA The MIT Press.
- [148] VALLAT, C., AZOUVI, P., HARDISSON, H., MEFFERT, R., TESSIER, C., PRADAT-DIEHL P. (2005). Rehabilitation of verbal working memory after left hemisphere stroke, *Brain Injury*, 19, 1157-1164.



- [149] VALLAT-AZOUVI, C., AZOUVI, P., PRADAT-DIEHL, P. (2007). Rééducation cognitive de la mémoire de travail. In *Neuropsychologie de la mémoire de travail* (pp. 195-209). Marseille : Solal Editeurs.
- [150] VALLAT-AZOUVI, C., WEBER, T., LEGRAND, L., AZOUVI, P. (2007). Working memory after severe traumatic brain injury, *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13, 770-780.
- [151] VALLAT-AZOUVI, C. (2008). Rééducation de la mémoire de travail. Isbergues : l'Ortho-Edition.
- [152] VALLAT-AZOUVI, C., PRADAT-DIEHL, P., AZOUVI, P. (2009). Rehabilitation of the central executive of working memory after severe traumatic brain injury : Two single-case studies, *Brain Injury*, 23(6), 585-594.
- [153] VALLAT-AZOUVI, C., PRADAT-DIEHL, P., AZOUVI, P. (2012). The Working Memory Questionnaire : A scale to assess everyday life problems related to deficits of working memory in brain injured patients. *Neuropsychological Rehabilitation*, 22(4), 634-649.
- [154] VALLAT-AZOUVI, C., PRADAT-DIEHL, P., AZOUVI, P. (2014). Modularity in rehabilitation of working memory : A single-case study. *Neuropsychological Rehabilitation : An International Journal*, 24, 220-237.
- [155] VAN DER LINDEN, M., MEULEMANS, T., SERON, X., COYETTE, F., ANDRÈS, P., PRAIRIAL, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. In *Traité de Neuropsychologie Clinique, Tome 1* (pp. 275-300). Marseille : Solal Editeurs.
- [156] VAN ZOMEREN, A.H., BROUWER, W.H. (1994). *Clinical Neuropsychology of attention*. New York : Oxford University Press, 247 p.
- [157] VELIKONJA D, TATE R, PONSFORD J, MCINTYRE A, JANZEN S, BAYLEY M. (2014). INCOG recommendations for management of cognition following traumatic brain injury, part V : memory. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 29(4), 369-386.
- [158] WECHSLER, D. (1981). Wechsler adult intelligence scale-revised., *Psychological Corporation*, New York.
- [159] WECHSLER, D. (2000). WAIS-III, Echelle d'intelligence de Wechsler pour adultes-troisième édition. Montreuil Sous Bois : ECPA.
- [160] WEIGL, R., (1941). Weigl-Goldstein-Scheerer Color-Form Test.
- [161] WESTERBERG, H., KLINGBERG, T. (2007). Changes in cortical activity after training of working memory a single-subject analysis. *Physiology behavior*, 92(1-2), 186-193.
- [162] WESTERBERG, H., JACOBÆUS, H., HIRVIKOSKI, T., CLEVBERGER, P., OTENSSON, M. L., BARTFAI, A., KLINGBERG, T. (2007). Computerized working memory training after stroke a pilot study. *Brain Injury*, 21(1), 21-29.

- [163] ZHANG, D., ZHANG, X., SUN, X., LI, Z., WANG Z., HE, S., HU, X. (2004). Cross-modal temporal order memory for auditory digits and visual locations : an fMRI study. *Human Brain Mapping*, 22, 280-289.
- [164] ZIMMERMANN, P., FIMM, B. (2009). TAP : Tests d'évaluation de l'attention, version 2.2. Adaptation Française M. Leclercq. Herzogenrath : Vera Fimm, Psychologische Testsysteme.
- [165] ZOUAOUI, S., RIGAU, V., MATHIEU-DAUDÉ, H., DARLIX, A., BESSAOUD, F., FABBRO-PERAY, P., BAUCHET, C., KERR, C., FABBRO, M., FIGARELLA-BRANGER, D., TAILLANDIER, L., DUFFAU, H., TRETARRE, B., BAUCHET, L. (2012). French brain tumor database : general results on 40,000 cases, main current applications and future prospects, *Neuro-Chirurgie*, 58, 4-13.

# ANNEXES

## **Liste des annexes**

ANNEXE A : Extraits des épreuves d'empans pour l'évaluation, Version Vallat-Azouvi 2007

ANNEXE B : Tableau descriptif des sujets-contrôles

ANNEXE C : Tableau de résultats des patients et contrôles à l'évaluation pré-thérapie

ANNEXE D : Résultats complémentaires de la ligne de base pour les 6 patients entrant dans le protocole de rééducation

ANNEXE E : Résultats post-thérapie des 6 patients à toutes les épreuves

## **ANNEXE A : EXTRAITS DES ÉPREUVES D'EMPANS POUR L'ÉVALUATION,** **VERSION VALLAT-AZOUVI, 2007**

### **1. EMPANS DE CHIFFRES ENDROIT**

Consigne : « *Je vais vous lire une liste de chiffres, vous devez les répéter dans l'ordre juste après moi* ». « *Vous avez compris ? Je vous donne un exemple : Si je vous dis 2 9,... À vous* »

| Empan endroit |     |
|---------------|-----|
| 17            | 74  |
| 63            | 96  |
| 59            | 58  |
| 38            | 43  |
| 27            | 82  |
|               |     |
| 582           | 629 |
| 694           | 375 |
| 268           | 418 |

### **2. EMPANS DE CHIFFRES ENVERS**

Consigne : « *Je vais vous lire une liste de chiffres, vous devez les répéter dans l'ordre inverse, du dernier jusqu'au premier* ».

|      |      |
|------|------|
| 762  | 184  |
| 213  | 539  |
| 461  | 372  |
| 928  | 745  |
| 836  | 614  |
|      |      |
| 3279 | 4986 |
| 7624 | 6148 |

### **3. EMPANS DE MOTS COURTS**

Consigne : « *Je vais vous lire des séries de mots de tailles différentes, je voudrais que vous me les répétiez dans le même ordre juste après* ».

Main – Verre  
Rat – Page  
Pot – Joie  
Riz – Bord

*Je vous rajoute un mot...*  
Gaz – Sud – Raie

### **4. EMPANS DE MOTS LONGS**

Consigne : « *Je vais vous lire des séries de mots de tailles différentes, je voudrais que vous me les répétiez dans le même ordre juste après* ».

Hélicoptère – Information  
Itinéraire – Enseignement  
Opération – Rassemblement  
Aventurier – Fluctuation

*Je vous rajoute un mot...*

Débordement – Aspirateur – Rhinocéros

## **5. EMPANS DE NON – MOTS COURTS**

Consigne : « *Je vais vous lire des séries de mots qui n'ont aucun sens, de tailles différentes.*

*Je voudrais que vous me les répétiez dans le même ordre juste après ».*

Na – Vor  
Reu – Puje  
Bi – Jo  
Ra – Bur

*Je vous rajoute un mot...*

Gonze – Sad – Lo

## **6. EMPANS DE NON – MOTS LONGS**

Consigne : « *Je vais vous lire des séries de mots qui n'ont aucun sens, de tailles différentes.*

*Je voudrais que vous me les répétiez dans le même ordre juste après ».*

*Si 2 mots chutés, alors on recommence à 1*

Anlacaptir – Aformition  
Utanorire – Issugnamé  
Uporatan – Rasoblami  
Avoturan – Flanctuiaton

Dibourdamu – Osparitaire – Rhanisoressse  
Couprillassié – Cilubotire – Ankilonger

## **7. EMPANS DE LETTRES**

Consigne : « *Je vais vous lire des séries de lettres, plus ou moins proches phonologiquement.*

*Puis il va falloir me les répéter dans le même ordre ».*

Proche :

p b  
v t  
n m  
c g

c p b  
b v t

Eloignée :

r p  
l c  
b q  
m t

f q s  
b m

## **8. BROWN – PETERSON**

Extrait Série 1 / Intervalle vide :

« Je vais vous lire des séries de 3 lettres qu'il faut que vous mémorisiez. (1 lettre par sec).  
Après chaque série et seulement quand je vous dirai "TOP", vous répéterez les 3 lettres dans le même ordre. Il peut s'écouler un certain temps entre le moment où je vous lis les 3 lettres et celui où je vous dis "TOP" pour répéter ».

|   |     |  |   |     |  |    |     |  |    |     |  |
|---|-----|--|---|-----|--|----|-----|--|----|-----|--|
| 0 | HMC |  | 5 | KGF |  | 5  | BHM |  | 20 | MBJ |  |
| 5 | LVJ |  | 0 | QTN |  | 20 | CNK |  | 20 | FPK |  |

Extrait Série 4 / Intervalle plein : tâche d'addition.

« Avant de commencer, nous allons faire des calculs très simples (calcul mental basique).  
Je vais vous lire des séries de 3 lettres qu'il faut que vous mémorisiez. (1 lettre par sec).  
Après chaque série et seulement quand je vous dirais "TOP", vous répéterez les 3 lettres dans le même ordre. Il peut s'écouler un certain temps entre le moment où je vous lis les 3 lettres et celui où je vous dis "TOP" pour répéter.

Cette fois, pendant ce temps, je vais vous donner des additions à faire dans votre tête : vous devrez être le plus rapide possible. Puis, quand je vous dirai "TOP", vous me redonnerez les 3 lettres du début, dans le même ordre ».

(Barrez les additions ratées, entourez celles qui sont réussies et faire le total de celles qui sont réussies.)

|    |     |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|-----|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 20 | JFB |  | 5+ | 3+ | 6+ | 2+ | 6+ | 8+ | 4+ | 2+ | 5+ | 8+ | 4+ | 9+ |
|    |     |  | 7  | 5  | 4  | 9  | 5  | 7  | 9  | 6  | 8  | 6  | 8  | 3  |
| 5  | HLC |  | 9+ | 2+ | 6+ | 2+ |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    |     |  | 6  | 5  | 8  | 4  |    |    |    |    |    |    |    |    |

## **9. EMPANS VISUO-SPATIAUX SÉQUENTIELS**

Consigne Endroit : « Je vais pointer du doigt une série de cubes. Vous devez les pointer à nouveau dans l'ordre juste après moi. Ne pointez pas trop vite svp »

Consigne Envers : « Je vais pointer du doigt une série de cubes. Vous devez les pointer à nouveau dans l'ordre inverse, du dernier jusqu'au premier. »

Sur les planches de Corsi, à chaque cube est attribué un numéro que seul l'évaluateur peut voir. Voici un extrait des trajectoires proposées selon les numéros :

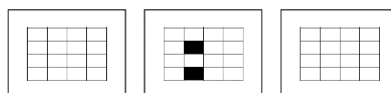
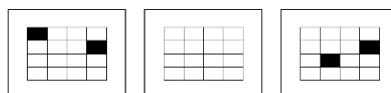
| Empan endroit |     | Empan envers |     |
|---------------|-----|--------------|-----|
| 28            | 37  | 16           | 83  |
| 91            | 68  | 29           | 47  |
| 59            | 36  | 51           | 64  |
| 42            | 53  | 93           | 72  |
| 71            | 13  | 49           | 38  |
|               |     |              |     |
| 793           | 581 | 534          | 947 |
| 392           | 469 | 156          | 758 |

## **10. EMPANS VISUO-SPATIAUX SIMULTANÉS**

### **Partie « Reconnaissance » :**

« Vous allez voir des grilles sur lesquelles sont noircis des carrés. Regardez bien car juste après vous allez devoir me montrer sur une grille vierge l'emplacement de ces carrés noirs »

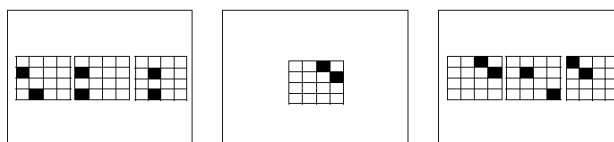
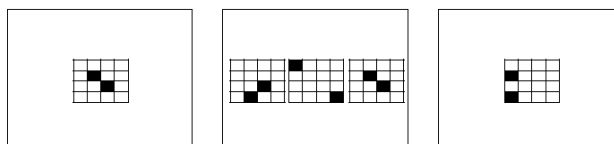
Extrait des grilles proposées (les grilles vierges sont les grilles de restitution sur lesquelles le patient doit pointer les cases noircies) :



### **Partie « Choix Multiple » :**

« Vous allez voir des grilles sur lesquelles sont noircis des carrés. Regardez bien car juste après vous allez devoir me montrer quelle grille est identique parmi les trois qui seront proposées »

Extrait des grilles proposées (le patient doit choisir parmi les 3 propositions laquelle est identique à celle vue auparavant) :



**ANNEXE B : TABLEAU DESCRIPTIF DES 19 SUJETS CONTROLES**

| <b>Anonymisation</b> | <b>Âge<br/>(années)</b> | <b>Sexe</b> | <b>Diplôme</b>       | <b>Profession</b>                    | <b>Nb années<br/>d'études</b> |
|----------------------|-------------------------|-------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| C1-1                 | 54                      | F           | Bac+3                | Kinésithérapeute                     | 15                            |
| C1-2                 | 55                      | F           | Bac+3                | Directrice d'agence                  | 15                            |
| C2-C10-1             | 35                      | F           | Bac+3                | Professeur d'histoire-<br>géographie | 16                            |
| C2-C10-2             | 33                      | F           | Bac+3                | Commerçante                          | 15                            |
| C2-C10-3             | 33                      | F           | Bac+3                | Institutrice                         | 15                            |
| C3-1                 | 45                      | M           | Bac+5                | Directeur<br>Commercial              | 17                            |
| C3-2                 | 41                      | M           | Bac+5                | Cadre-Ingénieur                      | 17                            |
| C3-3                 | 40                      | M           | Bac+5                | Cadre Informatique                   | 17                            |
| C4-1                 | 49                      | F           | CAP                  | Animatrice en centre<br>de loisirs   | 11                            |
| C5-1                 | 27                      | F           | BEP                  | Animatrice en centre<br>de loisirs   | 11                            |
| C6-1                 | 43                      | F           | Bac+2                | Documentaliste                       | 14                            |
| C7-1                 | 30                      | F           | Bac<br>Professionnel | Auxiliaire de vie                    | 12                            |
| C7-2                 | 29                      | F           | Bac<br>Professionnel | Employée qualifiée<br>grande surface | 12                            |
| C7-3                 | 29                      | F           | Bac                  | Formatrice<br>consultante            | 14                            |
| C8-1                 | 38                      | M           | Bac+5                | Technico-commercial                  | 17                            |
| C8-2                 | 34                      | M           | Bac+5                | Avocat d'affaires                    | 17                            |
| C9-1                 | 34                      | M           | Bac+2                | Consultant<br>Informatique           | 14                            |
| C9-2                 | 34                      | M           | Bac+2                | Technico-commercial                  | 14                            |
| C9-3                 | 38                      | M           | Bac+2                | Magicien                             | 14                            |



**ANNEXE C : TABLEAU DE RESULTATS DES PATIENTS ET CONTRÔLES A L'EVALUATION PRE-THERAPIE (p.1/5)**

| N°Anonymat | Age-éval pré | Sexe (H/F) | Années d'études | EAV-End2 | EAV-End3 | EAV-End4 | EAV-End5 | EAV-End6 | EAV-End7 | EAV-End8 | EAV-End9 | EAV-End-Cons | EAV-End-taille E | EAV-End-%age | EAV-Env2 | EAV-Env3 | EAV-Env4 | EAV-Env5 | EAV-Env6 | EAV-Env7 | EAV-Env8 | EAV-Env9 | EAV-Env-Cons | EAV-Env-taille E | EAV-Env-%age | EMC2 | EMC3 | EMC4 | EMC5 | EMC6 | EMC7 | EMC8 | EMC-Cons |
|------------|--------------|------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| P1         | 54           | F          | 15              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 1        | 0        | 7            | 8                | 78           | 5        | 5        | 5        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 4            | 5                | 40           | 4    | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 5        |
| P2         | 37           | F          | 16              | 5        | 5        | 4        | 5        | 3        | 0        | 0        | 0        | 6            | 6                | 55           | 5        | 5        | 5        | 4        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 50           | 4    | 4    | 3    | 3    | 1    | 1    | 0    | 5        |
| P3         | 44           | H          | 17              | 5        | 5        | 5        | 4        | 3        | 1        | 1        | 0        | 6            | 8                | 60           | 5        | 5        | 5        | 5        | 1        | 0        | 0        |          | 5            | 6                | 53           | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 1    | 0    | 5        |
| P4         | 42           | F          | 11              | 5        | 5        | 4        | 4        | 1        | 1        | 1        | 0        | 5            | 8                | 53           | 5        | 5        | 5        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 4            | 6                | 43           | 4    | 4    | 2    | 3    | 0    | 0    | 0    | 5        |
| P5         | 21           | F          | 11              | 5        | 5        | 4        | 3        | 4        | 2        | 0        | 0        | 6            | 7                | 58           | 5        | 5        | 2        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 3            | 5                | 33           | 4    | 4    | 3    | 2    | 0    | 0    | 0    | 5        |
| P6         | 42           | F          | 14              | 5        | 5        | 4        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 4            | 5                | 38           | 5        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2            | 3                | 15           | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        |
| P7         | 30           | F          | 12              | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 0        | 0        | 0        | 6            | 6                | 58           | 5        | 5        | 5        | 4        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 50           | 4    | 3    | 4    | 3    | 1    | 1    | 1    | 5        |
| P8         | 35           | H          | 17              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 1        | 0        | 7            | 8                | 73           | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 2        | 1        | 0        | 6            | 8                | 65           | 4    | 4    | 4    | 2    | 1    | 0    | 0    | 4        |
| P9         | 36           | H          | 14              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 0        | 0        | 7            | 7                | 70           | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 1        | 0        |          | 6            | 7                | 60           | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 0    | 4        |
| P10        | 35           | F          | 15              | 5        | 5        | 5        | 3        | 0        | 0        | 0        | 0        | 5            | 5                | 45           | 5        | 5        | 4        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 4            | 4                | 35           | 4    | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 4        |
| C7-1       | 30           | F          | 12              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 2        | 2        | 0        | 6            | 8                | 70           | 5        | 5        | 3        | 2        | 1        | 0        | 0        | 0        | 4            | 6                | 40           | 4    | 4    | 3    | 4    | 3    | 0    | 0    | 6        |
| C7-2       | 29           | F          | 12              | 5        | 5        | 4        | 3        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 45           | 5        | 4        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 3            | 5                | 28           | 4    | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 4        |
| C7-3       | 29           | F          | 14              | 5        | 5        | 5        | 5        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 53           | 5        | 2        | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2            | 4                | 23           | 4    | 4    | 3    | 3    | 2    | 0    | 0    | 5        |
| C5-1       | 27           | F          | 11              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 0        | 0        | 0        | 6            | 6                | 63           | 5        | 5        | 5        | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        | 4            | 5                | 43           | 4    | 4    | 2    | 3    | 0    | 0    | 0    | 5        |
| C1-1       | 54           | F          | 15              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 3        | 0        | 0        | 7            | 7                | 68           | 5        | 5        | 5        | 4        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 50           | 4    | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    | 4        |
| C1-2       | 55           | F          | 15              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 0        | 0        | 7            | 7                | 70           | 5        | 4        | 3        | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        | 4            | 5                | 35           | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 0    | 0    | 5        |
| C6-1       | 43           | F          | 14              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 2        | 0        | 0        | 6            | 7                | 65           | 5        | 5        | 5        | 4        | 3        | 0        | 0        | 0        | 6            | 6                | 55           | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 0    | 0    | 5        |
| C8-1       | 38           | M          | 17              | 5        | 5        | 3        | 3        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 43           | 5        | 5        | 5        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 4            | 6                | 43           | 4    | 4    | 4    | 3    | 1    | 0    | 0    | 5        |
| C8-2       | 34           | M          | 17              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 1        | 0        | 7            | 8                | 78           | 5        | 5        | 5        | 4        | 4        | 3        | 0        | 0        | 7            | 7                | 65           | 4    | 4    | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 5        |
| C2-C       | 35           | F          | 16              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 1        | 1        | 0        | 6            | 8                | 65           | 5        | 5        | 4        | 3        | 0        | 0        | 0        | 0        | 5            | 5                | 43           | 4    | 4    | 4    | 4    | 1    | 1    | 0    | 5        |
| C2-C       | 33           | F          | 15              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 0        | 0        | 0        | 6            | 6                | 60           | 5        | 5        | 5        | 4        | 1        | 1        | 1        | 0        | 5            | 8                | 55           | 4    | 4    | 4    | 4    | 1    | 3    | 0    | 7        |
| C2-C       | 33           | F          | 15              | 5        | 5        | 5        | 5        | 2        | 1        | 0        | 0        | 5            | 7                | 58           | 5        | 5        | 5        | 4        | 2        | 5        | 0        | 0        | 7            | 7                | 65           | 4    | 4    | 4    | 2    | 2    | 2    | 0    | 4        |
| C9-1       | 34           | M          | 14              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 2        | 3        | 0        | 8            | 8                | 75           | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 0        | 0        | 0        | 6            | 6                | 58           | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 0    | 0    | 5        |
| C9-2       | 34           | M          | 14              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 4        | 3        | 0        | 8            | 8                | 78           | 5        | 5        | 5        | 4        | 4        | 3        | 1        | 0        | 7            | 8                | 68           | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 5        |
| C9-3       | 38           | M          | 14              | 5        | 5        | 5        | 4        | 5        | 1        | 1        | 0        | 6            | 8                | 65           | 5        | 5        | 5        | 3        | 3        | 2        | 0        | 0        | 6            | 7                | 58           | 4    | 4    | 4    | 2    | 1    | 0    | 0    | 4        |
| C3-1       | 45           | M          | 17              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 2        | 0        | 0        | 6            | 7                | 65           | 5        | 5        | 5        | 5        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 53           | 4    | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    | 4        |
| C3-2       | 41           | M          | 17              | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 1        | 0        | 0        | 6            | 7                | 60           | 5        | 4        | 4        | 3        | 3        | 3        | 0        | 0        | 7            | 7                | 55           | 4    | 4    | 3    | 4    | 0    | 0    | 0    | 5        |
| C3-3       | 40           | M          | 17              | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | 3        | 1        | 0        | 7            | 8                | 73           | 5        | 5        | 5        | 5        | 1        | 0        | 0        | 0        | 5            | 6                | 53           | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 5        |
| C4-1       | 49           | F          | 11              | 5        | 5        | 5        | 5        | 4        | 4        | 0        | 0        | 7            | 7                | 70           | 5        | 5        | 5        | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        | 4            | 5                | 43           | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 1    | 0    | 6        |

**ANNEXE C : TABLEAU DE RESULTATS DES PATIENTS ET CONTRÔLES A L'EVALUATION PRE-THERAPIE (p.2/5)**

| N°Anonymat | EMC-taille E | EMC-%age | EML2 | EML3 | EML4 | EML5 | EML6 | EML7 | EML-Cons | EML-taille E | EML-%age | ENMC 2 | ENMC 3 | ENMC 4 | ENMC 5 | ENMC 6 | ENMC 7 | ENMC Cons | ENMC-taille E | ENMC-%age | ENML 2 | ENML 3 | ENML 4 | ENML 5 | ENML 6 | ENML 7 | ENML Cons | ENML-taille E | ENML-%age | ELP2 | ELP3 | ELP4 | ELP5 |
|------------|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|----------|--------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------------|-----------|------|------|------|------|
| P1         | 6            | 61       | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 35       | 4      | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 3         | 3             | 25        | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 10        | 4    | 4    | 4    | 2    |
| P2         | 7            | 57       | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 45       | 4      | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 36        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 3    | 3    |
| P3         | 7            | 68       | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 50       | 4      | 4      | 2      | 2      | 0      | 0      | 3         | 5             | 43        | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 15        | 4    | 4    | 4    | 0    |
| P4         | 6            | 46       | 4    | 3    | 2    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 45       | 4      | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 32        | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 10        | 4    | 4    | 4    | 1    |
| P5         | 5            | 46       | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 40       | 3      | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 4         | 4             | 32        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 5         | 4    | 4    | 4    | 2    |
| P6         | 4            | 36       | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 40       | 4      | 2      | 2      | 0      | 0      | 0      | 2         | 4             | 29        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0         | 1             | 0         | 4    | 3    | 2    | 0    |
| P7         | 7            | 61       | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 40       | 4      | 4      | 4      | 0      | 0      | 0      | 4         | 4             | 43        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 4    | 3    |
| P8         | 6            | 54       | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 50       | 4      | 4      | 4      | 0      | 0      | 0      | 4         | 4             | 43        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| P9         | 6            | 50       | 4    | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 4        | 4            | 50       | 4      | 4      | 4      | 2      | 0      | 0      | 4         | 5             | 50        | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 10        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| P10        | 4            | 43       | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 35       | 4      | 2      | 1      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 25        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0         | 1             | 0         | 4    | 3    | 3    | 1    |
| C7-1       | 6            | 64       | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 40       | 4      | 4      | 2      | 1      | 0      | 0      | 3         | 5             | 39        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 4    | 2    |
| C7-2       | 4            | 43       | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 45       | 4      | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 36        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 5         | 4    | 4    | 1    | 0    |
| C7-3       | 6            | 57       | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 45       | 4      | 4      | 3      | 1      | 0      | 0      | 4         | 5             | 43        | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 3             | 25        | 4    | 4    | 3    | 1    |
| C5-1       | 5            | 46       | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 50       | 4      | 3      | 1      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 29        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| C1-1       | 5            | 50       | 4    | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 4        | 4            | 60       | 4      | 2      | 2      | 0      | 0      | 0      | 2         | 4             | 29        | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 15        | 4    | 4    | 4    | 2    |
| C1-2       | 6            | 61       | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 4        | 5            | 65       | 4      | 4      | 3      | 0      | 0      | 0      | 4         | 4             | 39        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| C6-1       | 6            | 61       | 4    | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 4        | 4            | 55       | 4      | 3      | 2      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 32        | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 15        | 4    | 4    | 4    | 2    |
| C8-1       | 6            | 57       | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 40       | 4      | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 32        | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 10        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| C8-2       | 5            | 54       | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 40       | 4      | 4      | 3      | 0      | 0      | 0      | 4         | 4             | 39        | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 15        | 4    | 4    | 4    | 2    |
| C2-C       | 7            | 64       | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 4        | 5            | 65       | 4      | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 36        | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 3             | 25        | 4    | 4    | 4    | 3    |
| C2-C       | 7            | 71       | 4    | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 4        | 4            | 60       | 4      | 3      | 4      | 1      | 3      | 0      | 6         | 6             | 54        | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 3             | 30        | 4    | 4    | 4    | 1    |
| C2-C       | 7            | 64       | 4    | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 4        | 5            | 70       | 4      | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 36        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| C9-1       | 6            | 61       | 4    | 4    | 3    | 1    | 0    | 0    | 4        | 5            | 60       | 4      | 4      | 1      | 1      | 1      | 0      | 3         | 6             | 39        | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 3             | 30        | 4    | 4    | 3    | 3    |
| C9-2       | 6            | 64       | 4    | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 4        | 4            | 55       | 4      | 4      | 4      | 1      | 0      | 0      | 4         | 5             | 46        | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 10        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| C9-3       | 6            | 54       | 4    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 50       | 4      | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 32        | 3      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 15        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| C3-1       | 5            | 50       | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 0    | 3        | 4            | 45       | 4      | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 32        | 4      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 2             | 20        | 4    | 4    | 4    | 4    |
| C3-2       | 5            | 54       | 4    | 4    | 2    | 1    | 0    | 0    | 3        | 5            | 55       | 4      | 4      | 3      | 0      | 0      | 0      | 4         | 4             | 39        | 3      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 3             | 20        | 4    | 4    | 3    | 0    |
| C3-3       | 6            | 64       | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 3        | 3            | 40       | 4      | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 36        | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1         | 2             | 5         | 4    | 4    | 4    | 3    |
| C4-1       | 7            | 71       | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 4        | 5            | 65       | 4      | 4      | 2      | 0      | 0      | 0      | 3         | 4             | 36        | 4      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      | 2         | 3             | 25        | 4    | 4    | 4    | 4    |

**ANNEXE C : TABLEAU DE RESULTATS DES PATIENTS ET CONTRÔLES A L'EVALUATION PRE-THERAPIE (p.3/5)**

| N°Anonymat | ELP6 | ELP-Cons | ELP-taille E | ELP-%age | ELE2 | ELE3 | ELE4 | ELE5 | ELE6 | ELE7 | ELE8 | ELE-Cons | ELE-taille E | ELE-%age | BEN-Score | BEN-%age | Baddel ey-empan s TS | Baddel ey-proportions emp TS | Baddel ey-labyrinthe TS | Baddel ey-empan s TD | Baddel ey-proportions emp TD | Baddel ey-labyrinthe TD | Baddel ey-décrément (Mu) | Baddel ey-ET(Mu) | BP Série 1-0 sec-%age | BP Série 1-5 sec-%age | BP Série 1-10 sec-%age | BP Série 1-20 sec-%age | BP Série 2-5 sec-%age | BP Série 2-10 sec-%age | BP Série 2-20 sec-%age |
|------------|------|----------|--------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|----------|--------------|----------|-----------|----------|----------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| P1         | 1    | 5        | 6            | 75       | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 0    | 7        | 7            | 79       | 120       | 45       | 7                    | 0,7                          | 166                     | 8                    | 0,8                          | 170                     | 106                      | 0,9              | 100                   | 100                   | 80                     | 80                     | 100                   | 100                    | 100                    |
| P2         | 1    | 5        | 6            | 75       | 4    | 4    | 4    | 2    | 4    | 1    | 0    | 6        | 7            | 68       | 137       | 52       | 9                    | 0,82                         | 163                     | 5                    | 0,45                         | 153                     | 78,8                     | -1               | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| P3         | 0    | 4        | 4            | 60       | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 2    | 1    | 5        | 8            | 75       | 121       | 46       | 6                    | 0,67                         | 188                     | 9                    | 0,82                         | 166                     | 102                      | 0,5              | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| P4         | 0    | 4        | 5            | 65       | 4    | 4    | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 5        | 5            | 54       | 105       | 40       | 7                    | 0,88                         | 111                     | 6                    | 0,75                         | 105                     | 91                       | -0               | 100                   | 100                   | 100                    | 80                     | 100                   | 80                     | 60                     |
| P5         | 1    | 5        | 6            | 75       | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 0    | 4        | 5            | 46       | 113       | 43       | 8                    | 0,8                          | 113                     | 5                    | 0,56                         | 108                     | 85,6                     | -1               | 100                   | 100                   | 100                    | 40                     | 100                   | 100                    | 100                    |
| P6         | 0    | 3        | 4            | 45       | 4    | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 4        | 4            | 43       | 111       | 42       | 14                   | 1                            | 51                      | 7                    | 0,7                          | 15                      | 49,7                     | -3               | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 80                    | 100                    | 80                     |
| P7         | 2    | 6        | 6            | 85       | 4    | 4    | 4    | 3    | 4    | 2    | 0    | 7        | 7            | 75       | 124       | 47       | 7                    | 0,78                         | 75                      | 5                    | 0,5                          | 84                      | 92,1                     | 0,1              | 100                   | 100                   | 100                    | 80                     | 100                   | 100                    | 100                    |
| P8         | 3    | 6        | 6            | 95       | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 1    | 7        | 8            | 86       | 133       | 50       | 6                    | 0,75                         | 191                     | 3                    | 0,5                          | 163                     | 80,2                     | -1               | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| P9         | 4    | 6        | 6            | 100      | 4    | 4    | 4    | 2    | 4    | 0    | 0    | 6        | 6            | 64       | 116       | 44       | 5                    | 0,56                         | 147                     | 4                    | 0,4                          | 137                     | 88,8                     | -0               | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| P10        | 0    | 4        | 5            | 55       | 4    | 4    | 3    | 2    | 1    | 0    | 0    | 5        | 6            | 50       | 109       | 41       | 32                   | 1                            | 173                     | 29                   | 0,94                         | 150                     | 90,1                     | -0               | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C7-1       | 1    | 4        | 6            | 75       | 4    | 4    | 4    | 2    | 1    | 0    | 0    | 4        | 6            | 54       | 134       | 51       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C7-2       | 0    | 3        | 4            | 45       | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 0    | 0    | 5        | 6            | 61       | 120       | 45       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C7-3       | 0    | 4        | 5            | 60       | 4    | 4    | 4    | 3    | 1    | 0    | 0    | 5        | 6            | 57       | 149       | 56       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C5-1       | 4    | 6        | 6            | 100      | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 4    | 0    | 7        | 7            | 75       | 142       | 54       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C1-1       | 1    | 4        | 6            | 75       | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 1    | 0    | 6        | 7            | 71       | 142       | 54       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C1-2       | 4    | 6        | 6            | 100      | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 2    | 1    | 5        | 7            | 75       | 149       | 56       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 80                     | 80                     |
| C6-1       | 0    | 4        | 5            | 70       | 4    | 4    | 4    | 2    | 2    | 2    | 0    | 4        | 7            | 64       | 103       | 39       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C8-1       | 2    | 5        | 6            | 90       | 4    | 4    | 4    | 3    | 0    | 0    | 0    | 5        | 5            | 54       | 139       | 53       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C8-2       | 1    | 4        | 6            | 75       | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 6        | 7            | 75       | 142       | 54       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C2-C       | 3    | 6        | 6            | 90       | 4    | 4    | 4    | 4    | 1    | 0    | 0    | 5        | 6            | 61       | 137       | 52       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C2-C       | 3    | 6        | 6            | 80       | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 0    | 7        | 7            | 75       | 123       | 47       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C2-C       | 4    | 6        | 6            | 100      | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 3    | 2    | 7        | 8            | 82       | 117       | 44       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C9-1       | 1    | 5        | 6            | 75       | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 3    | 0    | 7        | 7            | 75       | 127       | 48       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C9-2       | 3    | 6        | 6            | 95       | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 1    | 2    | 5        | 8            | 71       | 122       | 46       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C9-3       | 2    | 5        | 6            | 90       | 4    | 3    | 4    | 3    | 2    | 0    | 0    | 5        | 6            | 57       | 123       | 47       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C3-1       | 4    | 6        | 6            | 100      | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    | 2    | 0    | 6        | 7            | 75       | 126       | 48       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C3-2       | 0    | 4        | 4            | 55       | 4    | 4    | 4    | 3    | 1    | 3    | 1    | 7        | 8            | 71       | 139       | 53       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C3-3       | 1    | 5        | 6            | 80       | 4    | 4    | 4    | 4    | 2    | 4    | 0    | 7        | 7            | 79       | 134       | 51       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |
| C4-1       | 2    | 5        | 6            | 90       | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 0    | 0    | 6        | 6            | 71       | 125       | 47       |                      |                              |                         |                      |                              |                         |                          |                  | 100                   | 100                   | 100                    | 100                    | 100                   | 100                    | 100                    |

**ANNEXE C : TABLEAU DE RESULTATS DES PATIENTS ET CONTRÔLES A L'EVALUATION PRE-THERAPIE (p. 4/5)**

| N°An<br>onym<br>at | BP<br>Série<br>3-5<br>sec-<br>%age | BP<br>Série<br>3-10<br>sec-<br>%age | BP<br>Série<br>3-20<br>sec-<br>%age | BP<br>Série<br>4-5<br>sec-<br>%age | BP<br>Série<br>4-10<br>sec-<br>%age | BP<br>Série<br>4-20<br>sec-<br>%age | BP<br>Série<br>1-<br>%age<br>total | BP<br>Série<br>2-<br>%age<br>total | BP<br>Série<br>3-<br>%age<br>total | BP<br>Série<br>4-<br>%age<br>total | EVSSé<br>q-<br>End2 | EVSSé<br>q-<br>End3 | EVSSé<br>q-<br>End4 | EVSSé<br>q-<br>End5 | EVSSé<br>q-<br>End6 | EVSSé<br>q-<br>End7 | EVSSé<br>q-<br>End8 | EVSSé<br>q-<br>End9 | EVSSé<br>q-End-<br>Cons | EVSSé<br>q-End-<br>taille<br>E | EVSSé<br>q-End-<br>%age | EVSSé<br>q-<br>Env2 | EVSSé<br>q-<br>Env3 | EVSSé<br>q-<br>Env4 | EVSSé<br>q-<br>Env5 | EVSSé<br>q-<br>Env6 | EVSSé<br>q-<br>Env7 | EVSSé<br>q-<br>Env8 | EVSSé<br>q-<br>Env9 | EVSSé<br>q-Env-<br>Cons | EVSSé<br>q-Env-<br>taille<br>E | EVSSé<br>q-Env-<br>%age | EVSSI<br>m-<br>Reco2 |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------|
| P1                 | 100                                | 100                                 | 60                                  | 60                                 | 40                                  | 80                                  | 90                                 | 100                                | 87                                 | 60                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 3                   | 0                   | 0                   | 6                       | 6                              | 55                      | 5                   | 5                   | 5                   | 2                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 5                              | 45                      | 5                    |
| P2                 | 0                                  | 20                                  | 20                                  | 80                                 | 20                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 13                                 | 47                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 6                              | 48                      | 5                   | 5                   | 4                   | 1                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 6                              | 40                      | 5                    |
| P3                 | 100                                | 100                                 | 80                                  | 100                                | 60                                  | 100                                 | 100                                | 100                                | 93                                 | 87                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 2                   | 2                   | 0                   |                     | 5                       | 7                              | 55                      | 5                   | 5                   | 4                   | 3                   | 2                   | 1                   | 0                   | 0                   | 5                       | 7                              | 50                      | 5                    |
| P4                 | 40                                 | 60                                  | 80                                  | 60                                 | 20                                  | 20                                  | 95                                 | 80                                 | 60                                 | 33                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 4                   | 1                   | 1                   | 0                   | 6                       | 8                              | 63                      | 5                   | 5                   | 5                   | 1                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 6                              | 43                      | 5                    |
| P5                 | 0                                  | 20                                  | 60                                  | 80                                 | 20                                  | 20                                  | 85                                 | 100                                | 27                                 | 40                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 7                       | 7                              | 70                      | 5                   | 5                   | 4                   | 2                   | 1                   | 1                   | 0                   | 0                   | 4                       | 7                              | 48                      | 5                    |
| P6                 | 60                                 | 20                                  | 0                                   | 0                                  | 0                                   | 0                                   | 100                                | 87                                 | 27                                 | 0                                  | 5                   | 5                   | 2                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 3                       | 5                              | 33                      | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 3                       | 3                              | 20                      | 5                    |
| P7                 | 100                                | 100                                 | 80                                  | 60                                 | 40                                  | 40                                  | 95                                 | 100                                | 93                                 | 47                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 3                   | 1                   | 0                   | 7                       | 8                              | 68                      | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 2                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 65                      | 5                    |
| P8                 | 100                                | 100                                 | 100                                 | 100                                | 100                                 | 100                                 | 100                                | 100                                | 100                                | 100                                | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 1                   | 1                   | 0                   | 6                       | 8                              | 63                      | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 2                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 65                      | 5                    |
| P9                 | 100                                | 100                                 | 100                                 | 100                                | 80                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 73                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 0                   | 0                   |                     | 6                       | 6                              | 60                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 6                       | 6                              | 53                      | 5                    |
| P10                | 60                                 | 40                                  | 20                                  | 40                                 | 20                                  | 20                                  | 100                                | 100                                | 40                                 | 27                                 | 5                   | 5                   | 4                   | 4                   | 2                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 6                              | 50                      | 3                   | 5                   | 4                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 5                              | 38                      | 5                    |
| C7-1               | 60                                 | 80                                  | 80                                  | 100                                | 40                                  | 80                                  | 100                                | 100                                | 73                                 | 73                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 2                   | 3                   | 0                   | 0                   | 7                       | 7                              | 63                      | 5                   | 5                   | 4                   | 3                   | 2                   | 1                   | 0                   | 0                   | 5                       | 7                              | 50                      | 5                    |
| C7-2               | 60                                 | 60                                  | 60                                  | 60                                 | 20                                  | 20                                  | 100                                | 100                                | 60                                 | 33                                 | 5                   | 5                   | 4                   | 4                   | 2                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 6                              | 50                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 4                   | 0                   | 0                   | 0                   | 6                       | 6                              | 55                      | 5                    |
| C7-3               | 60                                 | 100                                 | 80                                  | 60                                 | 20                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 80                                 | 40                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 2                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 6                              | 45                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 5                              | 45                      | 5                    |
| C5-1               | 80                                 | 100                                 | 80                                  | 80                                 | 60                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 87                                 | 60                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 6                              | 53                      | 5                   | 5                   | 3                   | 2                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 5                              | 38                      | 5                    |
| C1-1               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 80                                 | 60                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 60                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 5                              | 50                      | 5                   | 5                   | 5                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 5                              | 40                      | 5                    |
| C1-2               | 80                                 | 100                                 | 80                                  | 100                                | 60                                  | 60                                  | 100                                | 87                                 | 87                                 | 73                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 2                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 63                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 5                              | 45                      | 5                    |
| C6-1               | 100                                | 80                                  | 80                                  | 80                                 | 60                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 87                                 | 60                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 6                              | 53                      | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 6                       | 6                              | 58                      | 5                    |
| C8-1               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 80                                 | 40                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 53                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 2                   | 2                   | 1                   | 0                   | 0                   | 4                       | 7                              | 50                      | 5                   | 5                   | 5                   | 2                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 6                       | 6                              | 50                      | 5                    |
| C8-2               | 80                                 | 100                                 | 100                                 | 100                                | 100                                 | 80                                  | 100                                | 100                                | 93                                 | 93                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 2                   | 2                   | 0                   | 0                   | 5                       | 7                              | 58                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 6                              | 48                      | 5                    |
| C2-C               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 100                                | 80                                  | 80                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 87                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 1                   | 1                   | 0                   | 6                       | 8                              | 63                      | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 3                   | 2                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 60                      | 5                    |
| C2-C               | 80                                 | 100                                 | 100                                 | 100                                | 100                                 | 80                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 93                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 1                   | 1                   | 1                   | 6                       | 9                              | 65                      | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 2                   | 1                   | 1                   | 3                   | 9                       | 9                              | 65                      | 5                    |
| C2-C               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 60                                 | 80                                  | 80                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 73                                 | 5                   | 5                   | 4                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 5                              | 38                      | 5                   | 5                   | 5                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 5                              | 40                      | 5                    |
| C9-1               | 60                                 | 100                                 | 100                                 | 100                                | 100                                 | 80                                  | 100                                | 100                                | 87                                 | 93                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 3                   | 1                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 58                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 4                   | 2                   | 1                   | 0                   | 6                       | 8                              | 63                      | 5                    |
| C9-2               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 80                                 | 100                                 | 60                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 80                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 6                       | 6                              | 58                      | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 4                   | 2                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 63                      | 5                    |
| C9-3               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 80                                 | 80                                  | 80                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 80                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 1                   | 0                   | 7                       | 8                              | 75                      | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 3                   | 1                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 58                      | 5                    |
| C3-1               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 100                                | 40                                  | 80                                  | 100                                | 100                                | 100                                | 73                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 1                   | 2                   | 0                   | 0                   | 5                       | 7                              | 58                      | 5                   | 5                   | 5                   | 4                   | 4                   | 1                   | 0                   | 0                   | 6                       | 7                              | 60                      | 5                    |
| C3-2               | 100                                | 100                                 | 80                                  | 40                                 | 60                                  | 40                                  | 100                                | 100                                | 93                                 | 47                                 | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 2                   | 2                   | 0                   | 0                   | 5                       | 7                              | 60                      | 5                   | 5                   | 4                   | 2                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 6                              | 43                      | 5                    |
| C3-3               | 100                                | 100                                 | 100                                 | 100                                | 100                                 | 100                                 | 100                                | 100                                | 100                                | 100                                | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 7                       | 7                              | 70                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 5                              | 45                      | 5                    |
| C4-1               | 100                                | 60                                  | 100                                 | 80                                 | 60                                  | 20                                  | 100                                | 100                                | 87                                 | 53                                 | 5                   | 5                   | 4                   | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 4                       | 5                              | 38                      | 5                   | 5                   | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 5                       | 5                              | 45                      | 5                    |

**ANNEXE C : TABLEAU DE RESULTATS DES PATIENTS ET CONTRÔLES A L'EVALUATION PRE-THERAPIE (p. 5/5)**

| N°Anonymat | EVSSI m-Reco3 | EVSSI m-Reco4 | EVSSI m-Reco5 | EVSSI m-Reco6 | EVSSI m-Reco7 | EVSSI m-Reco8 | EVSSI m-Reco9 | EVSSI m-Reco-Cons | EVSSI m-Reco-taille E | EVSSI m-Reco-%age | EVSSI m-CM2 | EVSSI m-CM3 | EVSSI m-CM4 | EVSSI m-CM5 | EVSSI m-CM6 | EVSSI m-CM7 | EVSSI m-CM8 | EVSSI m-CM9 | EVSSI m-CM-Cons | EVSSI m-CM-taille E | EVSSI m-CM-%age | PASAT-/60 | PASAT-Perccentile | QPM DT-Attention-/40 | QPM DT-FEx-/40 | QPM DT-MDT-/40 | QPM DT-Total-/120 | QPM DT-Total-ET | QPM DT-Echell e |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------|-------------------|----------------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| P1         | 5             | 5             | 5             | 5             | 4             | 3             | 3             | 9                 | 9                     | 88                | 5           | 5           | 4           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 97,5            | 54        | 50                | 14                   | 3              | 10             | 27                | -1              | 7               |
| P2         | 5             | 5             | 3             | 2             | 1             | 2             | 1             | 5                 | 9                     | 60                | 5           | 3           | 5           | 4           | 4           | 5           | 5           | 4           | 9               | 9                   | 87,5            | 55        | 25                | 23                   | 22             | 21             | 66                | -4              |                 |
| P3         | 5             | 4             | 5             | 5             | 2             | 5             | 5             | 9                 | 9                     | 90                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             | 56        | 50                | 21                   | 14             | 19             | 54                | -3              | 3,5             |
| P4         | 5             | 5             | 5             | 5             | 2             | 1             | 3             | 9                 | 9                     | 78                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 9               | 9                   | 97,5            | 34        | 5                 | 19                   | 7              | 15             | 41                | -2              | 4               |
| P5         | 5             | 5             | 3             | 4             | 1             | 3             | 3             | 6                 | 9                     | 73                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             | 56        | 75                | 12                   | 4              | 9              | 25                | -1              | 7               |
| P6         | 5             | 3             | 2             | 0             | 0             | 0             | 0             | 4                 | 5                     | 38                | 5           | 5           | 3           | 4           | 4           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 90              |           |                   | 29                   | 25             | 23             | 77                | -5              | 5               |
| P7         | 5             | 5             | 4             | 5             | 5             | 3             | 5             | 9                 | 9                     | 93                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             | 59        | 90                | 3                    | 2              | 7              | 12                | 0,5             | 7               |
| P8         | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 4             | 9                 | 9                     | 98                | 5           | 4           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 97,5            | 60        | 100               | 17                   | 4              | 19             | 40                | -2              | 3               |
| P9         | 5             | 5             | 3             | 3             | 5             | 3             | 4             | 9                 | 9                     | 83                | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 97,5            | 53        | 25                | 6                    | 2              | 2              | 10                | 0,7             | 8               |
| P10        | 5             | 5             | 5             | 2             | 1             | 1             | 1             | 5                 | 9                     | 63                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             | 44        | 5                 | 26                   | 13             | 18             | 57                | -3              | 4               |
| C7-1       | 4             | 4             | 5             | 3             | 3             | 1             | 2             | 7                 | 9                     | 68                | 4           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 97,5            |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C7-2       | 5             | 5             | 5             | 4             | 5             | 4             | 5             | 9                 | 9                     | 95                | 5           | 5           | 5           | 4           | 5           | 5           | 5           | 4           | 9               | 9                   | 95              |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C7-3       | 5             | 4             | 5             | 5             | 5             | 3             | 5             | 9                 | 9                     | 93                | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 97,5            |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C5-1       | 5             | 5             | 5             | 3             | 3             | 2             | 2             | 7                 | 9                     | 75                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C1-1       | 5             | 5             | 3             | 1             | 1             | 0             | 0             | 5                 | 7                     | 50                | 5           | 4           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 9               | 9                   | 95              |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C1-2       | 5             | 5             | 4             | 4             | 4             | 3             | 3             | 9                 | 9                     | 83                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 4           | 4           | 9               | 9                   | 92,5            |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C6-1       | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 3             | 4             | 9                 | 9                     | 93                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 5           | 4           | 9               | 9                   | 95              |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C8-1       | 5             | 5             | 5             | 3             | 4             | 4             | 4             | 9                 | 9                     | 88                | 5           | 5           | 5           | 3           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 95              |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C8-2       | 5             | 5             | 5             | 4             | 5             | 5             | 4             | 9                 | 9                     | 95                | 5           | 5           | 4           | 4           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 95              |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C2-C       | 5             | 5             | 4             | 4             | 5             | 5             | 5             | 9                 | 9                     | 95                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C2-C       | 5             | 5             | 5             | 3             | 5             | 5             | 5             | 9                 | 9                     | 95                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C2-C       | 5             | 5             | 5             | 4             | 5             | 4             | 5             | 9                 | 9                     | 95                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 4           | 5           | 9               | 9                   | 97,5            |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C9-1       | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 9                 | 9                     | 100               | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C9-2       | 5             | 5             | 5             | 5             | 4             | 3             | 3             | 9                 | 9                     | 88                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C9-3       | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 4             | 9                 | 9                     | 98                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C3-1       | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 9                 | 9                     | 100               | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C3-2       | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 9                 | 9                     | 100               | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C3-3       | 5             | 5             | 5             | 5             | 4             | 5             | 4             | 9                 | 9                     | 95                | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 100             |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |
| C4-1       | 5             | 4             | 2             | 1             | 0             | 0             | 0             | 4                 | 6                     | 43                | 4           | 4           | 3           | 4           | 5           | 5           | 5           | 5           | 9               | 9                   | 87,5            |           |                   |                      |                |                |                   |                 |                 |

**ANNEXE D : RESULTATS COMPLEMENTAIRES DE LA LIGNE DE BASE**  
**POUR LES 6 PATIENTS ENTRANT DANS LE PROTOCOLE DE REEDUCATION**

| Anonymi<br>sation | Groupe<br>Patient | Age  | Sexe<br>(H/F) | Années<br>d'étude<br>s | CVLT-<br>A1-ET-<br>pré | CVLT -<br>A1à5-<br>/80-pré | CVLT -<br>A1à5-<br>ET-pré | CVLT-<br>A1à5-<br>pers-<br>pré | CVLT-<br>A1à5-<br>intrus-<br>pré | CVLT-B-<br>ET-pré | CVLT-B-<br>pers-<br>pré | CVLT-B-<br>intrus-<br>pré | CVLT-A-<br>RLCT-<br>ET-pré | CVLT-A-<br>RLCT-<br>pers-<br>pré | CVLT-A-<br>RLCT-<br>intrus-<br>pré | CVLT-A-<br>RICT-ET-<br>pré | CVLT-A-<br>RICT-<br>pers-<br>pré | CVLT-A-<br>RICT-<br>intrus-<br>pré | CVLT-A-<br>RLLT-ET-<br>pré | CVLT-A-<br>RLLT-<br>pers-<br>pré | CVLT-A-<br>RLLT-<br>intrus-<br>pré | CVLT-A-<br>RILT-ET-<br>pré | CVLT-A-<br>RILT-<br>pers-<br>pré | CVLT-A-<br>RILT-<br>intrus-<br>pré | CVLT-<br>Reco-<br>/16-pré |
|-------------------|-------------------|------|---------------|------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| P1                | Rééduqué          | 53,9 | F             | 15                     | -1,8                   | 30                         | -3,3                      | 7                              | 5                                | -1,8              | 0                       | 5                         | -2,4                       | 2                                | 1                                  | -3,2                       | 0                                | 4                                  | -2,9                       | 1                                | 3                                  | -3,5                       | 0                                | 4                                  | 16                        |
| P2                | Rééduqué          | 37,3 | F             | 16                     | -1,8                   | 49                         | -1,9                      | 3                              | 2                                | -1,7              | 0                       | 0                         |                            | 0                                | 1                                  |                            | 0                                | 1                                  |                            | 0                                | 1                                  |                            | 0                                | 1                                  | 14                        |
| P3                | Rééduqué          | 43,9 | H             | 17                     | -0,8                   | 64                         | 0,26                      | 17                             | 1                                | 1,56              | 0                       | 0                         | -0,5                       | 1                                | 0                                  | -0,4                       | 0                                | 2                                  | -0,1                       | 1                                | 1                                  | -0,1                       | 1                                | 2                                  | 16                        |
| P4                | Contrôle          | 41,9 | F             | 11                     | 1,32                   | 60                         | 0,45                      | 1                              | 2                                | -0,1              | 0                       | 2                         | 0,09                       | 2                                | 0                                  | 0,82                       | 0                                | 0                                  | 0,62                       | 0                                | 0                                  | 0,59                       | 0                                | 0                                  | 16                        |
| P5                | Contrôle          | 21,2 | F             | 11                     | -0,5                   | 60                         | -0,1                      | 3                              | 3                                | -0,7              | 0                       | 0                         |                            | 1                                | 2                                  |                            | 0                                | 3                                  |                            | 0                                | 2                                  |                            | 1                                | 1                                  | 16                        |
| P6                | Contrôle          | 42,3 | F             | 14                     | -1,6                   | 32                         | -3,3                      | 2                              | 0                                | -1,2              | 0                       | 0                         | -2,6                       | 0                                | 0                                  | -1,4                       | 0                                | 0                                  | -1,5                       | 1                                | 0                                  | -1,3                       | 0                                | 1                                  | 14                        |

| Anonymi<br>sation | FLUENCE-<br>ELF-ET-pré | FLUENC<br>E-ELS-<br>ET-pré | STROO<br>P-<br>Interfér<br>ence-<br>tps-pré | STROO<br>P-<br>Interfér<br>ence -<br>ET tps-<br>pré | STROO<br>P-<br>(Interf-<br>Dénom<br>)-tps-<br>pré | STROO<br>P-<br>(Interf-<br>Dénom<br>)-ENC-<br>pré | STROO<br>P-<br>(Interf-<br>Dénom<br>) -ET<br>tps-pré | STROO<br>P-<br>(Interf-<br>Dénom<br>)-ET<br>ENC-<br>pré | TMT A-<br>tps-pré | TMT A-<br>ET tps-<br>pré | TMT B-<br>tps-pré | TMT B-<br>ET tps-<br>pré | TMT B-<br>ENC-<br>pré | TMT B-<br>ET<br>Erreurs-<br>pré | TMT-<br>(temps<br>B-A)-<br>pré | TMT-<br>ET(tem<br>ps B-A)-<br>pré | TMT-<br>erreurs<br>(B-A)-<br>pré | TMT-ET<br>erreurs<br>(B-A)-<br>pré | Fatigue-<br>moy/7-<br>pré | RSAB-<br>Patient-<br>/56-pré | RSAB-<br>Patient-<br>ET-pré | RSAB-<br>Proche-<br>/56-pré | RSAB-<br>Proche-<br>ET-pré | ECVB-<br>Total-<br>/114-<br>pré | ECVB-<br>Total-<br>%age-<br>pré |
|-------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| P1                | -2,1669                | -1,6                       | 137                                         | -1,4                                                | 85                                                | 3                                                 | -1,8                                                 | -3,6                                                    | 24,6              | 0,81                     | 102               | -1,2                     | 1                     | -1,7                            | 77,4                           | -1,9                              | 1                                | -1,7                               | 4                         | 10                           | 0,27                        | 17                          | -1,1                       | 101                             | 88,6                            |
| P2                | 0                      | 0,05                       | 102                                         | -0,6                                                | 47                                                | 0                                                 | -0,8                                                 | 0,36                                                    | 30                | -0,1                     | 90                | -1,4                     | 1                     | -3,4                            | 60                             | -1,5                              | 1                                | -3,6                               | 6                         | 42                           | -4                          | 27                          | -2,6                       | 64                              | 56,1                            |
| P3                | 1,26341                | 2,17                       | 96                                          | 0,28                                                | 44                                                | 0                                                 | 0,09                                                 | 0,34                                                    | 21                | 1,07                     | 47                | 1,08                     | 0                     | 0,3                             | 26                             | 0,52                              | 0                                | 0,3                                | 5,33                      | 27                           | -2                          | 10                          | -0                         | 78                              | 68,4                            |
| P4                | -0,7764                | -0,6                       | 110                                         | 0,3                                                 | 47                                                | 0                                                 | 0,33                                                 | 0,37                                                    | 25                | 1,21                     | 99                | -0,3                     | 1                     | 0,38                            | 74                             | -0,8                              | 1                                | -1,5                               | 4,67                      | 16                           | -0,2                        | 21                          | -1,2                       | 88                              | 77,2                            |
| P5                | 2,14286                | 1,91                       | 108                                         | -0,3                                                | 39                                                | 0                                                 | 0,08                                                 | 0,26                                                    | 38                | -0,6                     | 63                | 0,13                     | 0                     | 0,3                             | 25                             | 0,5                               | 0                                | 0,27                               | 6,44                      | 21                           | -0,9                        | 28                          | -2,2                       | 94                              | 82,5                            |
| P6                | -1,2422                | -2,7                       | 120                                         | -0,7                                                | 35                                                | 0                                                 | 0,5                                                  | 0,34                                                    | 52,8              | -1,2                     | 292               | -9,1                     | 2                     | -3,7                            | 239                            | -9,6                              | 2                                | -3,7                               | 6,33                      | 34                           | -2,9                        | 22                          | -1,9                       | 66                              | 57,9                            |

# **ANNEXE E : RESULTATS POST-THERAPIE DES 6 PATIENTS A TOUTES LES EPREUVES (P. 1/3)**

| N° anonymisation | Groupe Patients | Age-évaluation pré | Sexe (H/F) | Années d'études | Age en Années-évaluation post | Intervalle libre mois évaluation post | EAV-End2-post | EAV-End3-post | EAV-End4-post | EAV-End5-post | EAV-End6-post | EAV-End7-post | EAV-End8-post | EAV-End9-post | EAV End-Cons-post | EAV-End-taille E-post | EAV-End-%age-post | EAV-Env2-post | EAV-Env3-post | EAV-Env4-post | EAV-Env5-post | EAV-Env6-post | EAV-Env7-post | EAV-Env8-post |
|------------------|-----------------|--------------------|------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P1               | PR              | 53,9               | F          | 15              | 54,4                          | 29                                    | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 1             | 8                 | 9                     | 85                | 5             | 5             | 5             | 4             | 3             | 2             | 1             |
| P2               | PR              | 37,3               | F          | 16              | 37,8                          | 19                                    | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 4             | 1             | 0             | 7                 | 8                     | 40                | 5             | 5             | 5             | 5             | 3             | 1             | 0             |
| P3               | PR              | 43,9               | H          | 17              | 44,3                          | 43                                    | 5             | 5             | 5             | 5             | 4             | 5             | 4             | 3             | 9                 | 9                     | 90                | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 5             | 2             |
| P4               | PC              | 41,9               | F          | 11              | 42,3                          | 14                                    | 5             | 5             | 5             | 3             | 2             | 0             | 0             | 0             | 5                 | 6                     | 50                | 5             | 5             | 2             | 1             | 0             | 0             | 0             |
| P5               | PC              | 21,2               | F          | 11              | 21,5                          | 12                                    | 5             | 5             | 4             | 3             | 2             | 1             | 0             | 0             | 5                 | 7                     | 50                | 5             | 5             | 5             | 1             | 0             | 0             | 0             |
| P6               | PC              | 42,3               | F          | 14              | 42,8                          | 30                                    | 5             | 5             | 4             | 2             | 0             | 0             | 0             | 0             | 4                 | 5                     | 40                | 5             | 3             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |

PR : Patients Rééduqués PC : Patients Contrôles

EAV : Empans Auditivo-verbaux (chiffres)

EML : Empans de mots longs

| N° anonymisation | EAV-Env9-post | EAV Env-Cons-post | EAV-Env-taille E-post | EAV-Env-%age-post | EMC2-post | EMC3-post | EMC4-post | EMC5-post | EMC6-post | EMC7-post | EMC8-post | EMC-Cons-post | EMC-taille E-post | EMC-%age-post | EML2-post | EML3-post | EML4-post | EML5-post | EML6-post | EML7-post | EML-Cons-post | EML-taille E-post | EML-%age-post | ENMC2-post |
|------------------|---------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------------------|---------------|------------|
| P1               | 0             | 6                 | 8                     | 62,5              | 4         | 4         | 4         | 3         | 4         | 0         | 0         | 6             | 6                 | 67,9          | 4         | 4         | 3         | 0         | 0         | 0         | 4             | 4                 | 55            | 4          |
| P2               | 0             | 6                 | 7                     | 60                | 4         | 4         | 4         | 3         | 3         | 1         | 0         | 6             | 7                 | 67,9          | 4         | 4         | 4         | 0         | 0         | 0         | 4             | 4                 | 60            | 4          |
| P3               | 3             | 9                 | 9                     | 75                | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         | 3         | 0         | 7             | 7                 | 82,1          | 4         | 4         | 2         | 3         | 0         | 0         | 5             | 5                 | 65            | 4          |
| P4               | 0             | 3                 | 5                     | 32,5              | 4         | 4         | 4         | 2         | 0         | 0         | 0         | 4             | 5                 | 50            | 4         | 4         | 3         | 0         | 0         | 0         | 4             | 4                 | 55            | 4          |
| P5               | 0             | 4                 | 5                     | 40                | 4         | 4         | 4         | 3         | 0         | 0         | 0         | 5             | 5                 | 53,6          | 4         | 2         | 0         | 0         | 0         | 0         | 2             | 3                 | 30            | 4          |
| P6               | 0             | 3                 | 3                     | 20                | 4         | 4         | 3         | 0         | 0         | 0         | 0         | 4             | 4                 | 39,3          | 4         | 3         | 1         | 0         | 0         | 0         | 3             | 4                 | 40            | 4          |

EMC : Empans de mots courts

ENMC : Empans de non-mots courts

ENML : Empans de non-mots longs

ELP : Empans de lettres proches

| N° anonymisation | ENMC3-post | ENMC4-post | ENMC5-post | ENMC6-post | ENMC7-post | ENMC-Cons-post | ENMC-taille E-post | ENMC-%age-post | ENML2-post | ENML3-post | ENML4-post | ENML5-post | ENML6-post | ENML7-post | ENML-Cons-post | ENML-taille E-post | ENML-%age-post | ELP2-post | ELP3-post | ELP4-post | ELP5-post | ELP6-post | ELP-Cons-post | ELP-taille E-post |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|--------------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------------------|
| P1               | 4          | 1          | 0          | 0          | 0          | 3              | 4                  | 32,1           | 4          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 2              | 2                  | 20             | 4         | 4         | 4         | 1         | 3         | 6             | 6                 |
| P2               | 4          | 2          | 0          | 0          | 0          | 3              | 4                  | 35,7           | 4          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 2              | 2                  | 20             | 4         | 4         | 4         | 2         | 2         | 4             | 6                 |
| P3               | 4          | 3          | 2          | 1          | 0          | 4              | 6                  | 50             | 4          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 2              | 3                  | 25             | 4         | 4         | 4         | 4         | 2         | 5             | 6                 |
| P4               | 4          | 2          | 0          | 0          | 0          | 3              | 4                  | 35,7           | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1              | 1                  | 5              | 4         | 4         | 4         | 2         | 0         | 4             | 5                 |
| P5               | 1          | 1          | 0          | 0          | 0          | 2              | 4                  | 21,4           | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1              | 1                  | 5              | 4         | 4         | 4         | 1         | 1         | 4             | 6                 |
| P6               | 3          | 2          | 0          | 0          | 0          | 3              | 4                  | 32,1           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1              | 1                  | 0              | 4         | 4         | 2         | 0         | 0         | 3             | 4                 |

# **ANNEXE E : RESULTATS POST-THERAPIE DES 6 PATIENTS A TOUTES LES EPREUVES (P. 2/3)**

| N° anonymisation | ELP-%age-post | ELE2-post | ELE3-post | ELE4-post | ELE5-post | ELE6-post | ELE7-post | ELE8-post | ELE-Cons-post | ELE-taille E-post | ELE-%age-post | Lecture BEN-Score-post | Lecture BEN-%age-post | Baddeley-empans TS-post | Baddeley-proportions empans TS-post | Baddeley-labyrinthe TS-post | Baddeley-empans TD-post | Baddeley-proportions empans TD-post | Baddeley-labyrinthe TD-post | Baddeley-décrément (Mu)-post | Baddeley ET(Mu)-post | BP Série 1 0 sec-%age-post | BP Série 1 5 sec-%age-post | BP Série 1 10 sec-%age-post |
|------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------------------|---------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| P1               | 80            | 4         | 4         | 4         | 4         | 3         | 4         | 0         | 7             | 7                 | 82,1          | 128                    | 48,5                  | 5                       | 0,63                                | 183                         | 9                       | 1                                   | 197                         | 123                          | 2,05                 | 100                        | 100                        | 100                         |
| P2               | 80            | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         | 3         | 0         | 7             | 7                 | 82,1          | 128                    | 48,5                  | 2                       | 0,22                                | 166                         | 0                       | 0                                   | 158                         | 86,5                         | -0,37                | 100                        | 100                        | 100                         |
| P3               | 90            | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         | 3         | 1         | 7             | 8                 | 85,7          | 116                    | 43,9                  |                         |                                     |                             |                         |                                     |                             |                              |                      | 100                        | 100                        | 100                         |
| P4               | 70            | 4         | 4         | 4         | 4         | 3         | 2         | 0         | 6             | 7                 | 75            | 106                    | 40,2                  | 11                      | 0,85                                | 133                         | 12                      | 0,86                                | 144                         | 105                          | 1,06                 | 100                        | 100                        | 100                         |
| P5               | 70            | 4         | 4         | 4         | 4         | 0         | 0         | 0         | 5             | 5                 | 57,1          | 133                    | 50,4                  | 10                      | 0,67                                | 131                         | 11                      | 0,73                                | 130                         | 103                          | 0,5                  | 100                        | 100                        | 100                         |
| P6               | 50            | 4         | 4         | 4         | 1         | 0         | 0         | 0         | 4             | 5                 | 46,4          | 121                    | 45,8                  | 15                      | 0,94                                | 63                          | 6                       | 0,55                                | 19                          | 45,5                         | -3,58                | 80                         | 100                        | 100                         |

ELP : Empans de lettres proches ELE : Empans de lettres éloignées

TS : tâche simple

TD : Tâche double

BP : Brown-Peterson

| N° anonymisation | BP Série 1 20 sec-%age-post | BP Série 2 5 sec-%age-post | BP Série 2 10 sec-%age-post | BP Série 2 20 sec-%age-post | BP Série 3 5 sec-%age-post | BP Série 3 10 sec-%age-post | BP Série 3 20 sec-%age-post | BP Série 4 5 sec-%age-post | BP Série 4 10 sec-%age-post | BP Série 4 20 sec-%age-post | BP Série 1 %age total-post | BP Série 2 %age total-post | BP Série 3 %age total-post | BP Série 4 %age total-post | CVLT-A1-ET-post | CVLT - A1à5-/80-post | CVLT - A1à5-ET-post | CVLT - A1à5-pers-post | CVLT - A1à5-intrus-post | CVLT-B-ET-post | CVLT-B-pers-post | CVLT-B-intrus-post | CVLT-A-RLCT-ET-post | CVLT-A-RLCT-pers-post |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| P1               | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 80                         | 100                         | 60                          | 100                        | 100                        | 100                        | 80                         | -0,22           | 42                   | -1,93               | 8                     | 2                       | -1,13          | 2                | 2                  | -2,79               | 0                     |
| P2               | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 100                        | 20                          | 80                          | 100                        | 100                        | 100                        | 66,7                       | -0,72           | 61                   | -0,1                | 2                     | 2                       | -1,7           | 0                | 1                  |                     | 0                     |
| P3               | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 100                        | 80                          | 100                         | 100                        | 100                        | 100                        | 93,3                       | 0,8             | 69                   | 0,85                | 5                     | 1                       | 0,58           | 0                | 0                  | -0,48               | 0                     |
| P4               | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 40                         | 80                          | 80                          | 100                        | 100                        | 100                        | 66,7                       | 1,33            | 58                   | 0,23                | 4                     | 5                       | 0,39           | 0                | 0                  | 0,11                | 0                     |
| P5               | 100                         | 100                        | 100                         | 100                         | 40                         | 40                          | 40                          | 20                         | 60                          | 20                          | 100                        | 100                        | 40                         | 33,3                       | 0,62            | 67                   | 0,92                | 1                     | 0                       | -1,54          | 0                | 2                  |                     | 0                     |
| P6               | 100                         | 60                         | 60                          | 80                          | 80                         | 0                           | 20                          | 0                          | 0                           | 0                           | 95                         | 66,7                       | 33,3                       | 0                          | -1,08           | 59                   | -0,11               | 1                     | 0                       | -1,22          | 0                | 0                  | 0,48                | 0                     |

BP : Brown-Peterson

CVLT : Californial Verbal Learning Test

RLCT-RICT : Rappel libre ou indicé à court terme RLLT-RILT : Rappel libre ou indicé à long terme

| N° anonymisation | CVLT-A-RLCT-intrus-post | CVLT-A-RLCT-ET-post | CVLT-A-RLCT-pers-post | CVLT-A-RLCT-intrus-post | CVLT-A-RLCT-ET-post | CVLT-A-RLCT-pers-post | CVLT-A-RLCT-intrus-post | CVLT-A-RLCT-ET-post | CVLT-A-RLCT-pers-post | CVLT-A-RLCT-intrus-post | CVLT-Reconnaissance-/16-post | EVSSÉq-End2-post | EVSSÉq-End3-post | EVSSÉq-End4-post | EVSSÉq-End5-post | EVSSÉq-End6-post | EVSSÉq-End7-post | EVSSÉq-End8-post | EVSSÉq-End9-post | EVSSÉq-End-Cons-post | EVSSÉq-End-taille E-post | EVSSÉq-End-%age-post | EVSSÉq-Env2-post | EVSSÉq-Env3-post |
|------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|------------------|------------------|
| P1               | 2                       | -3,17               | 0                     | 0                       | -3,75               | 0                     | 1                       | -3,97               | 0                     | 0                       | 13                           | 5                | 5                | 5                | 5                | 3                | 0                | 0                | 0                | 6                    | 6                        | 57,5                 | 5                | 5                |
| P2               | 0                       |                     | 0                     | 1                       |                     | 0                     | 1                       |                     | 0                     | 2                       | 15                           | 5                | 5                | 5                | 3                | 2                | 0                | 0                | 0                | 5                    | 6                        | 50                   | 5                | 5                |
| P3               | 0                       | 0,09                | 2                     | 0                       | -0,04               | 0                     | 0                       | 0,39                | 0                     | 0                       | 16                           | 5                | 5                | 5                | 4                | 3                | 2                | 0                | 0                | 6                    | 7                        | 60                   | 5                | 5                |
| P4               | 1                       | 0,37                | 0                     | 1                       | -0,19               | 0                     | 1                       | -0,33               | 0                     | 2                       | 15                           | 5                | 5                | 5                | 5                | 3                | 0                | 0                | 0                | 6                    | 6                        | 57,5                 | 5                | 4                |
| P5               | 0                       |                     | 0                     | 0                       |                     | 0                     | 0                       |                     | 0                     | 0                       | 16                           | 5                | 5                | 5                | 3                | 5                | 0                | 0                | 0                | 6                    | 6                        | 57,5                 | 5                | 5                |
| P6               | 1                       | 0,91                | 0                     | 0                       | 1,01                | 0                     | 0                       | 1,08                | 0                     | 0                       | 16                           | 5                | 5                | 3                | 1                | 0                | 0                | 0                | 0                | 4                    | 5                        | 35                   | 5                | 2                |



# **ANNEXE E : RESULTATS POST-THERAPIE DES 6 PATIENTS A TOUTES LES EPREUVES (P. 3/3)**

| N° anonymisation | EVSSéq-Env4-post | EVSSéq-Env5-post | EVSSéq-Env6-post | EVSSéq-Env7-post | EVSSéq-Env8-post | EVSSéq-Env9-post | EVSSéq-Env-Cons-post | EVSSéq-Env-taille E-post | EVSSéq-Env-%age-post | EVSSim-Reco2-post | EVSSim-Reco3-post | EVSSim-Reco4-post | EVSSim-Reco5-post | EVSSim-Reco6-post | EVSSim-Reco7-post | EVSSim-Reco8-post | EVSSim-Reco9-post | EVSSim-Reco-Cons-post | EVSSim-Reco-taille E-post | EVSSim-Reco-%age-post | EVSSim-CM2-post | EVSSim-CM3-post | EVSSim-CM4-post | EVSSim-CM5-post |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P1               | 2                | 3                | 2                | 0                | 0                | 0                | 5                    | 6                        | 42,5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 9                     | 9                         | 100                   | 5               | 5               | 4               | 5               |
| P2               | 4                | 2                | 0                | 0                | 0                | 0                | 4                    | 5                        | 40                   | 5                 | 4                 | 5                 | 5                 | 3                 | 4                 | 3                 | 1                 | 8                     | 9                         | 75                    | 5               | 5               | 5               | 5               |
| P3               | 5                | 5                | 3                | 0                | 0                | 0                | 6                    | 6                        | 57,5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 4                 | 4                 | 5                 | 9                     | 9                         | 95                    | 5               | 5               | 5               | 5               |
| P4               | 5                | 4                | 2                | 0                | 0                |                  | 5                    | 6                        | 50                   | 5                 | 5                 | 5                 | 4                 | 3                 | 1                 | 3                 | 2                 | 8                     | 9                         | 70                    | 5               | 5               | 4               | 5               |
| P5               | 5                | 2                | 0                | 0                | 0                |                  | 4                    | 5                        | 42,5                 | 5                 | 5                 | 5                 | 4                 | 5                 | 4                 | 3                 | 3                 | 9                     | 9                         | 85                    | 5               | 5               | 5               | 5               |
| P6               | 1                | 0                | 0                | 0                | 0                |                  | 2                    | 4                        | 20                   | 4                 | 4                 | 3                 | 3                 | 2                 | 2                 | 0                 | 0                 | 5                     | 7                         | 45                    | 5               | 4               | 5               | 5               |

EVSSéq : Empans visuo-spatiaux séquentiels

EVSSim-Reco : Empans visuo-spatiaux simultanés en reconnaissance / EVSSim CM : en choix multiple

| N° anonymisation | EVSSim-CM6-post | EVSSim-CM7-post | EVSSim-CM8-post | EVSSim-CM9-post | EVSSim-CM-Cons-post | EVSSim-CM-taille E-post | EVSSim-CM-%age-post | FLUENC E-ELF-ET-post | FLUENC E-ELS-ET-post | STROOP-Interférence-tps-post | STROOP-Interférence-ET-tps-post | STROOP-(Interf-Dénom)-tps-post | STROOP-(Interf-Dénom)-ENC-post | STROOP-(Interf-Dénom)-ET tps-post | STROOP-(Interf-Dénom)-ET ENC-post | TMT A-tps-post | TMT A-ET tps-post | TMT A-ET Erreurs-post | TMT B-tps-post | TMT B-ET tps-post | TMT B-ENC-post | TMT B-ET Erreurs-post | TMT B-ET persev-post | TMT-(temps B-A)-post |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| P1               | 5               | 5               | 5               | 5               | 9                   | 9                       | 97,5                | -2,42                | -3,04                | 150                          | -1,88                           | 98                             | 5                              | -2,36                             | -6,24                             | 30             | 0,43              | 0,18                  | 104            | -1,29             | 0              | 0,3                   | 0,27                 | 74                   |
| P2               | 5               | 5               | 5               | 5               | 9                   | 9                       | 100                 | -0,6                 | 0,43                 | 84                           | 0,44                            | 29                             | 0                              | 0,5                               | 0,36                              | 42             | -1,08             | 0,14                  | 55             | 0,23              | 0              | -3,41                 | 0,24                 | 13                   |
| P3               | 5               | 5               | 5               | 5               | 9                   | 9                       | 100                 | 1,81                 | 0,68                 | 89                           | 0,56                            | 34                             | 0                              | 0,55                              | 0,34                              | 15,4           | 1,47              | 0,18                  | 45,3           | 1,15              | 0              | -3,7                  | -2,76                | 29,9                 |
| P4               | 5               | 4               | 4               | 5               | 9                   | 9                       | 92,5                | -1,09                | 0,05                 | 98                           | 0,74                            | 40                             | 1                              | 0,72                              | -0,78                             | 23             | 1,36              | 0,13                  | 75             | 0,4               | 0              | 0,38                  | 0,29                 | 52                   |
| P5               | 5               | 5               | 5               | 5               | 9                   | 9                       | 100                 | 12,8                 | -0,11                | 118                          | -0,58                           | 51                             | 1                              | -0,42                             | -0,82                             | 27             | 0,33              | 0,27                  | 57             | 0,38              | 0              | 0,3                   | 0,2                  | 30                   |
| P6               | 4               | 5               | 4               | 5               | 9                   | 9                       | 92,5                | -0,31                | -0,86                | 187                          | -3,36                           | 104                            | 4                              | -2,64                             | -4,92                             | 53,4           | -1,24             | 0,18                  | 227            | -6,42             | 2              | -3,7                  | 0,27                 | 174                  |

TMT : Trail-Making Test

PASAT : Paced Auditory Serial Addition Test

| N° anonymisation | TMT-ET(temps B-A)-post | TMT-erreurs(B-A)-post | TMT-ET erreurs(B-A)-post | PASAT-/60-post | PASAT-Percentile-post | Fatigue-moy/7-post | RSAB-Patient-/56-post | RSAB-Patient-ET-post | RSAB-Proche-/56-post | RSAB-Proche-ET-post | QPMdT-Attention-/40-post | QPMdT-FEx-/40-post | QPMdT-MDT-/40-post | QPMdT-Total-/120-post | QPMdT-Total-ET-post | QPMdT-Echelle-post | ECVB-Total-/114-post | ECVB-Total-%age-post |
|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| P1               | -1,76                  | 0                     | 0,3                      | 55             | 50                    | 1,78               | 2                     | 1,33                 | 19                   | -1,41               | 6                        | 4                  | 6                  | 16                    | 0,16                | 8                  | 103                  | 90,4                 |
| P2               | 0,95                   | 0                     | 0,26                     | 52             | 5                     | 6,44               | 45                    | -4,38                | 23                   | -2,02               | 29                       | 22                 | 16                 | 67                    | -4,28               | 3                  | 58                   | 50,9                 |
| P3               | 0,34                   | 0                     | 0,3                      | 56             | 50                    | 5,33               | 26                    | -1,85                | 16                   | -0,95               | 16                       | 9                  | 13                 | 38                    | -1,76               | 6                  | 75                   | 65,8                 |
| P4               | -0,15                  | 0                     | 0,38                     | 40             | 25                    | 4,56               | 27                    | -1,72                | 23                   | -1,49               | 19                       | 8                  | 18                 | 45                    | -2,37               | 3                  | 92                   | 80,7                 |
| P5               | 0,25                   | 0                     | 0,27                     | 50             | 25                    | 6,33               | 23                    | -1,18                | 21                   | -1,23               | 12                       | 5                  | 7                  | 24                    | -0,54               | 7                  | 98                   | 86                   |
| P6               | -6,5                   | 2                     | -3,7                     |                |                       | 6,33               | 30                    | -2,38                | 25                   | -2,33               | 31                       | 28                 | 29                 | 88                    | -6,1                | 6                  | 60                   | 52,6                 |

QPMdT : Questionnaire des plaintes

en mémoire de travail

RSAB : Echelle des comportements

attentionnels

Fatigue : échelle d'intensité de fatigue

ECVB : Echelle verbale de

communication de Bordeaux

## **Évaluation et rééducation de la mémoire de travail après chirurgie éveillée de gliomes infiltrants**

**Résumé :** Les gliomes de bas grade et les différentes thérapeutiques qu’impose leur traitement sont source de troubles cognitifs divers, que seules des investigations orthophoniques et neuropsychologiques poussées permettent d’objectiver. La mémoire de travail, notamment, est une fonction dont le déficit est souvent décrit chez les patients opérés en éveillé de gliomes infiltrants. Partant du constat que les pratiques d’évaluation et de rééducation sont très hétérogènes, nous avons décidé de tester des épreuves d’évaluation de la mémoire de travail et un matériel de rééducation cognitive spécifique. Les outils d’évaluation choisis, en référence au modèle de Baddeley, ont été testés sur 10 patients dont les résultats ont été comparés à une population appariée de 19 sujets-contrôles. L’efficacité de ce type de rééducation pour cette population a fait l’objet d’une étude préliminaire de petit groupe (6 patients) en méthodologie à deux bras en simple aveugle. Les résultats indiquent que les outils d’évaluation objectivent bien des troubles de la mémoire de travail, et que certaines épreuves sont sensibles à cette population. Le protocole de rééducation révèle son efficacité.

**Mots-clés :** gliomes de bas grade, mémoire de travail, chirurgie éveillée, évaluation, rééducation spécifique.

## **Assessment and rehabilitation of working memory after awake brain surgery for low-grade gliomas**

**Abstract :** Low-grade gliomas and their treatments lead to cognitive impairments that can only be identified through examination performed by speech-language pathologists or neuropsychologists. Working memory, in particular, is a cognitive function often impaired in patients after awake brain surgery for low-grade gliomas. Because evaluation and rehabilitation practices are very heterogeneous, we have decided to investigate some assessment tools for the working memory as well as material for its cognitive rehabilitation. To achieve this, we carried out an assessment on 10 patients with the help of tools based on Baddeley’s model and compared the results to those of 19 matched controls. The rehabilitation material was investigated through a preliminary single-blind study including 6 patients. Assessment tools evidence working memory impairments which demonstrate the sensitivity of some of them. Furthermore, the rehabilitation program has revealed its efficiency.

**Key words :** low grade gliomas, working memory, awake brain surgery, assessment, specific rehabilitation.