



MEMOIRE présenté pour l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

Par

DERON Johanna
DRUTEL Laure

**IMPACT DE L'ÂGE DE SURVENUE D'UNE LÉSION
CÉRÉBRALE SUR LES MÉCANISMES DE
RÉCUPÉRATION FONCTIONNELLE ET LE
DÉVELOPPEMENT DU LANGAGE ORAL**

*Étude de trois cas d'enfants ayant présenté un accident
vasculaire cérébral hémisphérique gauche précoce*

Maîtres de Mémoire
ROUSSELLE Christophe
CURIE Aurore

Membres du Jury

GONZALEZ Sibylle

KERN Sophie

WITKO Agnès

Date de Soutenance

2 juillet 2009

ORGANIGRAMMES

1. Université Claude Bernard Lyon1

Président
Pr. COLLET Lionel

Vice-président CEVU
Pr. SIMON Daniel

Vice-président CA
Pr. ANNAT Guy

Vice-président CS
Pr. MORNEX Jean-François

Secrétaire Général
M. GAY Gilles

1.1. Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Grange
Blanche
Directeur
Pr. MARTIN Xavier

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. ROBIN Olivier

U.F.R de Médecine Lyon R.T.H.
Laennec
Directeur
Pr. COCHAT Pierre

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur
Pr. LOCHER François

U.F.R de Médecine Lyon-Nord
Directeur
Pr. ETIENNE Jérôme

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Pr. MATILLON Yves

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Directeur
Pr. GILLY François Noël

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directeur
Pr. FARGE Pierre

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (C.C.E.M.)
Pr. GILLY François Noël

1.2. Secteur Sciences :

U.F.R. de Biologie
Directeur
Pr. PINON Hubert

U.F.R. de Mathématiques
Directeur
Pr. GOLDMAN André

U.F.R. de Chimie et Biochimie
Directeur
Pr. PARROT Hélène

U.F.R. de Physique
Directeur
Mme FLECK Sonia

U.F.R. des Sciences de la Terre
Directeur
Pr. HANTZPERGUE Pierre

Centre de Recherche Astronomique de
Lyon - Observatoire de Lyon
Directeur
M. GUIDERDONI Bruno

1.3. Secteur Sciences et Technologies :

U.F.R. Des Sciences et
Techniques des Activités
Physiques et Sportives
(S.T.A.P.S.)
Directeur
Pr. COLLIGNON Claude

U.F.R. de Mécanique
Directeur
Pr. BEN HADID Hamda

U.F.R. d'informatique
Directeur
Pr. AKKOUCHE Samir

Institut des Sciences Financières et
d'Assurance (I.S.F.A.)
Directeur
Pr. AUGROS Jean-Claude

IUFM
Directeur
M. BERNARD Régis

U.F.R. de Génie Electrique et des
Procédés
Directeur
Pr. CLERC Guy

I.U.T. A
Directeur
Pr. COULET Christian

Institut des Sciences et des
Techniques de l'Ingénieur de Lyon
(I.S.T.I.L.)
Directeur
Pr. LIETO Joseph

I.U.T. B
Directeur
Pr. LAMARTINE Roger

2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation

FORMATION ORTHOPHONIE

Directeur ISTR
Pr. MATILLON Yves

Directeur de la formation
Pr. TRUY Eric

Directeur des études
BO Agnès

Directeur de la recherche
Dr. WITKO Agnès

Responsables de la formation clinique
PERDRIX Renaud
GUILLON Fanny

Chargée du concours d'entrée
PEILLON Anne

Secrétariat de direction et de scolarité
BADIOU Stéphanie
CLERC Denise
MASSONI Caroline

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons tout d'abord remercier le Dr Rousselle qui nous a soutenues et encouragées dès notre première rencontre et qui a su faire de notre projet un sujet de recherche à part entière. Merci de nous avoir mises en lien avec les différents acteurs de ce mémoire, professionnels et familles. Merci pour son engagement dans ce projet que nous avons partagé, sa pédagogie et ses qualités humaines qui ont donné une autre dimension à ce mémoire qu'un simple travail de fin d'études.

Nous remercions le Dr Curie pour le savoir qu'elle a nous a transmis ainsi que pour le temps qu'elle a accordé à notre recherche. Merci de nous avoir permis de découvrir un outil de recherche auquel nous n'aurions jamais eu accès autrement.

Nous tenons à remercier les familles qui ont rendu cette étude possible, en saluant leur engagement dans ce projet. Merci à elles de s'être montrées si disponibles, et de nous avoir accordé une telle confiance. Nous souhaitons remercier particulièrement les trois enfants qui ont accepté de travailler avec nous, merci pour votre patience et pour votre coopération.

Nous voulons remercier Nathalie Bedoin pour la disponibilité et l'écoute dont elle a fait preuve à notre égard. Merci pour toute l'aide qu'elle nous a apportée, et pour ce goût de la recherche qu'elle nous a transmis.

Nous souhaitons remercier les différents médecins qui nous ont confié leurs patients pour cette étude, le Dr Chabrier, le Dr Pondarre ainsi que le Dr Lion-François. Merci pour la facilité avec laquelle nous avons pu les contacter et accéder aux dossiers des patients ainsi que pour leur disponibilité. Merci également à Emilie Corsani de nous avoir mises en lien avec la famille de son patient et de nous avoir accordé du temps chaque fois que cela a été nécessaire.

Merci à Amandine Brun, d'avoir accepté de nous aider dans ce travail. Merci pour la facilité avec laquelle nous avons pu échanger et pour le temps qu'elle a pris pour notre étude.

Enfin, nous remercions Annette Tupinon Dordain qui nous a accompagnées tout au long de ce travail et qui a su nous guider grâce à son regard à la fois objectif et plein d'expérience. Merci pour ses encouragements répétés et son intérêt pour notre projet.

SOMMAIRE

ORGANIGRAMMES	2
REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	6
INTRODUCTION	9
PARTIE THEORIQUE	10
I. Organisation fonctionnelle du cerveau humain.....	11
1. Chez l'adulte	11
2. Chez l'enfant : trois théories	15
II. Interruption du processus développemental normal et répercussions langagières.....	20
1. Accident Vasculaire Cérébral (AVC) chez l'enfant.....	20
2. Tableau clinique	21
3. Récupération fonctionnelle du langage	22
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	26
PARTIE EXPERIMENTALE	28
I. Population	29
1. Critères de sélection	29
2. Recherche de la population	31
3. Présentation.....	31
II. Passation.....	33
1. Lieux et période de passation	33
2. Déroulement des rencontres	34
III. Matériel	34
1. Évaluation psychométrique.....	34
2. Évaluation orthophonique du langage oral.....	35
3. Fonctions visuo-spatiales	39
4. Évaluation de la latéralité.....	39

SOMMAIRE

5. Tests préalables aux tests comportementaux	39
6. Tests comportementaux	40
7. Imagerie par résonance magnétique.....	42
PRESENTATION DES RESULTATS.....	44
I. Étude du cas de Renaud	45
1. Résultats psychométriques	45
2. Évaluation orthophonique	45
3. Capacités visuo-spatiales	47
4. Tests comportementaux	47
5. IRM.....	48
II. Étude du cas d'Enzo.....	49
1. Résultats psychométriques	49
2. Évaluation orthophonique	50
3. Capacités visuo-spatiales	52
4. Tests comportementaux	52
5. IRM.....	53
III. Étude du cas de Valentin.....	54
1. Résultats psychométriques	54
2. Évaluation orthophonique	55
3. Capacités visuo-spatiales	57
4. Tests comportementaux	57
5. IRM.....	58
DISCUSSION DES RESULTATS.....	59
I. Discussion des résultats	60
1. Tableau clinique.....	60
2. Impact de la précocité de la lésion sur le tableau clinique	63
3. Réorganisation intra et/ou interhémisphérique des aires du langage	65
4. Transfert à l'hémisphère droit.....	68

SOMMAIRE

5. Effet crowding.....	68
II. Limites	68
1. Liées à la population	68
2. Liées au protocole expérimental	69
III. Apports.....	70
1. Professionnels	70
2. Personnels	71
CONCLUSION.....	72
BIBLIOGRAPHIE.....	73
ANNEXES.....	78
Annexe I : Écoute dichotique, modèle de Kimura (1961)	79
Annexe II : Traitement de l'information visuelle	80
Annexe III : Symptômes les plus fréquents suite à un AVC dans l'enfance	81
Annexe IV : Coupes IRM anatomiques de chaque enfant	82
Annexe V : Protocole d'habituation et d'entraînement dans l'IRM factice (ISC) pour les patients déficients intellectuels et les mineurs. Élaboré par le Dr Curie.....	85
Annexe VI : Dispositif d'installation pour l'IRMf	86
Annexe VII : <i>Dichotica</i> , présentation des résultats.....	87
Annexe VIII : <i>Diviword</i> , présentation des résultats.....	88
Annexe IX : Résultats de Renaud	89
Annexe X : Résultats d'Enzo.....	91
Annexe XI : Résultats de Valentin.....	93
Annexe XII : Images IRMf de chaque enfant.....	95
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	98
1. Liste des Tableaux	98
2. Liste des Figures	98
TABLE DES MATIÈRES	99

INTRODUCTION

Les lésions d'accident vasculaire cérébrale survenues précocement au cours de l'enfance ainsi que leurs conséquences, bien que de plus en plus étudiées, laissent encore place à de nombreuses questions. En effet, ces pathologies qui surviennent au cœur de processus développementaux se différencient de celles de l'adulte par une multitude de facteurs. Les retentissements primaires et secondaires de la lésion, ainsi que les capacités de récupération de l'enfant, apparaissent comme des sujets extrêmement complexes à explorer et sont encore source de positions contradictoires.

La littérature concernant les enfants ayant subi des lésions cérébrales tôt dans l'enfance rapporte souvent un niveau de langage normal à distance de la lésion. Des capacités de récupération spécifiques du langage ont ainsi été mises en avant et reliées pour la plupart à la plasticité cérébrale que certains auteurs considèrent plus efficace chez l'enfant que chez l'adulte.

L'étude de ces lésions se situe à la croisée des courants de la neurologie pédiatrique et de la neuropsychologie, et nécessite par conséquent une analyse à différents niveaux : neurologique, développemental et comportemental. Cependant, la plupart des recherches ont porté spécifiquement soit sur les aspects neuro-anatomiques de la pathologie, soit sur son expression clinique. Nous avons donc voulu tenter de mettre en lien ces deux aspects dans une étude qui porte spécifiquement sur la récupération fonctionnelle du langage de ces enfants encore peu connus du public orthophonique.

Au cours de nos lectures, le critère de l'âge au moment de la lésion est souvent apparu comme déterminant dans l'évolution de l'enfant. Toutefois des avis divergents s'opposent encore sur le sujet. C'est pourquoi il nous a semblé pertinent d'axer notre recherche sur ce point.

L'objectif de cette étude est de parvenir à dégager les difficultés propres à ces enfants en fonction de leur âge au moment de la lésion. Nous étudierons ainsi l'impact d'une lésion cérébrale ischémique gauche sur le langage, selon qu'elle survient avant tout apprentissage du langage, au cours de cet apprentissage, et lorsque la majeure partie des apprentissages langagiers est effectuée. Nous souhaitons ainsi pouvoir proposer par la suite des axes de rééducation plus spécifiques qui conduiraient à une récupération plus rapide et plus complète de compétences langagières.

Dans un premier temps, nous présenterons le champ théorique dans lequel s'inscrit notre travail. Nous détaillerons l'organisation fonctionnelle normale du cerveau humain, l'accident vasculaire cérébral (AVC) chez l'enfant ainsi que ses répercussions langagières et enfin les mécanismes de récupération qui interviennent. Dans un second temps, nous détaillerons les modalités de notre expérimentation, réalisée auprès d'enfants ayant subi un AVC hémisphérique gauche tôt dans l'enfance, pour ensuite, dans un troisième temps analyser les résultats que nous avons obtenus. Enfin, nous discuterons ces résultats afin de dégager des éléments de réponse à notre problématique.

Chapitre I
PARTIE THEORIQUE

I. Organisation fonctionnelle du cerveau humain

1. Chez l'adulte

Si l'anatomie du cerveau est de nos jours bien connue, de nombreux points restent à éclaircir quant à son organisation fonctionnelle. Les données de la littérature apportent quelques éléments de connaissance que nous allons exposer ici.

1.1. Connaissances actuelles

Le rôle de chacun des hémisphères cérébraux, gauche et droit, dans le traitement des informations est encore aujourd'hui une question largement débattue. De nombreuses fonctions sensitives et motrices sont contrôlées de façon croisée : l'hémisphère gauche contrôle l'hémicorps droit et inversement, mais cette symétrie n'est pas parfaite. Le « cerveau gauche » et le « cerveau droit » sont différents dans leurs organisations et leurs aptitudes, surtout au niveau des fonctions cognitives supérieures.

De nombreuses études visent à comprendre en quoi ces deux hémisphères diffèrent. Le tableau suivant présente les caractéristiques les plus citées.

Base de la dissymétrie	Hémisphère gauche	Hémisphère droit
Nature du stimulus	Verbal	Non verbal
	Séquentiel, temporel, numérique	Simultané, spatial, analogique
Nature du traitement réalisé	Logique, analytique	Gestaltique, synthétique

Tableau 1 : Bases des dissymétries interhémisphériques

Ces différentes conceptions ne rallient pas tous les suffrages. Des études plus récentes laissent penser que les hémisphères cérébraux ne fonctionnent pas séparément mais coopèrent pour la plupart des tâches cognitives. Il existerait en fait un continuum entre les différentes prises en charge, allant du traitement de l'information par un seul des hémisphères à la situation où aucun hémisphère ne domine : les deux contribueraient alors à la prise en charge de l'information à différents niveaux (Banich, M., 1995, citée par Springer, S.P. et Deutsch, G., 2000).

Il est établi que le langage est soutenu par des régions précises de l'hémisphère gauche. Au niveau cortical, la région frontale inférieure, qui contient l'aire de Broca, intervient majoritairement pour les aspects productifs du langage. La région temporale supérieure où se trouve l'aire de Wernicke, gère quant à elle les aspects réceptifs du langage. Ces deux aires fonctionnent ensemble et sont reliées, entre autre, par les noyaux gris centraux (NGC) au niveau-sous-cortical. Les NGC seraient en charge des processus attentionnels de la communication. Par ailleurs, ils participeraient au choix et à l'ordonnement des phonèmes, programmant ainsi la réalisation articulaire (Signoret et al., 1989).

L'hémisphère gauche semble intervenir majoritairement dans la prise en charge des fonctions langagières pour 95% des droitiers et 70% des gauchers au moins. Pour autant, il ne faut pas laisser l'hémisphère droit de côté car, en plus de ses capacités de compréhension de certains mots (surtout les noms d'objets), il traite des aspects plus subtiles mais essentiels à la communication tels que le langage implicite, l'intonation émotionnelle, la métaphore ou encore l'humour. De plus, 30% des gauchers montrent une répartition bilatérale du langage et solliciteraient donc l'hémisphère droit de manière plus importante. Il semblerait à ce sujet que les antécédents familiaux de gaucherie soient déterminants. En effet, les troubles du langage consécutifs à une lésion de l'hémisphère droit sont plus fréquents chez les patients gauchers avec antécédents familiaux.

Les connaissances sur le fonctionnement du cerveau se sont construites parallèlement aux progrès des techniques d'investigation que nous allons maintenant aborder.

1.2. Méthodes d'investigation

La méthode d'investigation la plus couramment utilisée pour l'étude de la latéralisation du langage est le test de Wada introduit au milieu du XX^{ème} siècle par Juhn Wada. Ce test consiste à anesthésier un hémisphère cérébral en injectant un barbiturique dans une artère carotide. S'il a pu être un outil précieux en clinique comme en recherche, il n'en reste pas moins un test invasif, difficilement praticable chez l'enfant. Les tests présentés ci-après proposent au contraire d'évaluer la latéralisation langagière de façon non invasive. Si à ce jour ils ne sont pas systématiquement utilisés, il est souhaitable qu'ils deviennent, grâce à l'évolution de leurs méthodologies, une alternative sérieuse au test de Wada.

1.2.1. Test d'écoute dichotique (TED)

L'utilisation de tests d'écoute dichotique permet d'étudier le traitement de l'information auditive, notamment de la parole, par les deux hémisphères cérébraux.

En 1961, Doreen Kimura est la première à mettre en évidence une meilleure répétition des mots présentés à l'oreille droite par rapport à ceux présentés simultanément à l'oreille gauche. On sait que l'oreille transfère l'information auditive au cortex grâce à des projections ipsilatérales et contralatérales, ainsi, les deux hémisphères participent au traitement complet des stimuli auditifs reçus par une oreille. Cependant des données physiologiques montrent que les voies ipsilatérales sont plus faibles en nombre et en vitesse de conduction. Kimura fait alors l'hypothèse que lorsque deux stimuli sont présentés simultanément, les projections ipsilatérales de chaque oreille sont inhibées ou supprimées. Par conséquent, l'information présentée à une oreille est d'abord envoyée à l'hémisphère contralatéral. En s'appuyant sur le modèle de Kimura (Annexe I) et en faisant l'hypothèse que le traitement est plus efficace dans le cas où l'information est envoyée directement à l'hémisphère spécialisé pour la prendre en charge, on déduit que la supériorité de rappel de mots pour l'oreille droite (REA) reflète chez les sujets adultes sains un traitement préférentiel des stimuli auditifs verbaux par l'hémisphère gauche.

Il existe différentes méthodologies de tests d'écoute dichotique. La tâche de *Fused Dichotic Words Test* élaborée par Wexler et Halwes en 1983, citée et reprise par Fernandes (2000), propose des paires de mots qui diffèrent uniquement par la première

consonne et qui sont particulièrement bien fusionnées temporellement. Ainsi, le sujet qui n'est pas informé de la présentation de deux stimuli différents, n'en perçoit qu'un.

Parmi les rares études menées chez l'enfant, celle de Fernandes et al. (2000) met en évidence une supériorité de l'hémisphère gauche moins importante chez l'enfant jeune mais qui s'affirme au fur et à mesure des années. Deux hypothèses pourraient expliquer ce phénomène croissant : une latéralisation du langage partiellement établie à cet âge ou une immaturité de la décussation des voies auditives. La décussation correspond au croisement des fibres qui permet notamment que l'oreille droite soit en partie contrôlée par l'hémisphère gauche, et inversement.

1.2.2. Présentation en hémichamps visuels

De même que l'écoute dichotique utilise des stimuli auditifs, la présentation en hémichamps visuels permet d'étudier la dissymétrie hémisphérique au niveau du traitement de l'information visuelle. Alors que le sujet fixe un point central, des mots et des pseudo-mots apparaissent dans un hémichamp visuel pendant un temps si bref qu'il ne permet pas de déplacer le regard pour traiter l'information en vision centrale.

Compte tenu de la structure du système visuel, les stimuli apparaissant dans l'un ou l'autre des hémichamps sont projetés directement sur l'hémisphère controlatéral. Ainsi, un stimulus présenté en hémichamp droit est traité par l'hémisphère gauche et inversement, comme on peut le voir dans l'illustration présentée en Annexe II.

Partant du postulat selon lequel la performance est supérieure pour des stimuli présentés directement à l'hémisphère spécialisé pour les traiter, le modèle structural de Zaidel (1986 cité par Faure, S., 2003) montre que la supériorité de traitement des stimuli verbaux présentés dans l'hémichamp visuel droit qui se retrouve dans la population normale reflète la supériorité de l'hémisphère gauche pour le traitement verbal.

1.2.3. Imagerie par résonance magnétique

L'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) est une technique de neuro-imagerie qui permet d'observer la localisation cérébrale des supports anatomiques responsables d'une fonction étudiée *in vivo*. Plus exactement, c'est l'association des images IRM et IRMf qui permet d'établir des corrélations anatomo-fonctionnelles.

a. Imagerie par résonance magnétique anatomique et de diffusion

L'IRM utilise les propriétés magnétiques des noyaux d'hydrogène naturellement présents dans les molécules d'eau et de lipides du corps humain qui se comportent comme des aimants. Lorsque l'organisme est soumis à un champ magnétique externe intense (B_0), les noyaux d'hydrogènes s'alignent parallèlement à l'axe de ce champ. Le retour à leur état initial après une excitation par une onde de radiofréquence (B_1) va entraîner la restitution de l'énergie emmagasinée au cours de leur mouvement. C'est ce signal qui permet d'obtenir les images IRM, en l'occurrence dans le cas d'une IRM cérébrale des coupes du cerveau dans les trois plans de l'espace : sagittal, frontal et transversal (ou axial).

La modification de paramètres d'acquisition IRM, notamment le temps de répétition (TR) entre deux excitations et le temps d'écho (TE), permet de « pondérer » les différentes images des tissus. La pondération T1 qui utilise un TR et un TE courts, est dite anatomique et permet d'obtenir des images d'une très bonne différenciation substance grise/substance blanche. La qualité de cette séquence est primordiale car elle servira de support aux séquences fonctionnelles. La pondération T2 qui utilise quant à elle un TR et un TE plus longs, produit des images plus contrastées qui permettent de mieux visualiser les lésions. Il existe une troisième séquence d'acquisition, le FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery), qui supprime le signal provenant du liquide céphalo-rachidien et qui met particulièrement en évidence les lésions de la substance blanche.

Un autre type de séquence appelée imagerie de diffusion (DTI : Diffusion Tensor Imaging) étudie le mouvement des molécules d'eau dans le cerveau et permet ainsi d'obtenir indirectement la position, l'orientation des faisceaux de fibres de la substance blanche. Des algorithmes de "fiber tracking" permettent ensuite de reconstituer le trajet de ces faisceaux de fibres sur toute leur longueur, par exemple du cortex moteur à la moelle épinière pour le faisceau cortico-spinal qui transmet l'information motrice.

b. Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

La séquence EPI (Echo-Planar Imaging) pondérées en T2* est utilisée en imagerie fonctionnelle pour étudier la localisation des fonctions cérébrales. Le sujet n'est plus passif dans la machine mais doit effectuer plusieurs fois la même tâche à différents intervalles de temps. Cette localisation est possible grâce aux propriétés de l'hémoglobine qui est naturellement présente dans le cerveau humain, sous deux formes. Oxygénée, elle ne perturbe pas le champ magnétique, désoxygénée, elle est paramagnétique et permet d'obtenir un signal.

Le principe de la séquence EPI repose sur l'effet BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) qui survient en réponse à l'augmentation de l'activité synaptique induite par la réalisation d'une tâche par le sujet. Cette activité synaptique entraîne une consommation plus importante en oxygène de certaines aires cérébrales, et provoque ainsi une augmentation du débit sanguin cérébral de ces zones. L'apport d'oxygène par le sang étant bien supérieur à la demande, la concentration veineuse en hémoglobine désoxygénée diminue. C'est la variation de ce signal BOLD qui va permettre d'établir des cartes d'activations cérébrales au cours de différentes tâches cognitives.

Après un prétraitement des données, celles-ci sont analysées, par exemple en soustrayant le signal obtenu dans les deux conditions d'activation et de repos qui ne diffèrent que par la fonction cognitive en question. On identifie ainsi les régions impliquées dans le processus étudié.

La technique de l'IRMf présente l'avantage d'être non-invasive et non-irradiante (pas d'injection de traceur radioactif). Elle permet d'autre part d'obtenir des images d'une excellente résolution spatiale. La résolution temporelle est cependant moins précise qu'en Electro Encéphalographie (EEG) notamment. Cette technique nécessite de prendre des précautions par rapport au champ magnétique exercé par la machine. Il est nécessaire de s'assurer que les patients ne portent ni pacemaker, ni prothèse, ni objets métalliques sur eux dès lors qu'ils entrent dans la salle où est placée la machine. Enfin, la seule contrainte

de cette technique réside dans la nécessité d'une parfaite immobilité de la tête, qu'il est parfois difficile d'obtenir chez les enfants.

L'IRMf est fréquemment utilisé dans l'évaluation de l'activation cérébrale au cours de tâches langagières chez des sujets sains ou montrant un dysfonctionnement neurologique. Le choix de la tâche à effectuer est déterminé en fonction du sujet précis de la recherche et de la capacité des sujets à la réaliser. La tâche de génération de verbes est relativement simple et peut ainsi être utilisée chez l'adulte comme chez l'enfant. Elle implique de produire silencieusement un verbe associé à un nom donné visuellement ou auditivement. Cette tâche a montré une activation très robuste des aires du langage de l'hémisphère gauche, notamment du gyrus frontal inférieur et du lobe temporal supérieur chez l'adulte sain, ainsi que, dans une moindre mesure, le lobe temporal moyen, le cortex pariétal et le cortex cingulaire (Gaillard, W. D. et al., 2000, cités par Szaflarski, J. P. et al., 2006).

2. Chez l'enfant : trois théories

Si comme on vient de le voir, la spécialisation hémisphérique du cerveau adulte est incontestable, chez l'enfant aucun consensus n'est réellement établi.

En 1936, Margaret Kennard observe chez les singes que les jeunes présentent une meilleure récupération fonctionnelle en cas de lésion que les plus âgés. Ce constat est par la suite élargi au langage humain par d'autres auteurs qui définissent le *Principe de Kennard* comme suit : une lésion cérébrale précoce est de meilleur pronostic qu'une lésion acquise plus tardivement chez l'enfant ou l'adulte. Ce principe servira de base à de nombreux travaux portant sur le développement de la spécialisation hémisphérique chez l'enfant, étant tour à tour étayé, réfuté ou complété par d'autres théories que nous développons ci-après.

2.1. Equipotentialité hémisphérique initiale

En 1967, les travaux de Lenneberg viennent soutenir ce principe. En étudiant le langage d'enfants ayant eu une lésion cérébrale précoce, Lenneberg ne constate aucune différence significative entre les lésions de l'hémisphère droit et celles de l'hémisphère gauche. Il développe donc la théorie de l'équipotentialité hémisphérique selon laquelle, dans les premières années de vie, les deux hémisphères cérébraux seraient capables de soutenir les fonctions du langage de manière égale. Il reprend également la notion de période critique (moment privilégié du développement au cours duquel, si des stimulations spécifiques ne sont pas présentées, l'apparition ultérieure de comportements particuliers et propres à l'espèce sera gravement compromise) et l'applique au langage. Il décrit alors la latéralisation progressive du langage selon les 3 étapes suivantes :

de 0 à 2 ans, période d'équipotentialité : le langage peut être indifféremment pris en charge par l'un ou l'autre des hémisphères. Par conséquent, aucune séquelle n'est observée après une lésion cérébrale acquise dans cette période.

de 2 à 10 ans, établissement progressif de la latéralisation pour le langage (période critique) : en cas de lésion cérébrale, quel que soit l'hémisphère lésé, on observe

un gradient de récupération qui diminue à mesure que l'âge de survenue de la lésion augmente.

après 10 ans, la latéralisation est définitivement établie : l'acquisition ultérieure de nouveaux comportements langagiers devient très difficile. En cas de lésion, les déficits sont permanents.

L'hypothèse de Lenneberg est basée sur trois types de données : le développement du langage normal, l'observation de la récupération en cas de lésions hémisphériques unilatérales et la maturation cérébrale post-natale. Il souligne tout d'abord une très grande régularité dans l'acquisition des premières étapes du langage qui pourrait s'expliquer par une maturation génétique prédéterminée et qui serait en faveur de l'existence d'une période critique pour l'acquisition du langage. A travers ses observations cliniques et en s'appuyant sur des écrits antérieurs, Lenneberg décrit également un effet de l'âge au moment de la lésion déterminant lors de la récupération du langage. Enfin, il complète sa théorie avec des arguments basés sur des indices développementaux biologiques (tels que la croissance cérébrale de l'homme ou le développement des structures neuro-anatomiques) qui, selon lui, témoignent de l'existence d'une période critique.

Depuis les années 80, cette théorie a largement été remise en cause. En 1978, Woods et Teuber (cités par Van Hout, 1999) mettent en avant la présence de biais méthodologiques dans les recherches de Lenneberg. Ils soulignent la probabilité importante de présence de gauchers dans ses études ainsi que la prise en compte de cas de patients présentant des lésions infectieuses diffuses, non clairement limitées à l'hémisphère droit. Les cas d'aphasies consécutives à une lésion droite recensées par Lenneberg seraient donc plutôt le fait de lésions bilatérales ou de répartitions atypiques du langage que l'auteur n'aurait pas prises en compte. D'autre part, la fréquence d'aphasies véritables suite à une lésion de l'hémisphère droit paraît particulièrement faible dans les études plus récentes.

La notion de période critique est également remise en cause par la qualité des observations cliniques de l'époque. En effet, en ce qui concerne le langage, le principal critère pour l'appréciation du retard était l'apparition des premiers mots. Bishop en 1967 (cité par Van Hout, 1999) présente ainsi une étude où il apparaît que l'hypothèse de Lenneberg est valable pour l'âge d'apparition des premiers mots et la présence de troubles articulatoires mais pas pour l'acquisition des premières structures syntaxiques (très retardée en cas de lésion gauche). Il apparaît donc qu'il existe un effet différentiel sur le développement ultérieur du langage selon l'hémisphère lésé, et ce, même avant deux ans.

Enfin on relève des cas d'adultes ayant eu une lésion gauche qui a entraîné une aphasie mais qui ont pu récupérer partiellement et dont le langage a de nouveau été détérioré par une lésion droite survenue quelques années plus tard (Levine et Mohr, 1978, cités par Van Hout, 1999). Ces cas témoignent d'une capacité de suppléance de l'hémisphère droit bien après la puberté, et prouvent que le cerveau est capable d'une plasticité importante encore à l'âge adulte.

2.2. Spécialisation précoce

Une autre hypothèse est avancée par certains auteurs, parmi lesquels Kinsbourne et Hiscock en 1977 (cités par Van Hout, 1999), selon laquelle il existerait une spécialisation

innée et irréversible de l'hémisphère gauche pour le langage : ils parlent d'invariance hémisphérique. Cette théorie s'appuie à la fois sur des données anatomiques et fonctionnelles chez les sujets normaux, ainsi que sur les observations cliniques faites auprès d'enfants atteints d'une lésion cérébrale ou hémisphérectomisés précocement.

Plusieurs asymétries anatomiques connues chez l'adulte ont été observées sur des cerveaux de fœtus. Actuellement, seule l'asymétrie du planum temporale, zone cérébrale primordiale pour le langage puisque comprenant l'aire de Wernicke, plus développée dans l'hémisphère gauche que dans le droit, serait reliée à une asymétrie fonctionnelle (Buchanan et al., 2000 cités par Rosa et Lassonde 2005).

De plus, les méthodes d'investigations utilisées chez l'adulte et décrites précédemment ont permis de mettre en avant la présence d'asymétries fonctionnelles précoces chez l'enfant. Ainsi la supériorité de l'oreille droite au test d'écoute dichotique est observable dès quatre jours de vie (Bertoncini et al., 1989 cités par Rosa et Lassonde 2005). Les résultats des tests de lecture tachistoscopique sont plus variables mais semblent tout de même indiquer un traitement préférentiel des stimuli visuels linguistiques par l'hémisphère gauche à partir de l'âge de six ans, donc dès les premières étapes de lecture. Par ailleurs, des études en IRMf rapportent une prédisposition de l'hémisphère gauche pour le traitement du langage, dès les premiers mois de vie (Dehaene-Lambertz, Dehaene et Hertz-Pannier, 2002). D'autre part, en cas de lésion de l'hémisphère gauche, les troubles du langage seraient plus complexes et plus persistants dans les premiers stades développementaux, cet écart diminuant, voire disparaissant par la suite. Il existerait donc une spécialisation hémisphérique précoce pour le langage mais également des capacités de plasticité cérébrale très importantes chez l'enfant en bas âge (Vicari et al, 2000).

Enfin, des études portant sur des enfants hémisphérectomisés mettent en avant des troubles communs en cas d'hémisphérectomie de l'un ou l'autre des hémisphères cérébraux (troubles sémantiques et phonémiques) mais également des troubles spécifiques aux hémisphérectomies gauches (troubles syntaxiques) (Dennis & Whitaker, 1976, cités par Rosa et Lassonde 2005).

L'ensemble de cette littérature tend à confirmer la présence d'une spécialisation hémisphérique établie en bas âge, voire en période néonatale. Un grand nombre d'études suggèrent également que cette spécialisation ne se modifie pas au cours de la maturation.

2.3. Conception émergentiste de l'organisation cérébrale

Entre les deux positions extrêmes d'équipotentialité hémisphérique et de prédétermination innée, un point de vue alternatif émerge, prenant en compte le rôle de l'expérience dans la spécialisation fonctionnelle du cerveau. Ainsi, Bates décrit une organisation cérébrale du langage qui émergerait au cours du développement sous l'effet de l'apprentissage et qui se construirait sur quelques bases prédéterminées.

2.3.1. Principes de base

En effet, le cerveau du nouveau-né n'est pas vierge à la naissance et ne doit pas être considéré comme étant *tabula rasa*, c'est une structure élaborée dont certains éléments

sont déjà en place (Crick, 1994, cité par CERI, 2007). Ainsi l'architecture globale des entrées et sorties de l'information dans le cerveau, par exemple, est prédéterminée bien qu'un nombre important de neurones puisse soutenir des circuits alternatifs si besoin. En outre, il existe des variations locales entre les différentes régions cérébrales (densité synaptique, rapidité de traitement, etc). Enfin, la durée de la neurogenèse de chaque région semble elle aussi prédéterminée et varie d'une zone à une autre.

C'est ensuite grâce à l'expérience et à sa capacité d'adaptation aux demandes de son environnement que le cerveau de l'enfant se spécialise. Les expériences réalisées par l'enfant induisent des modifications dans les connexions synaptiques qui sont ainsi créées, renforcées ou affaiblies voire éliminées selon les besoins. C'est ce qu'on appelle la plasticité développementale. Ce processus se retrouve tout au long de la vie, mais il existe des périodes idéales durant lesquelles un apprentissage peut être effectué de manière optimale. On parle de périodes sensibles ou de fenêtres d'opportunités pour nommer ces intervalles de temps au cours desquels l'intervention de l'expérience est nécessaire pour qu'un changement puisse être efficace. Un apprentissage qui n'a pu être réalisé pendant cette période n'est pas pour autant perdu, mais il demandera plus de temps et de ressources cognitives et sera d'une efficacité moindre.

Ainsi, la nouvelle théorie dite émergentiste s'oppose à l'hypothèse d'une organisation prédéterminée et irréversible du cerveau de Franz Gall. Le tableau suivant illustre ces deux points de vue.

Phrénologie (Gall)	Conception « émergentiste » (Bates)
Architecture fixe, irremplaçable	Architecture plastique, modifiable par l'expérience
Architecture universelle quelques petites variations interindividuelles sont admises	Architecture variable grâce aux expériences et aux différences interindividuelles initiales
Architecture compacte et contiguë	Architecture répartie entre différentes régions

Tableau 2 : Oppositions entre théorie « émergentiste » et phrénologie

Les changements importants d'activation cérébrale langagière observés au cours de l'enfance et jusqu'à l'âge adulte sont expliqués par différents phénomènes. Au cours des stades précoces du développement, le traitement de l'information serait effectué par des zones corticales plus diffuses que chez l'adulte. Par la suite, selon le niveau d'expertise de l'enfant qui augmente au cours des années, l'activation des régions cérébrales se modifierait. On assisterait à des extensions et des réductions de l'activation d'une région (Kami et al., 1995, Hernandez et al, 1997, tous deux cités par Bates en 1999) ou encore à des déplacements de la prise en charge d'une fonction d'une région à une autre (Raichle et al., 1994, cités par Bates en 1999). A cela s'ajoute l'existence de gradients de croissance différents entre les deux hémisphères (Chiron et al., 1997, cités par Bates, 1999).

Désormais, les neurobiologistes développementaux parlent de pluripotentialité (Elman et al, 1996, cités par Bates, 1999), théorie selon laquelle le tissu cortical est capable de prendre en charge une large palette de fonctions, avec différents degrés d'efficacité, en fonction du moment, de la nature et de l'importance de l'input auquel il est exposé.

2.3.2. Les observations de Bates concernant le langage

En 1997, Bates et al. ont étudié les premiers stades de développement du langage chez des enfants avec lésion précoce focale gauche ou droite. Cette étude a permis de dégager quelques éléments de compréhension concernant l'émergence de l'organisation cérébrale du langage chez les enfants sains détaillée ci-après.

Ils relèvent tout d'abord un transfert de la compétence de compréhension des mots de l'hémisphère droit à l'hémisphère gauche, entre l'enfance et l'âge adulte. Ce changement peut s'expliquer par l'évolution de la maturation cérébrale (antériorité de la maturation de l'hémisphère droit, rattrapé ultérieurement par l'hémisphère gauche) mais peut également traduire une différence qualitative entre le processus d'apprentissage nécessaire à la compréhension et celui nécessaire à la production (implication de l'hémisphère droit dans les premières étapes de la compréhension des mots seulement).

Bates et al. observent de plus que, chez les enfants sains, l'aire de Broca n'est pas spécialisée initialement pour le langage, mais qu'elle se spécialise au cours du développement, après une période initiale pendant laquelle le cortex frontal intervient de manière symétrique dans l'apprentissage du langage. En 2006, Szarflaski et al mettent en évidence une évolution significative au cours de l'enfance de l'activation de certaines aires cérébrales lors d'une tâche de génération de verbes. L'activation de l'aire de Broca, des gyri temporal moyen, frontal inférieur et angulaire de l'hémisphère gauche ainsi que des aires temporales inférieures droites augmente de façon importante avec l'âge. En revanche, les auteurs notent une diminution de l'implication de plusieurs aires corticales et sous-corticales dont le lobe frontal supérieur, l'insula postérieure et le thalamus de l'hémisphère gauche ainsi que le gyrus cingulaire droit.

Un troisième résultat ressort de l'étude menée par Bates et al. concernant cette fois les enfants ayant subi une lésion impliquant le lobe temporal gauche. Tous montrent des déficits en production lexicale et grammaticale. C'est le seul élément chez l'enfant qui va dans le sens de l'asymétrie en faveur de l'hémisphère gauche connue pour le traitement du langage chez l'adulte. Cet effet peut s'expliquer par une simple préférence pour un style de traitement reflétant les différences de modes d'analyse de l'information entre les lobes temporal gauche (analytique) et droit (holistique) qui seraient une constante.

Enfin, les corrélations lésions/symptômes décrites précédemment par Bates et al. dans la population d'enfants lésés semblent avoir disparu quand ils testent de nouveau les capacités langagières des enfants après l'âge de 5-7 ans, preuve d'une plasticité et de la mise en place d'une organisation cérébrale compensatoire au cours du développement. Même si l'on peut trouver des déficits résiduels subtils suite aux lésions subies par les enfants, on peut affirmer qu'ils ont mis en place une organisation cérébrale suffisante pour le langage au quotidien.

Cette approche dynamique de l'organisation cérébrale a le mérite de réconcilier linguistique, sciences cognitives et neurobiologie développementale. De plus en plus d'auteurs sont convaincus qu'elle apportera des preuves fiables en faveur du rôle crucial de l'expérience dans le processus d'organisation cérébrale.

II. Interruption du processus développemental normal et répercussions langagières

1. Accident Vasculaire Cérébral (AVC) chez l'enfant

Si l'AVC et ses conséquences chez l'adulte sont désormais bien connus, les connaissances concernant les séquelles chez l'enfant restent moins bien établies. En effet, l'AVC de l'enfant ne correspond pas à une pathologie adulte miniature. Il survient dans un contexte développemental et présente de ce fait des étiologies et une symptomatologie qui lui sont propres. Il est donc nécessaire de prendre en compte les effets directs de la lésion mais également ses conséquences sur la vie future de l'enfant.

1.1. Incidence et étiologies

L'incidence de l'AVC ischémique chez l'enfant est en moyenne de 2,1/100000 enfants par an, avec une légère supériorité dans les cas d'AVC néonataux. Contrairement à chez l'adulte, il existe de multiples étiologies chez l'enfant : post-infectieuses (varicelle), vasculaires (drépanocytose), d'origine cardiaque et troubles de la coagulation pour les principales. Dans l'étude de Steinlin M. et al. (2005) dont la population est constituée de soixante-trois enfants ayant subi un AVC dans l'enfance ou en période néonatale, 54% d'entre eux présentent un AVC multifactoriel, 35% ont une seule étiologie clairement établie, et pour 11% elle demeure inconnue.

1.2. Diagnostic et symptomatologie

Les symptômes s'imposent brutalement chez un enfant jusque là bien portant. Les signes d'alertes varient selon la localisation de l'ischémie cérébrale. Steinlin et al. (2005) décrivent les symptômes les plus fréquents suite à un AVC dans l'enfance, parmi lesquels l'hémiplégie, la paralysie faciale, les céphalées, les troubles de la vigilance et les troubles du langage. Ces résultats sont présentés en Annexe III. Plusieurs examens paracliniques sont nécessaires au diagnostic : une imagerie cérébrale dans les premières heures qui suivent l'accident (tomodensitométrie ou imagerie par résonance magnétique) et une artériographie (qui peut être normale ou montrer diverses lésions dans les jours qui suivent l'AVC).

1.3. Pronostic

De façon générale, on estime que le pronostic de l'AVC est meilleur chez l'enfant que chez l'adulte. Si le cerveau de l'enfant est effectivement capable d'une plasticité plus importante que celui de l'adulte, il faut cependant bien avoir à l'esprit que l'AVC vient interrompre le processus développemental dans lequel est engagé l'enfant. Toute lésion survenant au cours de ce processus de maturation a donc non seulement un effet direct sur l'organisation cérébrale, mais pourra, de plus, engendrer des déficits secondaires. Des séquelles neuropsychologiques importantes (capacités intellectuelles, attention, mémoire) compliquent ainsi le tableau résiduel et peuvent entraîner des déficits secondaires

affectant le développement social et affectif de l'enfant ainsi que ses apprentissages scolaires. L'enfant devra non seulement recouvrer les capacités perdues mais également reprendre et poursuivre son développement normal.

2. Tableau clinique

2.1. Description classique

Pendant longtemps, l'aphasie de l'enfant a été définie par une symptomatologie dite négative qui contraste avec celle de l'adulte, riche en signes positifs tels que les persévérations ou l'agrammatisme. Montanier & Trouillot (1996) reprennent cette description classique de l'aphasie de l'enfant caractérisée notamment par une réduction de l'activité expressive langagière, une syntaxe simplifiée plutôt qu'erronée, l'absence de stéréotypies et de persévérations et une compréhension rarement perturbée. Depuis quelques années, cependant, cette approche sémiologique a été reconsidérée et certains auteurs mettent en avant des manifestations similaires chez l'enfant.

2.1.1. Sévérité des troubles expressifs

Classiquement l'aphasie de l'enfant est caractérisée par la prédominance de troubles expressifs et ce, quelle que soit la localisation lésionnelle, une fluence extrêmement réduite, des troubles de la compréhension mineurs et une récupération quasi totale.

On observe quasi systématiquement une phase de mutisme initial, de durée variable, qui, contrairement à chez l'adulte, ne semble pas corrélée à la sévérité des troubles aphasiques ultérieurs et qui s'inscrit dans un contexte de réduction globale de toutes les activités expressives (verbales et gestuelles). De ce fait, le mutisme a souvent été confondu dans la littérature avec l'hypospontanéité verbale. Pourtant il s'agit bien de deux symptômes différents : le mutisme se traduit par une impossibilité d'émission malgré la volonté du sujet de produire des sons, tandis que l'hypospontanéité correspond d'avantage à une difficulté d'émission : le sujet n'a pas l'initiative de la parole, mais lorsqu'on le sollicite fortement, il peut émettre des réponses brèves. Selon Van Hout ces deux symptômes constitueraient en réalité un continuum au sein duquel le mutisme serait une forme extrême d'hypospontanéité.

La complexité de cette symptomatologie est de différencier ce qui est assimilé à un retour à un stade antérieur du développement (articulation simplifiée, réduction du stock lexical, syntaxe appauvrie), de ce qui serait caractérisé comme pathologique (dysarthrie, anomie, syntaxe désorganisée avec agrammatisme) (Van Hout, 1999). De plus, les mécanismes responsables de ces déficits sont rarement identifiés avec précision et laissent place à diverses hypothèses qui mériteraient d'être approfondies pour un soin plus adapté.

2.1.2. Troubles de la compréhension mineurs

Les troubles de la compréhension sont classiquement décrits comme mineurs et transitoires chez l'enfant. Contrairement à l'adulte, ils ne semblent pas liés à la

localisation de l'atteinte et évoquent, de ce fait, une organisation cérébrale différente. Il faut cependant être prudent avec l'idée du caractère transitoire de ces troubles car chez certains enfants ils peuvent être subtils et passer inaperçus mais cependant demeurer.

2.2. Une nouvelle approche

Depuis quelques années une nouvelle sémiologie de l'aphasie de l'enfant met en avant une grande diversité de troubles caractéristiques, similaires à ceux décrits chez l'adulte.

La variabilité, aujourd'hui admise, de ces troubles permet des regroupements syndromiques de l'aphasie de l'enfant que Mazaux (2007) décrit comme suit :

une aphasie anomique caractérisée par un manque du mot constant, même isolé, mais qui peut être limité à une catégorie sémantique,

une aphasie sensorielle qui se traduit par une surdité verbale, une expression fluente (voire logorrhéique) et des paraphasies (voire des néologismes),

une aphasie de conduction où l'on observe un manque du mot, un langage fluent, des paraphasies phonémiques et une atteinte massive de la répétition,

une aphasie transcorticale, essentiellement motrice, qui fait suite au mutisme,

une alexie agraphie pure, exceptionnelle mais sévère.

3. Récupération fonctionnelle du langage

3.1. Différents mécanismes

3.1.1. Plasticité

L'IRMf est fréquemment utilisée dans les recherches étudiant la réorganisation des supports neuro anatomiques du langage suite à une lésion cérébrale acquise dans l'enfance. Chilosi et al., notamment, ont publié en 2008 une étude longitudinale sur un enfant cérébrolésé dans le territoire sylvien gauche à 3 ans et 4 mois qu'ils ont suivi jusqu'à l'âge de 24 ans. La dernière évaluation de leur patient a été complétée par une IRMf qui a révélé chez celui-ci l'activation dans l'hémisphère droit des aires homologues à celles responsables du langage dans l'hémisphère gauche au cours d'une tâche de génération de rimes. Hertz-Pannier et al. ont également mené une recherche en 2002, au cours de laquelle ils étudient la réorganisation cérébrale des aires langagières chez un enfant atteint d'une épilepsie incurable dans l'hémisphère gauche. Une première IRMf à l'âge de 6 ans et 10 mois révélait chez cet enfant une latéralisation du langage à gauche. A 9 ans, il subit une hémisphérectomie gauche, et lors d'une seconde IRMf passée à 10 ans 6 mois, on observe que les tâches langagières, réceptives et productives, sont gérées par des réseaux neuronaux langagiers situés dans l'hémisphère droit. Tous ces éléments

prouvent que des phénomènes de plasticité cérébrale peuvent se mettre en place pour compenser la perte occasionnée par une atteinte neurologique.

Grafman & Litvan (1999) cités par Belin (1999) décrivent quatre grands mécanismes de plasticité développés ci-après.

L'adaptation des zones cérébrales homologues, qui implique un transfert inter-hémisphérique de la fonction, surviendrait essentiellement chez les enfants en cas d'atteinte précoce. La prise en charge des fonctions langagières s'effectue alors en miroir, c'est-à-dire dans l'hémisphère droit mais par les mêmes zones corticales que celles activées dans l'hémisphère gauche. De nombreux auteurs ont observé cette réorganisation chez des enfants suite à une lésion précoce des aires du langage (Tillema, 2008 ; Lidzba, 2002). Il a également été montré que ce transfert inter-hémisphérique peut avoir des répercussions sur les fonctions visuo-spatiales qui sont initialement traitées par l'hémisphère droit (Lidzba, 2006). En effet, le traitement du langage étant prioritaire chez l'humain, cette réorganisation peut s'effectuer au détriment des fonctions propres de l'hémisphère droit qui a alors trop de fonctions en charge. On appelle cela l'*effet crowding*.

Le « cross-modal reassignement » correspond au fait qu'une zone lésée, et donc privée de ses inputs sensoriels habituels, soit utilisée pour une fonction qui ne lui était pas initialement dévolue. Ce phénomène de plasticité a notamment été illustré par les études de Sadato en 1996 (cité par Belin, 1999) sur des adultes aveugles chez qui une tâche de lecture de braille activait les aires normalement utilisées pour la reconnaissance visuelle de formes.

Le phénomène de flexibilité des aires corticales décrit une diminution de la taille de l'aire atteinte (car privée de stimuli) qui profite aux aires corticales voisines et qui entraîne, de ce fait, une réorganisation des cartes corticales.

Enfin le terme de « mascarade compensatoire » décrit une réorganisation de circuits neuronaux fonctionnels pré-existants, mais initialement peu actifs.

Une autre forme de plasticité correspondant à un transfert de fonction de façon intra-hémisphérique est citée dans la littérature. Dans leur étude de 2008, Chilosi et al. rapportent le cas d'un jeune homme ayant subi une lésion touchant le territoire sylvien gauche à l'âge de 3 ans 4 mois qui montre, au cours d'une tâche de génération de rimes, une réorganisation intra-hémisphérique des aires du langage.

3.1.2. Levée du diaschisis

Le terme de diaschisis fait référence à l'inhibition d'une fonction cérébrale localisée dans une aire cérébrale non-atteinte par une lésion aiguë mais connectée fonctionnellement à cette zone. Plusieurs type de diaschisis existent : trans-hémisphérique, cortico-thalamique, thalamo-cortical ou encore diaschisis entre noyaux gris centraux et cortex cérébral. Dans tous les cas, l'importance du diaschisis est proportionnelle à la taille de la lésion. La récupération d'une fonction pourrait donc être en partie liée à la levée du diaschisis qui permettrait une récupération de l'aphasie post-AVC unilatéral sous-cortical parallèlement à la régression de l'hypo-perfusion des zones corticales ipsilatérales à la lésion.

3.1.3. Multiplication des neurones

D'autres études, comme celle d'Eriksson (1998) (cité par Belin, 1999) abordent la possibilité que, même à l'âge adulte, un phénomène de division neuronale s'effectuant dans le gyrus hippocampique permettrait une multiplication des neurones. Cette hypothèse vient à l'encontre de l'idée selon laquelle une restauration fonctionnelle après lésion cérébrale ne serait plus possible à l'âge adulte. Cependant, il est encore difficile de connaître l'implication réelle de ce mécanisme dans le processus de récupération.

La récupération fonctionnelle du langage peut être différente d'un individu à l'autre, et s'effectue selon des variables qui sont propres au patient et à sa lésion.

3.2. Variables de récupération liées au patient

L'une des premières variables à prendre en considération concerne le sexe du patient. Cappa et Vignolo (1988), cités par Belin (1999) évoquent à ce sujet la possibilité d'une organisation cérébrale différente chez la femme avec, dans certains cas, des représentations langagières plus diffuses, réparties entre les deux hémisphères, ce qui aurait pour conséquence, en cas de lésion, des tableaux aphasiques moins sévères et de meilleures capacités de récupération. Ces résultats, s'ils semblent intéressants, n'ont cependant pas été confirmés par d'autres études et restent de l'ordre de l'hypothèse.

Comme on l'a évoqué précédemment, la latéralité manuelle compte également. Les gauchers chez qui on observe une latéralisation du langage moins tranchée que chez les droitiers pourraient avoir une meilleure récupération.

Enfin, l'âge à la lésion apparaît comme un facteur majeur de la récupération. En effet, bien que la récupération de l'enfant semble se faire plus facilement que chez l'adulte, il est difficile d'établir un gradient chronologique au sein même de l'enfance. Pour certains auteurs tels Steinlin et al. (2005), il existe une corrélation négative entre l'âge au moment de la lésion et le degré de handicap : plus l'enfant est jeune au moment de la lésion et moins les conséquences seraient favorables. Cependant, il semblerait tout de même que si les lésions précoces entraînent des déficits langagiers plus importants elles sont également mieux compensées. Ainsi, dans les cas de lésions congénitales gauches, le développement du langage se ferait plus lentement, (Chilosi et al., 2005), mais on n'observerait plus de séquelles après 7 ans (Bates et al., 2001). Selon Vicari et al. (2000) cités par Chilosi et al. (2008), une lésion gauche survenant avant la période de 18-30 mois entraînerait un retard plus important du développement du langage, mais provoquerait aussi une réorganisation précoce qui compense le retard initial. Ces résultats sont à mettre en lien avec l'étude de Woods et Teuber (1978) (cités par Van Hout, 1999) au sein de laquelle aucun enfant ayant moins de 8 ans au moment de la lésion ne montre de séquelle à distance. Il faut cependant faire attention à une possible récupération illusoire se traduisant par la présence de séquelles langagières subtiles mais persistantes en dépit d'une apparente réparation clinique (Chilosi, et al., 2008). En ce qui concerne les mécanismes de récupération, Duchowny et al. (1996, cités par Chilosi, et al., 2008) notent plutôt une réorganisation inter-hémisphérique dans les cas de lésions précoces tandis que dans les cas de lésions plus tardives, elle serait surtout intra-hémisphérique. Cependant, selon Van Hout (1999), si le jeune âge semble être un facteur favorable de récupération, il ne peut en aucun cas

être considéré de manière isolée, et l'étendue, la localisation et la nature de la lésion paraissent tout aussi importantes.

3.3. Variables de récupération liées à la lésion

3.3.1. Influence de la localisation et de l'étendue

Il semblerait que les lésions cérébrales chez l'enfant entraînent des déficits différents selon leur localisation (Piccirilli & D'Alessandro, 1994, cités par Bedoin et al, 2006), les lésions de l'hémisphère gauche ayant un retentissement plus important sur le versant expressif du langage. Une atteinte touchant le cortex, la substance blanche, les ganglions de la base ou le thalamus entraînerait d'autre part un handicap plus important que les AVC survenant dans d'autres régions cérébrales.

D'autre part, une étude menée par Guzetta et al. en 2008 met en avant un transfert systématique du langage dans l'hémisphère droit chez leurs patients ayant subi un AVC gauche périnatal affectant l'aire de Broca, qu'il soit massif ou très localisé. Un tel transfert se retrouve quelques fois dans le cas d'AVC gauches plus profonds ne touchant pas l'aire de Broca. On imagine que cet AVC serait associé à un dysfonctionnement cortical dans le territoire de l'artère cérébrale moyenne, notamment à une baisse du débit sanguin. Ce dysfonctionnement pourrait induire à lui seul un transfert des fonctions langagières à l'hémisphère droit. On ne peut cependant exclure l'hypothèse d'un effet direct des lésions sous-corticales sur les capacités langagières.

Enfin, selon Van Hout (1999), il est probable qu'une lésion étendue dans la zone du langage mais unilatérale soit de meilleur pronostic qu'une lésion moins étendue mais bilatérale qui restreint les capacités de suppléance de l'hémisphère droit.

3.3.2. Influence de l'étiologie

Étant donnée la rareté des cas d'aphasie chez l'enfant, il a souvent été difficile de distinguer les effets de l'étiologie de ceux des autres variables associées précédemment citées. De manière générale, de meilleurs résultats sont observés dans le cas de lésions d'origine traumatique ou vasculaire par rapport aux étiologies infectieuses, tumorales ou progressives (Loonen & Van Dongen, 1990, cités par Chilosi et al., 2008).

Concernant les étiologies traumatiques, le phénomène de plasticité cérébrale est limité en raison de l'étendue des lésions et du peu de tissus sains capables compenser les déficits. On observe souvent un ensemble de déficits neuropsychologiques qui persistent et qui évoquent un pronostic à long terme moins bon qu'en cas de lésion focale.

En ce qui concerne les étiologies vasculaires, une étude de Byers et Mac Lean (1962) (cités par Van Hout, 1999) indique que la récupération du langage oral est meilleure que dans le cas d'atteintes traumatiques. On note d'autre part que les lésions hémorragiques sont moins destructives que les lésions ischémiques, qui engendrent la diminution ou l'arrêt temporaire de la vascularisation d'une région, et semblent de ce fait, être de meilleur pronostic.

Chapitre II
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

I. Problématique

Au vu des différentes données théoriques que nous venons d'exposer, nous nous interrogeons sur le rôle de l'âge de survenue d'une lésion cérébrale subie tôt dans l'enfance dans le processus de récupération fonctionnelle du langage, c'est-à-dire son influence sur l'efficacité des capacités langagières des enfants à distance de leur lésion.

II. Hypothèses

1. Hypothèse générale

Nous émettons l'hypothèse qu'en cas d'accident vasculaire cérébral ischémique gauche précoce affectant les régions profondes du langage, l'âge de survenue de la lésion détermine différents mécanismes de récupération fonctionnelle du langage et engendre par conséquent des séquelles langagières variables.

2. Hypothèses opérationnelles

Hypothèse 1 : Plus la lésion est précoce, plus la récupération fonctionnelle serait complète et moindres seraient les conséquences sur le langage de l'enfant.

Hypothèse 2 : Suite aux différents mécanismes de récupération post-lésionnels, on observerait une réorganisation atypique intra et /ou interhémisphérique des aires spécifiques du langage. De ce fait nous nous attendons à ce que les résultats des tests comportementaux soient différents de ceux observés dans une population saine. Nous pensons également observer en IRMf l'activation de zones normalement non sollicitées pour des tâches langagières.

Hypothèse 3 : Plus la lésion est précoce et plus l'intervention de l'hémisphère droit dans la prise en charge des fonctions langagières serait importante.

Hypothèse 4 : La prise en charge du langage par l'hémisphère droit aurait pour conséquence un déficit des fonctions visuo-spatiales qui s'expliquerait par une surcharge de cet hémisphère (*effet crowding*).

Chapitre III
PARTIE EXPERIMENTALE

I. Population

1. Critères de sélection

1.1. Pathologie

Parmi les atteintes cérébrales responsables de pathologies chez l'enfant, les plus fréquentes sont le traumatisme crânien (TC), l'AVC et la tumeur, qui touche le plus souvent le cervelet. Notre étude ayant pour but d'évaluer les mécanismes de récupération fonctionnelle ainsi que le développement du langage oral suite à une lésion cérébrale chez l'enfant, nous avons choisi l'AVC ischémique dont la localisation est limitée à un territoire. En effet ni l'aspect évolutif d'une tumeur, ni l'aspect diffus des lésions cérébrales en cas de TC ou d'AVC hémorragique ne pouvaient convenir à nos exigences de précision de localisation et d'étendue restreinte de la lésion. De plus nous souhaitons évaluer les répercussions d'une pathologie indépendamment de tout effet de traitement, ce qui aurait été impossible dans le cas d'une tumeur.

Souhaitant étudier principalement les séquelles et la récupération langagières d'un AVC ischémique, et sachant que le langage se situe à 95 % dans l'hémisphère gauche chez les droitiers, nous avons restreint notre sélection à des enfants ayant eu une lésion très localisée se situant dans le territoire sylvien gauche. Plus particulièrement nous souhaitons observer les répercussions d'une atteinte profonde sur les fonctions langagières. Le tableau suivant illustre la localisation de la lésion de chaque enfant en coupe frontale (les coupes axiales apparaissent en Annexe IV). Les images ont ici une orientation radiologique, l'hémisphère gauche est donc représenté à droite et inversement.

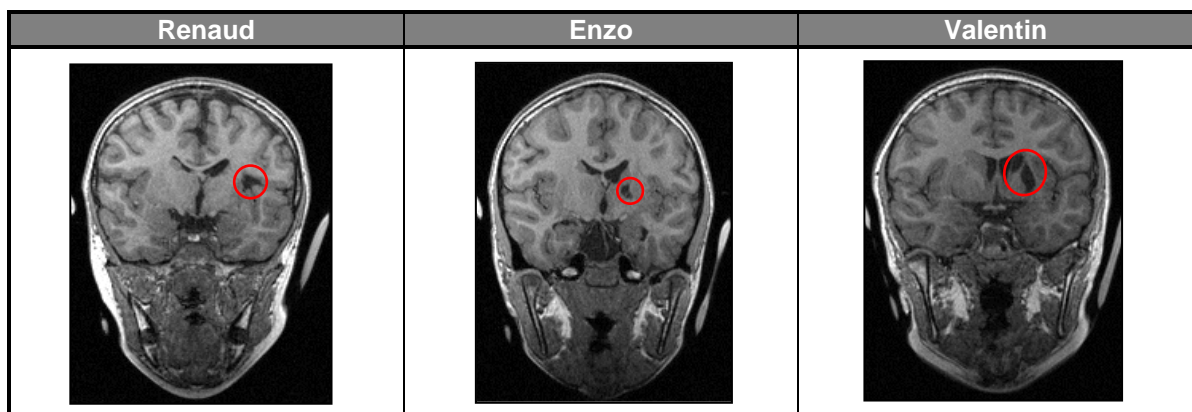


Figure 1 : Localisation de la lésion : IRM anatomique, coupe frontale

1.2. Latéralité initiale

Nous avons sélectionné des enfants droitiers avant leur lésion car ce sont eux qui ont la plus grande probabilité d'une latéralisation initiale des aires du langage à gauche.

Un problème s'est cependant posé pour Renaud qui a eu son AVC à deux jours de vie. En effet, quelle que soit sa latéralité actuelle, nous ne pouvions être assurées de sa latéralité manuelle initiale. Il s'agit là d'un biais méthodologique que nous avons tenté de pallier en effectuant des recherches dans l'entourage familial de l'enfant. Il s'avère que le jumeau de cet enfant est gaucher. Cependant, il n'y a aucun autre antécédent de gaucherie dans la famille (parents, grands-parents, oncles et tantes), de plus, il s'agit de jumeaux hétérozygotes. Ces données restreignent la probabilité de gaucherie initiale chez cet enfant. Étant données les difficultés que nous avons eues à trouver notre population, nous avons fait le choix de garder malgré tout cet enfant dans notre étude en prévoyant cependant d'analyser ses résultats en fonction des deux hypothèses concernant sa latéralité manuelle initiale.

1.3. Age des enfants au moment de la lésion

L'âge des enfants au moment de leur lésion est le point central de notre recherche. En effet, nous souhaitons savoir s'il existait des différences au niveau du tableau clinique actuel et de la récupération des enfants selon l'âge qu'ils avaient au moment de leur AVC. Nous avons également décidé d'étudier le cas de patients ayant eu leur lésion tôt dans l'enfance et à différents stades de leur apprentissage du langage : au commencement, après l'explosion lexicale et au-delà de trois ans lorsque les bases du langage sont normalement acquises en production comme en compréhension.

Compte tenu de ces données, en nous appuyant sur la littérature traitant le sujet des lésions cérébrales précoces ainsi que sur la théorie de J.P Changeux sur le développement cérébral de l'enfant, nous avons décidé de choisir trois cas d'enfants ayant eu leur lésion à partir de leur premier jour de vie et jusqu'à l'âge de quatre ans. Idéalement, nous souhaitons que ces enfants aient eu leur lésion à des âges bien différents, c'est-à-dire en période périnatale, autour de dix-huit mois et au-delà de trois ans.

1.4. Age des enfants au moment de l'étude

L'IRMf est non invasive et indolore mais nécessite cependant une parfaite immobilité de la tête lors de l'examen. Les enfants participant à l'étude devaient donc être assez âgés pour pouvoir respecter cette contrainte. D'autre part, les tâches proposées en IRMf ainsi qu'en lecture tachistoscopique comportant de la lecture, les enfants devaient être en mesure de lire des mots, même simples. Enfin, ayant à disposition une diversité plus importante de tests permettant une observation plus fine des aspects langagiers pour des enfants ayant entre 6 et 8 ans, nous avons choisi de sélectionner des enfants ayant entre 7 et 8 ans. Dans les faits, notre recherche de population s'est avérée compliquée, les âges des trois enfants ne correspondent donc pas précisément à ce que nous souhaitons initialement et si deux des enfants sont proches de l'âge de huit ans au moment de l'étude, le troisième est un peu plus âgé.

1.5. Critères d'exclusion

Nous avons exclu de notre étude tout enfant présentant une pathologie associée, notamment une épilepsie, afin d'être assurées que les résultats aux tests soient bien le

reflet des séquelles et de la récupération de la lésion précoce et non d'une éventuelle autre pathologie neurologique. Pour cette même raison nous avons écarté de notre étude les enfants présentant un quotient intellectuel inférieur à soixante-dix. Par ailleurs, comme expliqué précédemment, nous avons dû exclure tous les cas d'enfants dont la latéralité initiale était clairement établie à gauche. Enfin, l'épreuve d'IRMf nous a contraintes à exclure les familles géographiquement trop éloignées de Lyon.

2. Recherche de la population

Travaillant avec le Dr Rousselle, neuropédiatre dans le service de neurologie pédiatrique du Pr Desportes, nous avons commencé par étudier les dossiers des enfants suivis au sein de ce service au cours des années passées. Cette recherche, du fait de nos exigences, nous a permis de trouver un enfant. Nous avons donc étendu notre recherche grâce à l'aide du Dr Chabrier, neuropédiatre à l'Hôpital Nord de Saint-Etienne, qui a recensé ces dernières années les enfants ayant eu un AVC en période périnatale. Nous avons pu retenir un enfant. Enfin, notre dernier patient est suivi par une orthophoniste de notre connaissance qui exerce à Lyon.

3. Présentation

3.1. Renaud

Renaud a 8 ans et 5 mois au moment de l'expérimentation. Il est né à terme par césarienne, l'accouchement a été réalisé sous anesthésie générale. Il a subi un AVC ischémique gauche à deux jours de vie. L'IRM initiale indique que sa lésion atteint la substance blanche et partiellement les noyaux gris centraux (NGC) au niveau du noyau lenticulaire gauche notamment. L'étiologie reste à ce jour inconnue.

Renaud est le deuxième d'une fratrie de quatre enfants. Il a une sœur aînée, un frère jumeau hétérozygote né en second sans souffrance et un petit frère.

Il est actuellement en classe de CE2 et sa scolarité se déroule correctement malgré quelques difficultés, de lecture et de graphisme notamment.

Il présente à ce jour d'importantes séquelles motrices caractérisées par une hémiparésie droite qui touche essentiellement le membre supérieur. Il semble de plus avoir encore des difficultés praxiques au quotidien, notamment pour l'habillage qui peut nécessiter une aide. Il suit depuis l'âge de 6 mois une rééducation kinésithérapique, actuellement à raison d'une séance par semaine, ainsi qu'une prise en charge en ergothérapie depuis qu'il a 22 mois, une fois toutes les deux semaines.

Une rééducation orthophonique a été entreprise un peu avant ses six ans mais a été arrêtée quelques mois après, suite à un manque d'investissement de l'enfant. En effet, la mise en place du langage a été tardive pour Renaud mais a progressé régulièrement tout en restant en décalage par rapport à son jumeau. A l'âge de 2 ans 4 mois, il utilisait quelques mots qu'il a commencé à associer vers 2 ans 7 mois. Au moment de l'entrée en petite section de maternelle, les progrès langagiers étaient nets, Renaud utilisait de petites phrases. On

notait à ce moment là quelques bavages pouvant marquer des difficultés au niveau des praxies bucco-faciales ainsi que des difficultés articulatoires entraînant une déformation des mots. Ces difficultés ont persisté jusqu'en moyenne section de maternelle.

Renaud est un enfant très éveillé, on relève dans son dossier que sa maman a été particulièrement attentive à cet éveil durant son enfance. Il coopère bien dans la mesure où la tâche l'intéresse et ne dure pas trop longtemps. Sa maman nous informe en outre qu'à l'école il s'isole facilement des autres enfants, notamment en raison des difficultés motrices qui l'empêchent de participer à certaines activités.

3.2. Enzo

Enzo a 8 ans 6 mois au moment de l'expérimentation. Il est né à terme sans souffrance, son poids de naissance, sa taille ainsi que son périmètre crânien étant dans la norme. A l'âge de 5 mois un syndrome drépanocytaire est diagnostiqué. L'expression clinique de cette pathologie est généralement marquée par une triade : crises douloureuses vaso-occlusives, anémies graves, infections bactériennes. Enzo présente plus précisément une pathologie de type thalasso drépanocytose qui, contrairement à d'autres formes, n'est pas prédisposée aux AVC. Ses acquisitions motrices et langagières sont normales jusqu'à l'âge de 2 ans 6 mois, âge auquel il subit son AVC qui s'exprime par une aphasie, une paralysie faciale droite ainsi qu'une hémiparésie droite. Aucun facteur déclenchant (déshydratation, anémie aiguë) n'a été identifié au moment de son accident. La survenue de son AVC dans ce contexte est donc surprenante. Les examens neurologiques mettent en évidence une lésion isolée touchant la région temporo-occipitale gauche et le bras postérieur de la capsule interne gauche.

Enzo est le deuxième d'une fratrie de quatre enfants. Il a un frère jumeau hétérozygote chez qui on ne retrouve pas tous ces antécédents médicaux.

Il redouble son CE1 cette année. La lecture et l'orthographe sont particulièrement difficiles. Il semble qu'il ne comprenne pas toujours ce qui lui est demandé en classe ou ce qu'il lit. Une lenteur importante est relevée dans toutes les activités.

Il ne présente pas de trouble moteur séquentiel majeur de son AVC. L'aphasie initiale a petit à petit régressé mais son niveau de langage est resté inférieur à celui attendu. Une discrète paralysie faciale droite était encore présente dans la mimique quelques mois après son AVC. La récupération langagière d'Enzo s'est faite de telle sorte qu'aucune prise en charge orthophonique n'a été prescrite avant juillet 2008. Cette rééducation récente s'est mise en place pour des difficultés de langage écrit.

Enzo est un garçon sociable et coopérant mais un peu inhibé et qui initie peu l'échange.

3.3. Valentin

Valentin a 10 ans et 3 mois au moment de l'expérimentation. Les premières acquisitions langagières et motrices se sont normalement déroulées. A l'âge de 3 ans 3 mois, une hémiparésie droite ainsi qu'une aphasie (non complète) alertent ses parents. Les examens neurologiques diagnostiquent un AVC qui survient dans un contexte récent de varicelle

récente. Il touche le territoire sylvien gauche profond, spécialement les noyaux gris centraux (putamen, noyau caudé) et la partie supérieure de la capsule interne gauche. On envisage alors cette varicelle comme cause de l'AVC, mais aucun examen ne confirme objectivement cette hypothèse.

Les parents de Valentin sont d'origine arménienne. Valentin est bilingue, tout comme son frère et sa sœur aînés.

Il a redoublé son CP et est actuellement en classe de CM1. Il éprouve des difficultés en lecture mais le reste de sa scolarité semble globalement bien se passer.

Il est suivi par un kinésithérapeute depuis la survenue de son AVC ainsi que par un ergothérapeute depuis l'âge de 4 ans 7 mois, à raison d'une séance chacun par semaine actuellement. Il présente une hémiparésie droite qui prédomine au niveau du membre supérieur, mais qui le gêne tout de même pour courir par exemple.

Une prise en charge orthophonique a été nécessaire dès l'âge de 5 ans 5 mois. En effet, suite à son AVC, Valentin présentait un retard de langage et un trouble d'articulation importants en maternelle. A son entrée au CP, le bilan orthophonique réalisé révèle des troubles de parole et de langage persistants, surtout en production, un niveau lexical faible ainsi qu'un discours spontané fluent mais peu informatif. Actuellement, la rééducation orthophonique porte essentiellement sur le langage écrit car la plainte principale de Valentin porte sur sa lenteur de lecture et ses difficultés de compréhension. L'accès au stock lexical est toujours travaillé en séance car il dit qu'il lui « manque des mots » régulièrement.

On relève dans son dernier bilan neuropsychologique quelques difficultés cognitives résiduelles, notamment un trouble dysexécutif qui touche l'élaboration de la représentation mentale, la programmation du raisonnement, l'attention soutenue ainsi que la mémoire de travail. On note également une impulsivité et une distractibilité importantes.

Valentin est un garçon dynamique et curieux, il a participé très facilement à nos épreuves.

II. Passation

1. Lieux et période de passation

Nous avons laissé aux familles le choix du lieu de passation des épreuves comportementales. Pour Enzo, les trois rencontres qui ont été nécessaires à la réalisation des épreuves se sont déroulées dans le cabinet de son orthophoniste de fin à novembre à début décembre 2008. Pour Renaud et Valentin dont les familles habitent hors de Lyon nous nous sommes déplacées à leurs domiciles. Nous avons rencontré Renaud au cours des mois de décembre 2008 et janvier 2009, et Valentin durant le mois de février 2009.

Au mois de mars 2009 nous avons revu chaque enfant à deux reprises, à l'Institut de Sciences Cognitives (ISC) de Bron pour la préparation et la passation de l'épreuve sous

IRMf. Une évaluation psychométrique, réalisée par Amandine Brun, psychologue, a également été proposée à chacun.

2. Déroulement des rencontres

Soucieuses de nous adapter aux capacités attentionnelles de chaque enfant, nous avons choisi de ne pas fixer d'ordre établi dans la passation des épreuves comportementales. Nous avons de ce fait essayé de varier au maximum les épreuves en tenant compte de la difficulté de la tâche pour chacun ainsi que de la nature des réponses engagées (visuelles, verbales, réception, expression, etc).

La deuxième partie de l'expérimentation s'est déroulée en deux temps. Dans un premier temps chaque famille a été reçue à l'ISC par le Dr Curie, neuropédiatre travaillant à l'Hôpital Femme Mère Enfant (HFME) ainsi qu'à l'Institut de Sciences Cognitives (ISC) de Bron, et par Amandine Brun, psychologue à l'ISC. Au cours de cette rencontre le Dr Curie a expliqué aux familles en quoi consistait la passation d'une IRMf et quel en était le but dans le cadre de notre étude. Puis elle a procédé à l'examen neuropédiatrique de chaque enfant. Afin que la passation de l'IRMf se déroule dans les meilleures conditions possibles, on a ensuite procédé à une habitude grâce à la reconstitution en taille réelle d'une machine IRMf prévue à cet effet à l'ISC. Le protocole d'habitude est détaillé en Annexe V. Les différentes modalités sensorielles ont été introduites une à une auprès de l'enfant et lui ont ainsi permis de se familiariser avec la machine. Ce préalable indispensable à l'examen réduit significativement le stress de l'enfant le jour de l'examen et permet qu'il se réalise dans les meilleures conditions possibles. L'IRMf a eu lieu lors de la deuxième rencontre à l'ISC avec chaque famille. Chaque enfant a été entraîné sur les deux tâches qu'il aurait à effectuer sous IRMf (détaillées ci-après) puis l'examen a eu lieu. L'installation étant tout à fait similaire à celle qui avait été proposée en habitude, les enfants n'ont montré aucune réticence face à la machine.

III. Matériel

Afin d'étudier la récupération fonctionnelle du langage chez ces enfants, nous avons dans un premier temps, effectué une évaluation orthophonique de leur niveau de langage oral. Une évaluation complémentaire des fonctions associées (attention et mémoire) a permis de dresser le profil cognitif de chacun. Dans le but d'évaluer un éventuel effet crowding, nous nous sommes également intéressées aux fonctions visuospatiales. Dans un second temps, nous avons procédé à une investigation comportementale et neurobiologique afin de connaître l'organisation actuelle des supports neuro anatomiques du langage des enfants, Des tests psychométriques ont été proposés en préalable de ces évaluations.

1. Évaluation psychométrique

Une WISC IV (*Weschler Intelligence Scale for Children*) a été proposée aux enfants par Amandine Brun, afin de nous assurer qu'aucun ne présente de retard intellectuel et d'objectiver le retentissement global de l'AVC pour chacun d'eux. La moyenne de cette échelle est à 100 et l'on considère que la norme se situe entre 70 et 130. On peut parler de retard mental seulement si les scores sont homogènes (différence inférieure à 12 points

environ) et inférieurs à 70. Les matrices progressives (PM) de Raven ont également été proposées dans le but de connaître les capacités de raisonnement des enfants, et ainsi de mieux cerner le fonctionnement cognitif de chacun. Cette épreuve permet d'obtenir un score normalisé en rang centile ainsi qu'une équivalence d'âge mental.

2. Évaluation orthophonique du langage oral

2.1. Versant réceptif

2.1.1. Lexique

Nous avons utilisé la forme A de l'*Echelle de Vocabulaire en Images Peabody* (EVIP, L. M. Dunn et al., 1992), afin d'évaluer l'étendue du stock lexical des enfants en compréhension. Ce test est une adaptation en langue française du "*Peabody Picture Vocabulary Test-Revised*" et présente l'avantage de convenir aux trois âges de notre population puisqu'il est étalonné pour des enfants de deux ans et demi à dix-huit ans.

L'*EVIP* consiste en une désignation (orale ou gestuelle) de l'image qui correspond le mieux au mot énoncé oralement, parmi quatre propositions. Tous les mots de ce test apparaissent dans le dictionnaire de la langue française, les mots de dialecte ou « régionaux » ont été omis. Cependant l'*EVIP* a été construit à l'origine pour une population canadienne. Ainsi, si certains mots ne paraissent pas pertinents, on ne les substitue pas mais on passe à l'item suivant. On compte un point si la désignation précédente était juste, zéro si elle avait été échouée. Ces conditions sont indispensables pour pouvoir se servir de l'étalonnage. Dans notre cas, nous avons ainsi exclu les mots suivants : dégoutter, crampon, sommeiller et pelucheux.

L'*EVIP* permet d'obtenir un score normalisé et un rang centile qui permettent d'obtenir un âge lexical pour chaque enfant. Il permet de plus de le situer dans l'une des catégories descriptives (faibles, médiocres, moyens bas, moyens haut, bons et excellents).

2.1.2. Morpho-syntaxe

L'*Epreuve de COmpréhension Syntaxico-SEmantique* (ECOSSE, P. Lecocq, 1983), nous a permis d'évaluer la compréhension orale d'énoncés de constructions syntaxiques variées des enfants. Nous avons choisi cette épreuve car elle est étalonnée pour des enfants âgés de quatre à douze ans.

Une tâche préliminaire, qui permet de vérifier que le vocabulaire utilisé dans le test est connu de l'enfant, consiste à dénommer cinquante-et-une images (verbes, adjectifs et noms) que l'examineur pointe. Si l'enfant propose un mot présentant un lien sémantique avec le mot attendu, on lui demande s'il ne peut pas trouver un autre mot (ex : homme pour monsieur). Si le mot proposé est proche de la cible, on lui propose le mot. S'il est plus éloigné, on considérera qu'il s'agit d'une erreur de dénomination. Les items échoués en dénomination sont notés puis sont repris en désignation : on nomme les dessins et on redemande à l'enfant de les désigner.

L'épreuve de compréhension à proprement parler est constituée de vingt-trois blocs de quatre items chacun, qui comportent des énoncés illustrant une structure syntaxique particulière dont la complexité augmente (des syntagmes nominaux aux relatives complexes).

La phrase est d'abord énoncée oralement à l'enfant, puis la planche de dessins lui est présentée. Il doit alors désigner le dessin qui illustre la situation évoquée par l'énoncé, les autres représentant des distracteurs lexicaux ou grammaticaux. La présentation en mode compilé (versus mode interprété) est la plus contraignante pour l'enfant. En effet, elle demande plus d'attention, de mémoire, d'interprétation et l'enfant n'a aucune aide immédiate, ce qui le place ainsi dans une situation peut être plus proche de son quotidien. Elle permet une évaluation plus précise de la représentation mentale que le sujet doit construire avant d'être confronté aux images.

On obtient un niveau global de compréhension en comptabilisant le nombre total d'erreurs que l'on compare aux moyennes et écarts-types des enfants de même âge ou de même classe.

2.2. Versant productif

2.2.1. Phonologie

Nous avons évalué les praxies bucco-faciales de façon qualitative en nous appuyant sur le travail issu d'un mémoire d'orthophonie, intitulé « *Évaluation des praxies bucco-faciales, Hôpital E. Herriot* ». L'évaluation porte sur vingt items qui testent les praxies au niveau des yeux, du nez, des joues, de la langue, et des lèvres. On demande à l'enfant de réaliser le mouvement sur ordre et s'il n'est pas réussi, on le lui propose de nouveau sur imitation. On obtient un score en pourcentage de réussite.

Nous avons utilisé la batterie *Nouvelles Épreuves pour l'Examen du Langage* (N-EEL, C. Chevrier-Muller et M. Plaza, 2003) pour évaluer les capacités articulatoires et de parole des enfants. La *N-EEL* a été étalonnée sur des enfants ayant entre trois ans sept mois et huit ans six mois. De ce fait l'un des enfants de notre population se trouve hors étalonnage. Cependant, nous avons fait le choix d'utiliser ce test pour tous, en gardant bien à l'esprit que les résultats de l'un d'eux pourraient se situer hors-étalonnage, car la *N-EEL* permet une analyse de qualité des productions des enfants. Si l'enfant le plus âgé avait obtenu des résultats bien au dessus des scores étalonnés, nous nous serions attachées à une analyse qualitative fine ou aurions réévalué ses compétences avec un autre test. Le cas ne s'est pas présenté, car bien que plus âgé, cet enfant a obtenu des scores très inférieurs à ceux attendus pour son âge.

Les capacités articulatoires des enfants ont été testées grâce au subtest « Mots unisyllabiques (1.A) » Il consiste en une tâche de dénomination d'images, plus ludique pour les enfants que la répétition pure. Si l'enfant échoue, on lui propose l'item en répétition. Les subtests « Mots unisyllabiques (1.B) » et « Mots polysyllabiques (1.C) » nous ont permis quant à eux de tester la parole des enfants.

2.2.2. Lexique

Le lexique en production a été évalué grâce au subtest « Expression – Vocabulaire Dénomination » de la *N-EEL*. Il s'agit d'une épreuve de dénomination qui comprend des items de catégories variées : « mots concrets », couleurs, formes, parties du corps. Lorsque la dénomination d'un mot est échouée, on propose une facilitation par ébauche orale de ce mot qui permet de mettre en évidence une difficulté d'accès à la forme phonologique du mot. Toute déformation phonologique du mot non liée à un trouble d'articulation constant (évalué auparavant) est comptabilisée dans le score de l'épreuve. Ici encore, l'étalonnage de l'épreuve a été exploitable pour les enfants, y compris pour celui qui aurait dû être hors-étalonnage.

La *NEPSY* (M. Korkman, U. Kirk, S. Kemp., 1997, adapt. française : 2003) qui est une batterie d'évaluation neuropsychologique accessible aux orthophonistes propose d'évaluer l'accès au stock lexical grâce à deux épreuves de fluence sémantique et deux épreuves de fluence phonémique. On demande à l'enfant de produire autant de noms d'animaux que possible en une minute puis autant de noms que possible de choses qui se mangent ou se boivent. Ensuite, l'enfant doit produire des mots commençant par le phonème /s/ puis par /m/, en une minute dans les deux cas. Les scores obtenus permettent d'obtenir une note standard allant de un à dix-neuf sur vingt et de situer l'enfant par rapport au score attendu pour son âge. La note de dix reflète la moyenne des scores de la population témoin.

2.2.3. Morpho-Syntaxe

Le *Test de Closure Grammaticale Révisé* (TCG-R, J-J. Deltour, 1992), a permis d'évaluer l'expression morphosyntaxique des enfants à partir d'une épreuve de complétion de phrases. Il se base sur le principe de la phrase laissée en suspens avec un support d'images destiné à préciser le contexte et déterminant pour conditionner la réponse. Ce test présente l'avantage d'évaluer les structures les plus fréquentes de la langue pour les enfants jusqu'à neuf ans. A nouveau, nous avons choisi d'utiliser ce test pour tous les enfants malgré l'âge hors étalonnage de l'un d'entre eux. Son résultat à ce test a été plus faible que ce qui était attendu pour son âge et a donc pu être évalué quantitativement.

Un âge de développement (AD), une note standard (NS) ainsi que trois indices sont calculés pour chaque enfant :

un indice de correction syntaxique (CorSyn) qui correspond à la réponse attendue, la plus proche des attentes scolaires et du langage de l'adulte,

un indice d'adéquation sémantique (AdSem) : l'enfant répond autre chose mais qui reste pertinent au niveau du sens et de la syntaxe. Il s'additionne à la première note pour apprécier les compétences communicationnelles de l'enfant,

enfin, un indice de dysphasie : l'enfant ne répond pas ou utilise une tournure qui n'existe pas dans le développement génétique de la syntaxe.

Nous allons maintenant détailler les épreuves proposées aux enfants pour tester leurs capacités attentionnelles et mnésiques. Ces fonctions sont en effet très impliquées à tous les niveaux du langage et sont de plus sollicitées dans les épreuves neurobiologiques.

2.3. Fonctions associées

2.3.1. Attention visuelle

Nous avons proposé aux enfants le subtest « attention visuelle » de la *NEPSY* qui évalue leur capacité d'attention sélective sur des stimuli simples et complexes. L'épreuve consiste en un barrage le plus précis et le plus rapide possible d'items-cibles. Le premier barrage proposé demande une recherche visuelle parmi des stimuli organisés de manière aléatoire tandis que dans le second les items sont plus complexes et doivent être explorés ligne par ligne dans le sens de la lecture.

2.3.2. Attention auditivo-verbale

Le subtest « attention auditive et réponses associées » de la *NEPSY* a permis de tester les capacités de vigilance et d'attention sélective auditive des enfants ainsi que leur capacité à maintenir et changer leurs réponses en fonctions de stimuli similaires (dans la partie A : prendre un carré rouge quand il entend le mot « ROUGE ») ou contrastés (Dans la partie B : prendre un carré jaune quand il entend le mot « ROUGE »). Ces deux épreuves sont cotées en note standard.

2.3.3. Mémoire visuelle

Nous avons utilisé les épreuves de rappel immédiat et différé de la figure géométrique de la *Batterie d'Évaluation Mnésique (BEM 144, J-L. Signoret, 1991)* pour évaluer la mémoire visuelle des enfants. Cette épreuve a été étalonnée pour des enfants ayant entre six ans six mois et quatorze ans six mois. Durant une minute, on présente à l'enfant la figure qui comporte douze éléments à mémoriser. Puis, l'enfant dispose d'une minute pour reproduire cette figure le plus fidèlement. Plus tard dans l'évaluation on propose à nouveau à l'enfant de dessiner la figure sans modèle cette fois. Ce test présente l'avantage d'évaluer la mémorisation des informations visuelles de l'enfant puis sa remémorisation grâce au rappel différé, et permet ainsi de calculer ainsi un score « d'oubli »

2.3.4. Mémoire auditivo-verbale

La *Batterie Analytique du Langage Ecrit (BALE, M. Zorman, Laboratoire cogni-sciences et apprentissages, IUFM de Grenoble, 2002)* comporte deux subtests permettant d'évaluer les capacités mnésiques verbales des enfants. L'épreuve d'empan de chiffres endroit teste la mémoire auditivo-verbale à court terme en demandant à l'enfant de répéter le maximum de chiffres dans le même ordre que ceux que l'on a énoncés préalablement. Les mêmes suites de chiffres sont à nouveau proposées mais doivent cette fois-ci être répétées dans l'ordre inverse : cela évalue la mémoire auditive de travail. Un écart d'au moins

deux points entre ces deux scores signe un déficit de la mémoire auditive de travail par rapport aux capacités en mémoire à court terme.

3. Fonctions visuo-spatiales

Pour investiguer les fonctions visuo-spatiales des enfants, nous avons utilisé le domaine « Traitements visuo-spatiaux » de la *NEPSY* qui se décline en quatre subtests : « Copie de figures », « Flèches », « Cubes », et « Orientation ».

La copie de figure et l'épreuve des cubes évaluent les capacités d'analyse visuo-spatiale et de coordination de l'activité motrice. Dans la première épreuve, l'enfant doit reproduire sur une feuille des figures géométriques bidimensionnelles tandis que la seconde demande de reproduire des constructions de cubes tridimensionnelles à partir de dessins.

Les deux subtests suivant évaluent les fonctions visuo-spatiales sans nécessiter de manipulation. L'épreuve des flèches consiste à juger de la direction, de l'orientation et des angles de différentes lignes. L'enfant doit choisir parmi plusieurs flèches, les deux qui vont au centre d'une cible, uniquement par analyse visuelle. L'épreuve d'orientation évalue la compréhension des relations visuo-spatiales et de l'orientation, ainsi que leur utilisation pour retrouver sur un plan représentant une grande surface une cible décrite sur une carte schématique plus simple.

Chaque enfant obtient pour l'ensemble de ces épreuves des notes standards qui permettent de le situer par rapport au niveau attendu pour son âge. Seul le subtest « orientation » est coté en rang percentile. Ces rangs percentiles sont analysables en cinq catégories en fonction du rang dans lequel se situe l'enfant. Au-delà de 75 : supérieur au niveau attendu, de 26 à 75 : niveau attendu, de 11 à 25 : limite, de 3 à 10 : inférieur au niveau attendu, à partir de 2 : très inférieur au niveau attendu.

4. Évaluation de la latéralité

Nous avons tout d'abord interrogé la famille sur la latéralité manuelle des enfants avant la survenue de l'AVC. Pour Valentin, cette information a été suffisante, sa latéralité manuelle droite étant clairement établie avant l'accident. Pour Renaud et Enzo en revanche, cette information était inexistante (AVC à 2 jours de vie) ou peu fiable. Nous nous sommes donc renseignées s'il existait d'éventuels cas de sénestralité dans l'entourage familial proche de ces enfants.

Nous avons également proposé à chaque enfant un test de latéralité (*Edinburgh handedness inventory*) qui consiste à demander à l'enfant de mimer dix actions courantes (se peigner, ouvrir une boîte, gommer, etc...) et à observer la main qu'il utilise. Ce test a cependant été biaisé par l'hémiplégie de deux enfants sur trois.

5. Tests préalables aux tests comportementaux

Un examen audiométrique était nécessaire afin d'écartier toute perte auditive qui aurait pu biaiser les résultats obtenus à l'épreuve d'écoute dichotique. En préalable au test de

lecture tachoscopique, le test de l'*Alouette*, (P. Lefavrais, 1967), qui est un test d'identification de mots, nous a permis d'évaluer l'âge de lecture de chaque enfant.

6. Tests comportementaux

L'utilisation des tests comportementaux en complément de l'IRMf présente différents avantages. Elle permet d'une part d'obtenir des informations sur le versant réceptif du langage alors qu'en IRMf nous n'avons traité que le versant productif. D'autre part, les tests comportementaux permettent de contrôler les perceptions de l'enfant, contrairement aux productions en IRMf. Enfin, il est intéressant d'utiliser ces épreuves en vue de développer des outils plus facilement utilisables en clinique et totalement non-invasifs.

6.1. Test d'écoute dichotique (TED)

Dichotica est un test d'écoute dichotique élaboré par N. Bedoin et al. dans le cadre du projet *Complexité des langues et du langage* (Lopez et al., 2009 a,b). Peu de tests d'écoute dichotique ont été étalonnés chez l'enfant, celui-ci, du fait de sa durée de passation et du choix des items a pu être proposé à cette population. Il est actuellement en cours d'étalonnage (CP N=22 ; CE2 N=10 ; CM1 N=21 ; CM2 N=21). Par ailleurs, contrairement à beaucoup de tests d'écoute dichotique, *Dichotica* propose un alignement des deux stimuli sur le début de la première période de la voyelle, ce qui donne l'illusion d'entendre un seul mot. Enfin, l'indice de latéralisation (λ) a été calculé de façon telle que l'analyse des résultats est possible indépendamment de la réussite générale au test. Cet indice est obtenu à partir de la formule suivante : $\lambda = \text{Ln} [(\text{réponses oreille droite} + 1) / (\text{réponses oreille gauche} + 1)]$. *Dichotica* est donc un outil précieux et adapté pour notre recherche.

Le test débute par une phase d'adaptation au cours de laquelle l'enfant entend et doit répéter des mots de la liste, ainsi que des mots voisins initialisés par d'autres consonnes, énoncés par une voix d'homme adulte en écoute monaurale. Cette phase a pour but d'habituer l'enfant à la voix d'une part et de s'assurer de sa perception correcte et de sa connaissance de chaque mot du test d'autre part. Par la suite, les mots sont présentés simultanément par paires et l'on demande à l'enfant de restituer immédiatement celui qu'il a entendu.

Dichotica comporte dix-huit paires de mots monosyllabiques qui ne diffèrent que par la consonne initiale selon les critères de voisement, de lieu d'articulation ou des deux réunis (exemple : passe – basse ; tard – car ; par – dard). Le choix de ces deux critères de sélection est une avancée dans la méthodologie des tests d'écoute dichotique et apporte des informations supplémentaires sur le traitement de ces traits distinctifs. Chaque paire de mots est présentée huit fois en tous, quatre fois dans chaque sens. Les mots sont répartis en quatre blocs de trente-six stimuli, ce qui signifie que dans chaque bloc, chacun des dix-huit couples est présenté une fois dans un sens et une fois dans l'autre. Tous les mots du test ont une consonne occlusive à l'initiale car contrairement aux autres consonnes, celles-ci font l'objet d'un traitement particulièrement latéralisé dans l'hémisphère gauche chez les sujets contrôles.

Un indice de latéralisation (λ) positif exprime un avantage général de l'oreille droite (Right Ear Advantage, REA) qui témoigne d'un traitement langagier préférentiel par l'hémisphère gauche. En revanche, un λ négatif indique un LEA (Left Ear Advantage) et donc une préférence de traitement par l'hémisphère droit. Chez les sujets droitiers contrôles, on relève une supériorité de l'oreille droite. Le REA est spécialement marqué lorsque la différence entre les deux mots porte sur le lieu d'articulation, et plus faible lorsqu'elle concerne le voisement, chez l'adulte, mais aussi chez l'enfant. Cette configuration de résultats est d'ailleurs présente dès le CP, bien que le REA croisse régulièrement dans cette épreuve entre les groupes de CP et de CM2 comme l'illustre la figure en Annexe VII. Il semble donc que les deux hémisphères interviennent dans le traitement du voisement ce qui est cohérent avec d'autres indices présents dans la littérature (Simos, Molfese et Brandon, 1997).

En ce qui concerne les enfants cérébrolésés gauche, on s'attend à observer les résultats suivants. Dans le cas de paires de mots différant sur le lieu d'articulation : un REA plus faible voire inexistant qui traduit l'absence de traitement préférentiel des stimuli auditifs verbaux par l'hémisphère gauche ; dans le cas de paires de mots différant sur le voisement : pas de différence par rapport à la population contrôle car les deux hémisphères semblent intervenir dans ce traitement.

6.2. Lecture tachistoscopique (LTT)

Le test *Diviword* a été mis au point par N. Bedoin dans le cadre d'une étude portant sur le langage des enfants épileptiques. Il est actuellement en cours d'étalonnage sur une population d'enfants et d'adultes droitiers sains. *Diviword* comporte une tâche de lecture à voix haute de mots et pseudo-mots présentés visuellement en hémichamps divisés ainsi qu'une tâche silencieuse de décision lexicale sur ces mêmes items.

L'enfant est placé face à l'ordinateur, de telle sorte que ses yeux se situent à une distance de cinquante-sept centimètres de l'écran au centre duquel apparaît une croix. Dans un premier temps, on lui demande de lire à haute voix les mots qui apparaissent très brièvement d'un côté ou de l'autre de cette croix, ou à défaut de dire les lettres qu'il reconnaît. Une feuille de recueil permet de noter les productions de l'enfant. Les résultats sont analysés en pourcentage d'erreur de lecture en fonction de la nature mot ou pseudo-mot de l'item et du côté de sa présentation. Dans un second temps, on présente les mêmes stimuli en champs divisés qui doivent être lus silencieusement cette fois et l'on demande à l'enfant d'effectuer une tâche de jugement lexical. L'enfant appuie sur des touches différentes selon son choix, ses réponses sont directement enregistrées sur l'ordinateur. L'analyse des résultats prend ici en compte le temps de réponse de l'enfant en fonction de la présentation à gauche ou à droite des items réussis uniquement.

Les quarante-huit mots de l'épreuve ont été choisis en fonction de leur longueur, du nombre de phonèmes et de leur fréquence (base de données Manulex, 2004). Les quarante-huit pseudo-mots ont été construits sur les mêmes critères avec l'idée d'obtenir pour chacun une complexité orthographique équivalente à celle des mots. Les mots et pseudo-mots ont été ensuite répartis grâce à un mélange pseudo-aléatoire en quatre blocs à partir desquels on présente aux deux hémichamps le même nombre d'items de chaque catégorie. Ceux-ci, présentés dans l'un et l'autre des hémichamps, sont équilibrés en nombre de lettres et de phonèmes, les mots le sont en fonction de leur lexicalité.

Les premiers résultats obtenus par les adultes droitiers contrôles (Annexe VIII) ont permis de réaliser une analyse de la variance à mesures répétées sur les pourcentages d'erreurs (*Anova*), avec les facteurs intra-individuels Champ (Champ Visuel Gauche – Hémisphère Droit, CVG-HD ; Champ Visuel Droit – Hémisphère Gauche, CVD-HG) et Lexicalité (mot, pseudo-mot). Elle révèle de meilleures performances pour les mots que pour les pseudo-mots, $F(1,18) = 111.29, p = 0.0001$, ainsi qu'un avantage en CVD-HG par rapport au CVG-HD, $F(1, 18) = 23.06, p = 0.0001$.

En raison d'un éventuel déplacement des supports neuroanatomiques du langage chez nos patients, on s'attend à ce que les stimuli verbaux présentés en hémichamp droit ne soient pas mieux traités que ceux présentés en hémichamp gauche, contrairement à la dominance en champ visuel droit – hémisphère gauche observée chez les sujets ordinaires.

7. Imagerie par résonance magnétique

Une tâche de génération de verbes classiquement utilisée en IRMf pour explorer les fonctions langagières, a été proposée aux enfants par le Dr. Curie après avoir obtenu le consentement éclairé et écrit des familles. Comme décrit précédemment, les enfants avaient été habitués à la machine et entraînés sur les tâches proposées auparavant. L'installation a donc été la même que lors de l'habituation (cf schéma en Annexe VI) avec toutefois une précaution supplémentaire, concernant le champ magnétique de la machine. Un questionnaire médical a été rempli par chaque famille afin de s'assurer que l'enfant ne présentait aucune contre-indication à l'IRM puis il a été vérifié qu'il ne portait aucun objet métallique.

7.1. IRM anatomique

L'examen IRM a débuté par l'acquisition d'une séquence anatomique 3D pondérée en T1 haute résolution (TR/TE/TI/NEX : 10.5/2.2 /600/1, 10°, matrice 256 x 192, 124 coupes axiales jointives et épaisseur de 1 mm) durant 8 minutes. Les séquences T1, de par leur précision, ont permis d'observer les caractéristiques anatomiques des lésions des enfants telles qu'elles se présentent à ce jour. Nous avons ainsi pu établir l'étendue et la localisation de chacune. Au cours de cette séquence, on demandait simplement à l'enfant de respecter la plus parfaite immobilité de la tête tandis qu'il regardait un film.

7.2. IRM fonctionnelle

Le signal IRMf dépendant du niveau d'oxygénation du sang (BOLD) a été mesuré en utilisant une séquence en écho de gradient EPI (Echo Planar Imaging) pondérée en T2* (temps pour acquérir un volume : Temps de répétition TR =2600 ms, angle sous lequel sont envoyés les impulsions (flip angle) =90°, temps echo TE=50 ms). Pour chaque patient, 29 coupes axiales parallèles à l'axe CA-CP (Commissure blanche antérieure, Commissure blanche Postérieure) ont été acquises couvrant presque entièrement le volume cérébral (épaisseur de coupe 3.4 mm).

La tâche de génération de verbes a été choisie en raison de sa robustesse et de sa simplicité permettant de la réaliser chez de jeunes enfants. Il s'agit d'une tâche en blocs

(*blocs design*) faisant alterner une période active pendant laquelle l'enfant doit effectuer une consigne et une période de repos. Nous avons utilisé deux modalités sensorielles différentes. Le paradigme a donc comporté deux sessions : l'une pour la modalité auditive et l'autre pour la modalité visuelle. Chacune des sessions comportait 6 blocs constitués d'une période d'activation et de repos de 30 secondes chacune. Durant les périodes d'activation l'enfant voyait une croix sur l'écran, puis entendait/voyait un nom toutes les 5 secondes et on lui demandait alors de penser à un verbe en lien avec ce mot (par exemple : livre, lire). Le protocole initial prévoyait que chaque fois que l'enfant pensait à un verbe, il devait appuyer avec ses deux pouces, simultanément, sur deux boutons réponses afin que l'on sache à quel moment il avait mentalement produit un verbe. Au cours de la tâche de repos, l'enfant avait pour consigne de ne penser à rien. Une croix apparaissait à l'écran, puis il entendait un son (non verbal) ou voyait le mot «REPOS» et devait alors appuyer sur les boutons réponses. Pour deux des enfants, le contrôle moteur n'a pas été possible en raison de leurs séquelles motrices. Lorsque l'IRMf a été terminée, on a demandé à chacun de ces deux enfants de nous dire à quels verbes ils avaient pensé pour chaque mot et s'ils n'avaient pensé à rien lors des périodes de repos, afin de s'assurer qu'ils avaient bien effectué la tâche jusqu'à la fin. Le protocole initial prévoyait une présentation de chaque mot durant 5 secondes, il nous a fallu modifier ce paramètre en raison de la lenteur d'identification des mots pour deux enfants sur trois. Pour ces enfants, la durée de présentation était de 7 secondes.

Les données d'IRMf ont été analysées en utilisant le logiciel Statistical Parametric Mapping 5, fonctionnant sous Matlab7.4. Pour ce faire, les images DICOM ont été transformées en format NIFTI. Ces images ont été tout d'abord prétraitées. Les quatre premiers volumes fonctionnels de chaque session ont été éliminés afin de supprimer les artefacts liés à l'inhomogénéité du champ magnétique. Les images fonctionnelles restantes et l'image anatomique ont été réorientées en plaçant l'origine sur la commissure blanche antérieure. Les prétraitements habituels ont ensuite été effectués : correction du décalage d'acquisition entre les coupes, correction du mouvement, recalage inter-modalité, segmentation, normalisation, lissage spatial. Enfin les analyses statistiques (spécification et estimation de notre modèle) ont permis la visualisation des résultats pour chacune des tâches dans le cadre du modèle linéaire général (GLM : « General Linear Model »), en utilisant la fonction de réponse hémodynamique (HRF : « Hemodynamic Response Function »).

Les données individuelles ont été analysées en utilisant un modèle à effet fixe. Deux types d'évènements étaient définis pour chacune des tâches : génération de verbes / condition passive (lecture ou audition). Une fonction « box-car » (en créneau) correspondant à l'instant et à la durée d'apparition de chacune des conditions (activation/repos) a été convoluée avec la fonction de réponse hémodynamique (HRF) pour estimer le signal BOLD. L'utilisation du filtre passe-haut fourni par SPM (1/128 Hz) a permis d'éliminer les artefacts dus aux variations lentes d'origine physiologique (battements cardiaques et respiration). Une méthode soustractive a ensuite été utilisée afin de déterminer les régions fonctionnelles activées par la tâche de génération de verbes. Enfin les zones d'activation obtenues grâce aux coordonnées MNI ont été localisées, en utilisant PickAtlas et Talairach Daemon database, et manuellement en regardant dans l'atlas de Talairach.

Chapitre IV
PRESENTATION DES RESULTATS

Nous exposerons ici pour chaque enfant les résultats aux tests cliniques proposés (Annexes IX, X et XI), les données fournies par les tests comportementaux (Annexes VII et VIII) ainsi que par l'IRMf (Annexe XII).

I. Étude du cas de Renaud

Renaud est un enfant réservé mais qui répond bien aux sollicitations de l'adulte. Il fait preuve d'une grande curiosité intellectuelle. La maman de Renaud nous ayant averties de sa fatigabilité, nous avons essayé de nous adapter au maximum à son rythme. Nous avons cependant relevé une baisse d'attention de sa part au cours des épreuves les plus longues.

1. Résultats psychométriques

Le tableau suivant indique les scores obtenus par Renaud à la *WISC IV* :

ICV	IRP	IMT	IVT
92	107	91	86

Tableau 3 : Résultats de Renaud à la WISC IV

Ces résultats indiquent que Renaud présente un développement intellectuel normal. En regardant plus en détail les subtests de l'Indice de Vitesse de Traitement (IVT), on remarque que le subtest « code » a été particulièrement difficile puisqu'il obtient la note standard de 5, ce qui peut suggérer une difficulté de passage à l'écrit ou une difficulté de réalisation motrice. Le niveau de raisonnement de Renaud obtenu aux *PM de Raven* est correct. En effet, ses scores le situent entre le centile 25 et le centile 50, et lui donnent un âge mental de 8 ans pour un âge réel de 8 ans 9 mois au moment de la passation de cette épreuve. Le score obtenu ici est concordant avec celui obtenu au subtest « matrice » de la *WISC IV* pour lequel il obtient une note de 8 qui le situe dans la moyenne faible.

2. Évaluation orthophonique

2.1. Langage oral

2.1.1. Compréhension

Renaud montre une bonne compréhension spontanée. Les scores obtenus aux épreuves de compréhension lexicale (*EVIP*) et syntaxique (*ECOSSE*) le placent dans la moyenne supérieure des enfants de son âge.

2.1.2. Expression

En spontané, on note une articulation molle ainsi qu'un nasonnement qui peuvent gêner la compréhension de ses productions et qui pourraient être des séquelles de son atteinte. En effet, on remarque chez lui une récupération motrice globale encore partielle. Sa maman

souligne le fait que l'on demande souvent à Renaud de répéter ce qu'il dit car s'il n'y prête pas attention, il fait moins d'effort d'articulation.

Les praxies bucco-faciales sont correctement réalisées à 80% sur ordre et 85% sur imitation. Les items échoués concernent essentiellement la motricité des yeux (dissociation pour cligner un œil, froncement des sourcils).

L'épreuve de parole de la *N-EEL* est dans l'ensemble bien réussie puisque Renaud obtient des scores dans la moyenne. On relève seulement une simplification consonantique (arbre donne /arb/) qui est corrigée en répétition.

Au niveau lexical, le subtest « vocabulaire 1 » de la *N-EEL* est correctement réussi en dépit de productions sémantiquement et/ou phonologiquement proches (artichaut pour poireau, passeroles pour passoire) qui peuvent indiquer des représentations lexicales floues et des difficultés phonologiques. En revanche, le subtest « vocabulaire 2 » met en avant un stock lexical restreint avec des items que Renaud ne semble pas connaître contrairement à ce qui est attendu pour un enfant de son âge (paupière, index, ovale). De manière générale, l'ébauche sonore n'est pas d'une grande aide pour Renaud, elle lui permet de retrouver deux mots sur dix seulement, ce qui va dans le sens d'un stock lexical restreint ou mal maîtrisé et non d'un manque du mot. Le score obtenu par Renaud à la fluence verbale de la *NEPSY* (note standard 14) indique de bonnes capacités pour accéder aux mots stockés en mémoire ce qui confirme cette hypothèse. Étant donné le nombre d'items produits par Renaud, on ne peut pas parler d'un stock lexical faible de manière générale, mais certaines catégories de mots, en l'occurrence celles qui apparaissent dans le subtest « vocabulaire 2 » de la *N-EEL*, semblent moins bien maîtrisées que d'autres.

En revanche, l'expression syntaxique est bien plus touchée chez Renaud qui obtient un âge de développement de six ans neuf mois pour un âge réel de huit ans cinq mois au *TCG-R*. Si les déterminants et les formes verbales sont maîtrisés, l'utilisation des prépositions, des pronoms et de la voix passive reste difficile pour Renaud. Cependant, on ne relève pas de marqueurs de déviations dans ses productions, ce qui traduit un retard d'acquisition de certaines structures syntaxiques plutôt qu'une atteinte pathologique.

2.2. Langage écrit

Renaud obtient un âge de lecture de 7 ans et 4 mois (niveau de CE1 en novembre) au test de l'Alouette, il semble bien traiter les mots dans leur globalité mais de façon non systématiquement fiable. Ce score de lecture place tout de même Renaud dans la moyenne des enfants de son âge et indique de bonnes capacités de déchiffrage.

2.3. Fonctions associées

2.3.1. Attention

Renaud obtient une note standard de 10 aux deux épreuves d'attention de la *NEPSY* (visuelle et auditive), ce qui le situe dans la moyenne des enfants de son âge. Cependant, on relève au cours du bilan, une légère impulsivité, qui peut interférer sur ces capacités

attentionnelles. Lorsque l'on analyse plus finement les résultats de Renaud, on se rend compte que la partie A de l'épreuve d'attention auditive (note standard de 8) est moins bien réussie que la partie B (note standard de 11) qui demande pourtant de mobiliser de plus grandes ressources cognitives. On peut donc penser que Renaud est plus gêné dans des tâches relativement simples et répétitives en raison d'un manque de vigilance.

2.3.2. Mémoire

Renaud peut répéter des séries allant jusqu'à cinq chiffres, ce qui est tout à fait correct pour son âge et qui traduit un fonctionnement correct de sa boucle phonologique. Pour la répétition à l'envers, il s'arrête à trois chiffres. Cette différence qualitative évoque un déficit de la mémoire de travail.

La mémoire visuelle de Renaud semble efficiente, il obtient un score correspondant à $-1,2$ ET en rappel direct et à $-0,7$ ET en rappel différé (*BEM 144*), ce qui est faible mais pas déficitaire. On note en outre que la figure était présentée pendant une minute à l'enfant et que Renaud n'a semblé l'observer que quarante secondes. Ces scores un peu faibles pourraient donc être le reflet d'un manque de concentration plutôt que d'une mémoire visuelle déficitaire.

3. Capacités visuo-spatiales

L'ensemble des épreuves visuo-spatiale de la *NEPSY* est réussi sans problème par Renaud. Il obtient les notes standards de 11 au subtest « cubes », de 13 au subtest « flèches », de 11 en copie de figure et se situe au dessus du niveau attendu pour son âge en ce qui concerne le subtest « orientation ». Renaud semble donc avoir des capacités visuo-spatiales tout à fait correctes pour son âge.

4. Tests comportementaux

Les résultats à l'épreuve *Dichotica* sont indiqués en Annexe VII et ci-dessous :

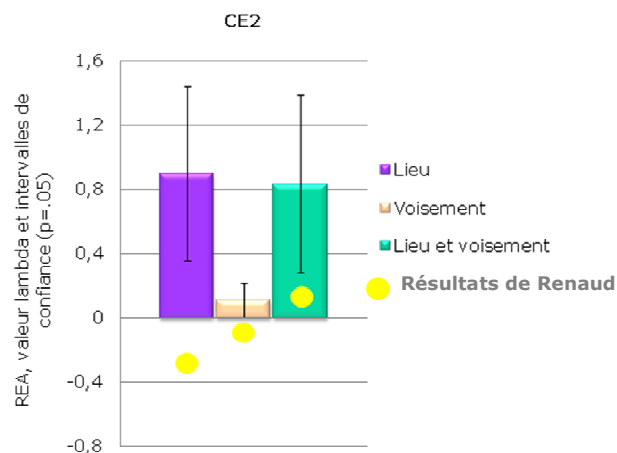


Figure 2 : *Dichotica* : Résultats de Renaud par rapport aux enfants de son âge

Renaud présente donc un REA global hors norme par rapport aux enfants témoins de son âge. Cela traduit une participation plus importante de l'hémisphère droit dans le traitement des stimuli langagiers auditifs voire même une inversion hémisphérique en ce qui concerne la prise en charge du lieu d'articulation. En effet, pour ce critère, on relève plutôt un avantage de l'oreille gauche, c'est-à-dire une préférence de traitement par l'hémisphère droit.

En raison de difficultés massives dans l'épreuve de lecture à haute voix de *Diviword*, il ne nous a pas paru pertinent de proposer à Renaud la tâche de décision lexicale qui est d'un niveau de complexité encore supérieur. Les résultats de Renaud (Annexe VIII) sont donc calculés en pourcentage de lettres non-identifiées et non en fonction des erreurs de lecture comme cela se fait habituellement.

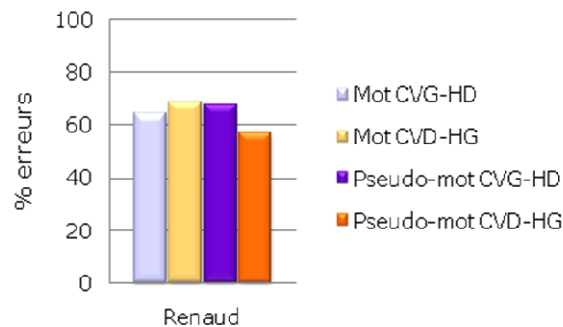


Figure 3 : *Diviword* : Pourcentage d'erreurs en lecture à haute voix, résultats de Renaud

Comme l'illustre le graphique, la différence de pourcentage d'erreurs entre la présentation à gauche et à droite n'est pas significative, ce qui indique qu'il n'y a pas d'avantage de l'hémisphère gauche pour traiter le matériel verbal. On note même, en ce qui concerne les pseudo-mots, que le traitement des items est meilleur en champ visuel gauche, ce qui traduit une prise en charge préférentielle de l'identification des lettres par l'hémisphère droit. Cette épreuve ne fait pas apparaître d'effet de lexicalité, les mots ne sont pas mieux traités que les pseudo-mots. Étant donnée la fréquence des items présentés, cela pourrait traduire une absence de construction d'un stock lexical orthographique chez Renaud et pourrait expliquer ses difficultés de lecture.

Les tests comportementaux semblent donc indiquer chez Renaud une diminution de la dominance hémisphérique gauche pour le traitement du matériel verbal (auditif et visuel). Cette observation peut être discutée à deux niveaux étant donnée l'incertitude concernant la latéralité manuelle initiale de Renaud.

5. IRM

5.1. IRM anatomique

L'IRM T1 (Annexe IV) montre un élargissement de la vallée sylvienne, témoin d'une atrophie fronto-temporale modérée.

5.2. IRM fonctionnelle

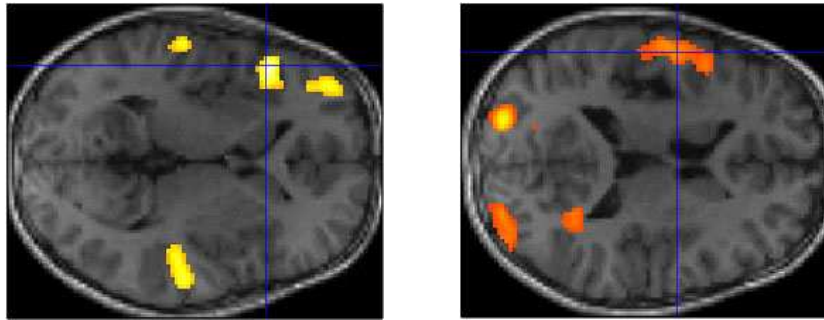


Figure 4 : images obtenues en IRMf pour Renaud, en modalité auditive et en modalité visuelle

Les résultats obtenus en IRMf (Annexe XII) mettent en évidence une activation dominante dans l'hémisphère gauche. On note une activation atypique pour la tâche de génération de verbe en modalité visuelle. En effet, en plus de l'activation du gyrus frontal inférieur gauche qui est normale, une activation pariétale gauche apparaît et traduit un déplacement intra-hémisphérique des aires du langage. On observe également une activation du gyrus cingulaire. En modalité auditive, l'aire de Broca et l'aire de Wernicke participent à l'élaboration de la tâche. Cependant, on relève également une activation droite atypique qui implique les aires frontales moyennes et supérieures. On note enfin une activité surprenante au niveau du gyrus temporal supérieur droit.

II. Étude du cas d'Enzo

Enzo est un enfant agréable et souriant mais un peu inhibé, qui n'a jamais initié l'échange au cours de nos différentes rencontres. Il s'est cependant montré réceptif à nos sollicitations et s'est montré appliqué tout au long des épreuves.

1. Résultats psychométriques

Le tableau suivant illustre les résultats obtenus par Enzo à la *WISC IV* :

ICV	IRP	IMT	IVT
84	65	67	62

Tableau 4 : Résultats d'Enzo à la WISC IV

Les scores apparaissent globalement faibles, mais étant donné l'écart important qui existe entre ICV et IVT notamment, on ne peut pas parler de déficience intellectuelle. Contrairement à ce que l'on pouvait attendre, l'ICV est moins échoué que les autres indices. Par ailleurs, tous les subtests de l'IVT sont chronométrés. Or, Enzo obtient un score relativement faible pour cet indice. On peut donc penser que sa grande lenteur le pénalise ici, ce qui se retrouve dans le subtest « cube » qui est lui aussi chronométré. Les subtests pour lesquels Enzo n'était pas soumis à une pression temporelle sont bien mieux réussis. Les scores obtenus aux *PM de Raven* sont inférieurs au centile 5 et indiquent un âge mental de 5 – 6 ans pour un âge réel de 8 ans 6 mois. Ces données sont très faibles et

peuvent être mises en relation avec le subtest « matrice » de la *WISC IV* pour lequel Enzo obtient la note standard de 3. Il est important de noter que dans ces épreuves de matrice, Enzo choisissait le morceau manquant qui correspondait à ce qu'il voyait sur la figure plus haut, ce qui traduit un certain manque d'inhibition.

2. Évaluation orthophonique

2.1. Langage oral

2.1.1. Compréhension

En spontané, Enzo répond de façon adaptée à nos questions et nos demandes. En revanche les consignes les plus complexes ont été difficiles à intégrer pour lui. Il a fallu quelques fois lui réexpliquer le déroulement de la tâche en détail.

Les épreuves de compréhension lexicale (*EVIP*) et syntaxique (*ECOSSE*) le situent dans la moyenne des enfants de son âge.

2.1.2. Expression

Enzo réalise correctement 90% des praxies bucco-faciales que nous lui proposons, on note une difficulté à dissocier ses yeux pour les cligner. Il ne parvient pas à réaliser deux praxies sur ordre (faire un baiser, faire vibrer les lèvres), mais nous relient cette difficulté à son inhibition générale, il les réalise parfaitement sur imitation.

Nous relevons une désonorisation importante des consonnes occlusives et fricatives ainsi qu'une articulation imprécise du /*f*/. Ces difficultés d'articulation apparaissent également dans le test de la *N-EEL* pourtant étalonné pour des enfants de six ans et auquel il obtient un score de - 3,77 ET. Le test de parole est également échoué par Enzo, alors qu'il est normalement réussi par des enfants de son âge. Ces déformations phonologiques ne sont pas constantes et évoquent une programmation motrice parfois encore imprécise.

Au cours de l'épreuve de dénomination de la *N-EEL* nous notons un manque du mot et des conduites d'approches sémantiques qui gênent Enzo pour la réalisation de cette épreuve. Par exemple pour le mot « cage » il nous dit « J'en ai chez moi, y a des oiseaux » mais il ne parvient pas à retrouver le mot. Il produit également une paraphrasie phonologique : « loupe » pour « louche ». L'ébauche orale lui permet de retrouver la forme sonore du mot dans 50% des cas. Ces difficultés se retrouvent dans l'épreuve de fluence verbale de la *NEPSY* où il obtient une note standard de 6 sur 20. Il semble donc qu'Enzo ait un stock lexical restreint pour son âge, et qu'à cela s'ajoute un trouble de l'accès à ce stock.

L'expression syntaxique d'Enzo est également très faible pour son âge, il obtient un âge de développement de cinq ans et trois mois au test du *TCG-R*. Les déterminants et les pronoms commencent à être maîtrisés, en revanche les formes verbales, les prépositions ainsi que la voix passive lui posent encore problème.

Il apparaît donc qu'Enzo garde des séquelles importantes de sa lésion qui s'expriment essentiellement sur le versant expressif au travers de marqueurs de déviance sur le plan lexical notamment. Du fait de son inhibition générale, ces difficultés peuvent passer inaperçues en contexte, d'autant qu'Enzo produit de nombreuses périphrases qui compensent son trouble. En revanche, les difficultés d'expression syntaxique d'Enzo sont, elles, évidentes. Si le type d'erreurs produites s'apparente à des productions d'enfants plus jeunes, la fréquence de ces erreurs et le décalage qui en résulte (supérieur à trois ans) évoquent une cause pathologique à ces difficultés.

2.2. Langage écrit

Enzo obtient un âge de lecture de 6 ans 8 mois c'est-à-dire un niveau de CP mars, au test de l'Alouette proposé par son orthophoniste en juillet 2008. Il accuse donc un retard de 19 mois par rapport au niveau attendu compte tenu de son âge. Ces résultats peuvent être la conséquence des difficultés d'Enzo à l'oral mais peuvent également en être la cause. En effet, la manipulation de l'écrit permet aux enfants d'augmenter leur vocabulaire et de les familiariser avec certaines formes syntaxiques. Il semble que ce transfert ne peut actuellement se faire pour Enzo.

2.3. Fonctions associées

2.3.1. Attention

Enzo obtient une note standard de 5, déficitaire, à la partie A de l'épreuve d'attention auditive de la *NEPSY*. La compréhension de la consigne de cette épreuve a posé problème à Enzo pour qui la passation s'est soldée par un échec puisque nous n'avons pas pu lui proposer la partie B. Ce score indique de faibles capacités d'attention et un manque de vigilance dans des tâches relativement simples et répétitives. Ces données traduisent une difficulté à traiter des stimuli présentés rapidement, ce que révèlent également son IVT (*WISC IV*) qui est relativement chuté.

Dans les épreuves d'attention visuelle, Enzo a réalisé les deux barrages dans des temps respectables mais on note, dans le deuxième barrage notamment (visages), un grand nombre d'oublis et d'erreurs qui traduisent un manque de précision dans ses performances. Ces faibles performances confirment l'hypothèse d'un déficit attentionnel global.

2.3.2. Mémoire

Au test de reproduction d'une figure mémorisée (*BEM 144*), Enzo ne peut restituer que très peu d'éléments, que ce soit en rappel immédiat ou en différé. Il obtient un score correspondant à - 4,5 ET en immédiat, et - 3,2 ET en différé. Enzo répète correctement des séries de quatre chiffres, ce qui correspond à la moyenne pour un enfant de son âge. En revanche, la répétition de chiffres à l'envers semble très difficile, il obtient un score correspondant à - 1,65 ET à cette épreuve. La différence qualitative de répétition à

l'endroit versus à l'envers évoque un déficit de la mémoire de travail que l'on peut mettre en lien avec l'IMT obtenu par Enzo à la *WISC IV*.

Il semble donc qu'Enzo ait des difficultés mnésiques assez importantes pouvant interférer dans ses apprentissages et qui sont probablement en lien avec son déficit attentionnel.

3. Capacités visuo-spatiales

Enzo obtient des scores très faibles (notes standards allant de 3 à 7 sur 20) à l'ensemble des épreuves visuo-spatiales proposées par la *NEPSY*. Ces résultats ne semblent pas être la conséquence de difficultés motrices étant donné que la tenue de crayon est normale et qu'on ne remarque aucun tremblement. Enzo s'est de plus montré très appliqué et n'a globalement pas fait preuve de précipitation sauf dans le subtest « flèches ». On peut donc écarter l'hypothèse d'un manque de planification et de contrôle. Enfin, sa convergence oculaire a été vérifiée par le Dr. Curie lors de son examen neuropédiatrique et apparaissait comme normale. En revanche, ces scores suggèrent davantage une déficience de l'intégration des informations visuo-spatiales et des mouvements coordonnés, ainsi que de la compréhension de la position des objets dans l'espace. Ceci peut expliquer son score, très faible au subtest « cube » de la *WISC IV*.

4. Tests comportementaux

Les résultats d'Enzo à l'épreuve *Dichotica* apparaissent dans le graphique suivant ainsi qu'en Annexe VII.

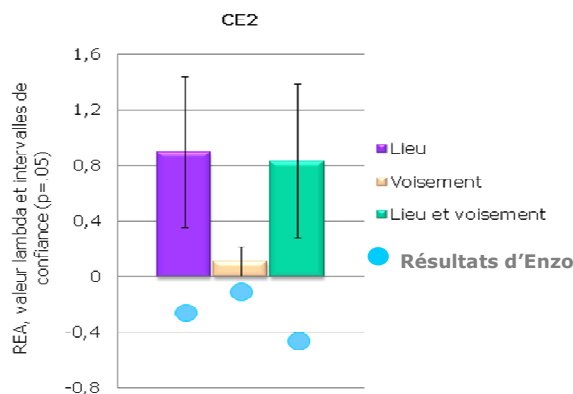


Figure 5 : *Dichotica* : Résultats d'Enzo par rapport aux enfants de son âge

Lorsque la différence entre les deux stimuli porte sur le lieu d'articulation, Enzo obtient un REA de -0,34. Ce résultat est le signe d'un avantage de l'oreille gauche et donc d'un meilleur traitement de ce paramètre par l'hémisphère droit, ce qui est très atypique. On retrouve la même chose lorsque la différence porte sur le voisement bien que la préférence de traitement soit moins importante (REA = -0,16). Ce résultat était attendu puisque comme nous l'avons évoqué précédemment, ce trait de la parole semble être pris en charge par les deux hémisphères cérébraux. Lorsque la différence entre les stimuli porte à la fois sur le lieu d'articulation et le voisement, on retrouve un REA négatif (REA = -0,41) qui indique de nouveau une préférence de traitement par l'hémisphère droit.

L'ensemble des résultats obtenus à cette épreuve signale donc une inversion de la préférence hémisphérique pour traiter l'information auditivo-verbale.

Les données obtenues à l'épreuve *Diviword* en condition de décision lexicale n'ont pas été exploitables en raison d'un échange entre rapidité et exactitude : plus les réponses sont rapides, plus le nombre d'erreurs est important. L'épreuve de lecture à voix haute indique de meilleurs résultats lorsque l'information visuelle est présentée dans le champ visuel gauche, et donc une préférence de traitement par l'hémisphère droit.

En détaillant plus précisément ces résultats, il apparaît que l'écart entre les pourcentages d'erreurs sur les pseudo-mots présentés en hémichamp droit ou gauche est relativement faible. En revanche, en ce qui concerne la lecture de mots, la différence est significative et va dans le sens d'une meilleure prise en charge du matériel verbal visuel présenté en hémichamp gauche. Cela traduit donc une préférence de traitement par l'hémisphère droit. On relève enfin un effet de lexicalité qui indique la présence d'un lexique orthographique, même faible, chez Enzo. Ces résultats sont illustrés par le graphique suivant et en Annexe VIII.

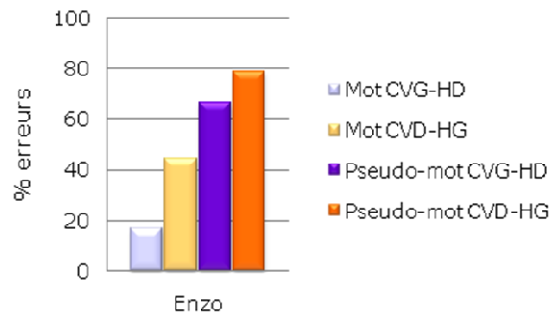


Figure 6 : *Diviword* : Pourcentage d'erreurs en lecture à haute voix, résultats d'Enzo

L'analyse de ces données comportementales met en évidence une supériorité globale de l'hémisphère droit pour des tâches verbales chez Enzo, ce qui indique un changement de latéralisation des aires du langage consécutif à la lésion.

5. IRM

5.1. IRM anatomique

En pondération T1 et T2, on note une lésion séquellaire localisée au niveau du bras postérieur de la capsule interne gauche (petite cavité porencéphalique). On note également un discret élargissement du ventricule latéral gauche signant l'existence d'une petite atrophie corticale. (cf. Annexe IV)

5.2. IRM fonctionnelle

Les images obtenues au cours de la tâche de génération de verbes (cf. Annexe XII) mettent en évidence une latéralisation de l'activation cérébrale qui prédomine dans

l'hémisphère droit, et plus précisément dans les aires homologues à celles de l'hémisphère gauche classiquement activées en modalité auditive. On remarque cependant grâce au tableau présenté en Annexe XII, que l'activation à droite est plus large que l'activation à gauche correspondante dans la population normale, puisqu'elle implique les régions frontales moyennes et supérieures. On relève également une activation cingulaire. En revanche, en modalité visuelle, l'activation est bilatérale et prédomine dans l'hémisphère gauche. On considère habituellement que la tâche auditive est plus robuste et donc plus fiable. Nous retiendrons donc, en ce qui concerne Enzo, un transfert inter-hémisphérique, c'est-à-dire dans l'hémisphère droit, des fonctions langagières en production de verbes.

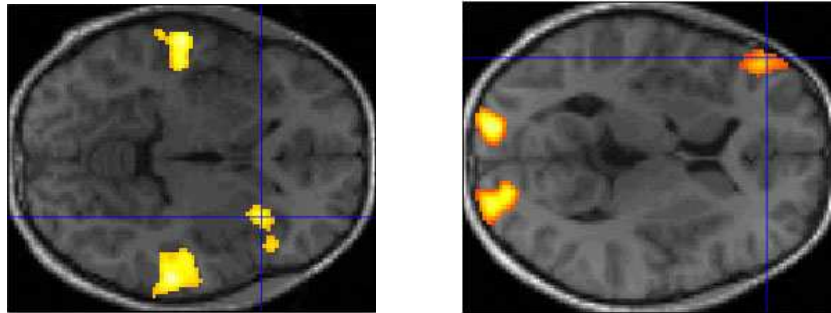


Figure 7 : images obtenues en IRMf pour Enzo, en modalité auditive et en modalité visuelle

III. Étude du cas de Valentin

Valentin s'est montré très coopérant tout au long des épreuves que nous lui avons proposées. On relève quelques difficultés d'attention au cours du bilan. A plusieurs reprises des bruits environnants l'ont distrait de sa tâche, et sur la fin des épreuves les plus longues on notait parfois une concentration plus labile. Valentin nous dit lui-même qu'il est assez « étourdi » et qu'il « oublie » d'écouter certaines fois.

1. Résultats psychométriques

Valentin obtient les scores suivant à la *WISC IV* :

ICV	IRP	IMT	IVT
96	90	85	100

Tableau 5 : Résultats de Valentin à la *Wisc IV*

Ces résultats indiquent un développement intellectuel normal. Le détail des scores obtenus met en évidence des difficultés importantes dans le subtest « cube » (NS = 5) ainsi que dans le subtest « séquences lettres-chiffres » (NS = 6) qui traduit des difficultés en mémoire de travail auditivo-verbale. Les PM de Raven donnent un âge mental de 9 ans et demi pour un âge réel de 10 ans 3 mois et les scores obtenus se situent entre le centile 25 et le centile 50 ce qui est correct.

2. Évaluation orthophonique

2.1. Langage oral

2.1.1. Compréhension

Valentin présente un niveau de compréhension tout à fait correct pour son âge en accord avec l'ICV obtenu à la *WISC IV*. En spontané, il répond à nos questions de façon appropriée. Sa compréhension lexicale est très bonne, les scores obtenus à l'*EVIP* et à l'*ECOSSE* le situent dans la moyenne des enfants de son âge.

2.1.2. Expression

Valentin semble en revanche plus gêné sur le plan de l'expression. En spontané, on relève une articulation molle associée à une voix légèrement nasonnée qui rendent quelques fois ses productions difficilement compréhensibles. Les praxies bucco-faciales sont dans l'ensemble bien réalisées mais on note tout de même une mobilité linguale réduite avec une impossibilité à faire monter sa langue.

Nous ne notons pas de difficulté majeure de la parole. Nous relevons une déformation sur vingt-cinq mots : /eliptEr/ pour « hélicoptère » en dénomination, ce mot sera bien répété par la suite.

Au niveau lexical, le test de dénomination de la *N-EEL* met en avant un manque du mot important avec des scores entrant dans la moyenne des résultats attendus pour des enfants de huit ans. On relève des paraphasies phonologiques souvent associées à des persévérations (/luʃ/ pour « mouche » alors que le mot « louche » a été évoqué peu de temps avant) ainsi que des conduites d'approches phonologiques. L'ébauche sonore du mot l'aide à retrouver le mot dans 50% des cas, ce qui vient appuyer l'hypothèse du manque du mot évoquée. A l'épreuve de fluence verbale de la *NEPSY*, Valentin obtient la note standard de 8 qui confirme le déficit d'accès aux mots stockés en mémoire. Il produit des mots très proches sémantiquement et a du mal à sortir d'une même catégorie.

L'expression syntaxique est également touchée chez Valentin. Il obtient un âge de développement de huit ans et trois mois au test du *TCG-R*. Une analyse qualitative met en avant les structures syntaxiques acquises : les déterminants, les formes verbales et les prépositions, ainsi que celles qui posent encore problème : les pronoms et la voix passive.

Valentin semble donc avoir bien récupéré de sa lésion en ce qui concerne le domaine de la phonologie mais présente des difficultés importantes en lexique et syntaxe. Sur le plan lexical, on relève des marqueurs caractéristiques de la pathologie mais comme dans le cas d'Enzo, ces troubles sont bien compensés en spontané grâce à l'emploi de périphrases notamment. Son expression syntaxique est déficitaire mais on ne relève cependant pas de marqueurs déviants caractéristiques d'un trouble du traitement de la phrase. Ses difficultés s'apparentent à des productions d'enfants plus jeunes et signeraient par conséquent plutôt un retard.

2.2. Langage écrit

Valentin obtient un âge de lecture de sept ans et un mois (niveau de CP en août) au test de l'Alouette. On relève une lenteur de lecture et de nombreuses déformations qui le situent à - 1,5 ET par rapport aux résultats des enfants de sa classe. Ces difficultés en lecture appuyées par la note obtenue au subtest « code » de la *WISC IV* (NS = 8) qui traduit une certaine difficulté lors du passage à l'écrit.

2.3. Fonctions associées

2.3.1. Attention

Comme nous l'avons évoqué précédemment, Valentin peut présenter des difficultés d'attention au cours d'une tâche donnée et semble en être conscient.

Ces difficultés se retrouvent au cours des épreuves d'attention visuelle et d'attention auditive de la *NEPSY* pour lesquelles il obtient respectivement les notes standards de 6 et 7. Il semble donc que Valentin ait des difficultés d'attention quelle que soit la modalité proposée. A cours de l'épreuve de barrage des visages, Valentin a fait preuve d'une lenteur de traitement importante et de nombreux oublis. Le déficit d'attention apparaît donc lorsque la charge cognitive augmente. Il s'est de plus référé aux items d'exemples à de nombreuses reprises, ce qui suggère une incapacité à garder toutes les caractéristiques des visages en mémoire de travail tout en recherchant la cible.

2.3.2. Mémoire

En ce qui concerne la mémoire auditivo-verbale, Valentin présente un empan endroit de chiffres de 5 et un empan envers de 4. Ces scores correspondent à la moyenne des enfants de son âge et sont par conséquent tout à fait corrects. De plus on n'observe pas de différence significative entre les deux empan, qui signerait un déficit de la mémoire de travail. Cependant, le subtest « Séquence lettres-chiffres » de la *WISC IV* qui est d'une difficulté supérieure, fait apparaître un IMT un peu faible.

Concernant la mémoire visuelle (*BEM 144*), Valentin produit un rappel direct de la figure légèrement inférieur à ce qui est attendu pour son âge (- 1,9 ET), en revanche il est capable de reproduire exactement le même nombre d'éléments de la figure en différé. On peut donc émettre l'hypothèse que la perception de la figure dans sa globalité a pu être gênée par une attention fluctuante mais qu'en revanche lorsque les éléments sont bien perçus, l'encodage est efficace.

Valentin ne semble donc pas avoir de difficultés mnésiques majeures lorsque ses capacités d'attention lui permettent d'encoder correctement les données qu'il perçoit.

3. Capacités visuo-spatiales

Les subtests « orientation », « flèches » de la *NEPSY* n'ont pas posé de problèmes particuliers à Valentin qui obtient des scores correspondant au niveau attendu pour son âge. Le subtest « cube » de cette batterie a également été bien réussi, contrairement au subtest similaire de la *WISC IV* pour lequel Valentin obtient la note standard de 5, et qui pourrait s'expliquer par un défaut d'attention. En dépit de cette divergence, ses capacités d'analyse visuo-spatiale semblent correctes. En revanche, la copie de figure a été plus difficile puisqu'il obtient la note standard de 7 sur 20. Les résultats obtenus aux autres subtests, permettent d'écarter l'hypothèse d'un déficit d'intégration visuo-spatiale. On peut en revanche penser à un déficit de l'intégration visuo-motrice ou encore, mettre ces éléments en lien avec l'impulsivité dont peut faire preuve Valentin. Sa maman évoque également un manque d'application et de précision.

4. Tests comportementaux

L'épreuve *Dichotica* (Annexe VII) met en évidence chez Valentin un traitement du langage en modalité orale conforme à ce que l'on retrouve chez les enfants contrôles de son âge, c'est-à-dire effectué préférentiellement par l'hémisphère gauche. Cependant, on remarque que les REA obtenus lorsque la différence entre les deux stimuli porte sur le lieu d'articulation (REA = 0,77), le voisement (REA = -0,12) et les deux simultanément (REA = 0,61) sont hors normes. Les stimuli langagiers auditifs sont donc bien préférentiellement traités par l'hémisphère gauche, mais de façon moins importante que chez les enfants sains. Le graphique suivant illustre ces résultats.

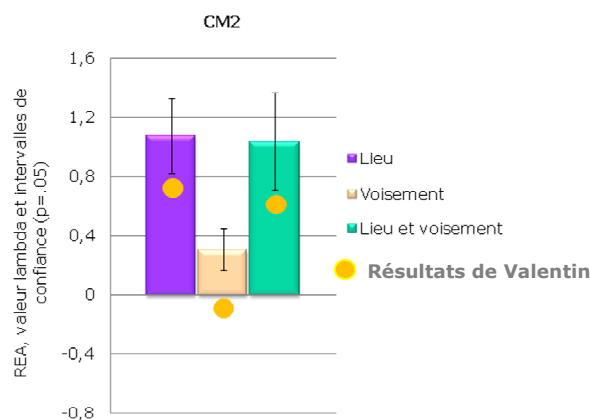


Figure 8 : *Dichotica* : Résultats de Valentin par rapport aux enfants de son âge

Etant données les difficultés de passation ou d'analyse des résultats obtenus par Enzo et Renaud en décision lexicale à l'épreuve *Diviword*, nous avons fait le choix de traiter les résultats de Valentin en lecture à voix haute uniquement, comme pour les deux autres enfants de notre étude (Annexe VIII). Ses résultats apparaissent dans le graphique suivant. On observe un effet de lexicalité important, ainsi qu'un traitement des mots plus efficace en champ visuel droit, donc préférentiellement effectué par l'hémisphère gauche. Ces résultats sont ceux observés dans la population normale. En revanche, en ce qui concerne les pseudo-mots, on observe un meilleur traitement par l'hémisphère droit, ce qui est atypique puisqu'ils sont normalement traités par l'hémisphère gauche.

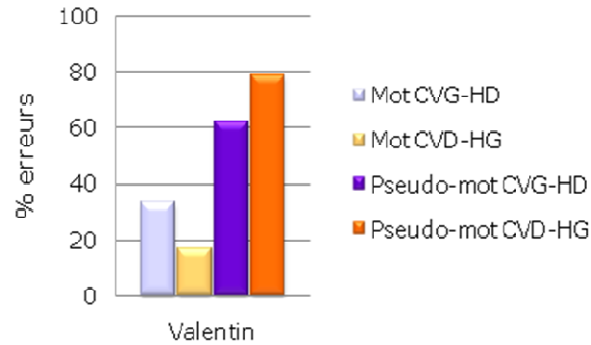


Figure 9 : Diviword : Pourcentage d'erreurs en lecture à haute voix, résultats de Valentin

5. IRM

5.1. IRM anatomique

On observe une anomalie du signal IRM localisée au niveau du noyau caudé gauche, du noyau lenticulaire gauche et de la corona radiata et du bras antérieur de la capsule interne à type d'hyposignal T1 et d'hypersignal T2. Il s'agit de la séquelle de l'AVC présenté par ce patient.

5.2. IRM fonctionnelle

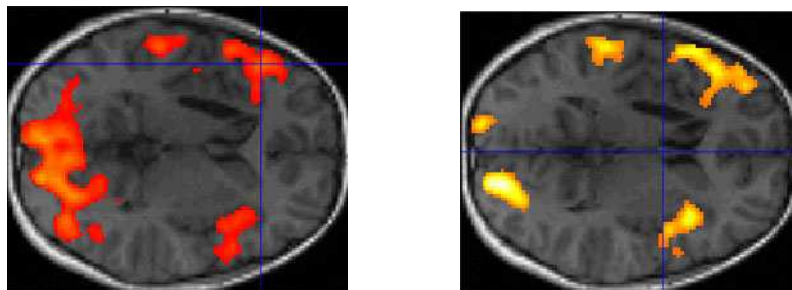


Figure 10 : images obtenues en IRMf pour Valentin, en modalité auditive et en modalité visuelle

Sur les images obtenues (cf. Annexe XII), on observe une activation cérébrale bilatérale, donc atypique, mais qui prédomine dans l'hémisphère gauche pour la tâche de génération de verbes, tant en modalité auditive et visuelle.

De plus, en modalité auditive on relève une activation occipitale très surprenante. Ces données pourraient indiquer que Valentin traite les stimuli auditifs comme du visuel. Cela signe en tout cas, une réorganisation cérébrale très profonde. Les images font également apparaître une activation cingulaire plus importante que la normale ainsi qu'une activation cérébelleuse très atypique.

Chapitre V
DISCUSSION DES RESULTATS

I. Discussion des résultats

Nous souhaitons étudier l'importance de l'âge des enfants au moment de leur lésion dans les mécanismes de récupération cérébrale fonctionnelle et leur expression clinique sur le plan langagier.

Nous avons cherché à savoir si l'hypothèse selon laquelle plus une lésion survient tôt dans l'enfance et meilleure est la récupération, se vérifiait. Pour cela nous avons étudié trois cas d'enfants lésés à des âges différents mais tôt dans l'enfance (avant 4 ans), qui correspondent à des stades différents d'acquisition du langage. Nous souhaitons également savoir si l'organisation des aires du langage de ces enfants avait été modifiée, ce qui entraînerait des observations atypiques aux tests comportementaux ainsi qu'à l'IRMf. Nous faisons l'hypothèse que plus une lésion survenait tôt dans l'enfance, et plus l'hémisphère droit serait recruté pour les processus langagiers. Enfin nous avons cherché à savoir si un tel transfert inter-hémisphérique aurait des conséquences sur les fonctions propres de cet hémisphère, à savoir les fonctions visuo-spatiales.

1. Tableau clinique

1.1. Observations langagières

Si l'on effectue une analyse globale et superficielle des capacités langagières des enfants, en prenant pour seul critère leur Indice de Compréhension Verbale (ICV) à la WISC IV, compris en 84 et 96, leur niveau de langage semble normal. Ce constat a souvent été fait dans la littérature et notamment par Staudt (2007) qui conclut qu'une lésion des aires corticales du langage n'affecte pas la qualité des fonctions langagières. Cependant, une analyse plus approfondie et détaillée des performances des enfants, révèle la présence de déficits langagiers résiduels subtils comme cela a déjà été évoqué dans la littérature (Chilosi et al., 2008 ; Anderson et al., 2005).

1.1.1. Des difficultés d'expression

Il apparaît dans cette étude que chaque enfant a des difficultés d'expression importantes qui peuvent s'exprimer à différents niveaux. Ces résultats étaient attendus étant donné que Van Hout (1999), mettait déjà en avant la fréquence et l'importance des troubles de la production chez ces enfants.

Sur le plan lexical, alors que certaines études évoquent un retour à la norme sept à huit ans après la survenue de la lésion (Rosa & Lassonde, 2005 ; Vicari et al., 2000), nous observons que deux des enfants au moins, sont encore en difficulté. Leurs productions montrent qu'il s'agit clairement de séquelles de la lésion, qui persistent même à sept ans de distance. Ces données complètent l'étude de Bates (1999) qui observait la persistance de ces troubles jusqu'à l'âge de cinq ans.

En ce qui concerne la syntaxe, du fait de l'absence de marqueurs déviants, il est plus difficile de statuer sur le caractère pathologique ou développemental de ces difficultés. Cette imprécision diagnostique a souvent été évoquée dans la littérature (Van Hout, 1999).

La faiblesse syntaxique de ces enfants peut être mise en lien avec un déficit de la mémoire de travail ou de l'attention. Cela pourrait être le cas pour Enzo qui présente des difficultés attentionnelles et une mémoire peu performantes ainsi que pour Valentin chez qui on relève un trouble attentionnel important. En revanche chez Renaud, on ne relève aucun déficit de ce type. Les difficultés expressives de traitement de la phrase de ces enfants ne semblent donc pas systématiquement dues à des troubles des fonctions associées. Chez Enzo enfin, elles pourraient être reliées à son hypospontanéité verbale comme le suggère Van Hout (1999).

1.1.2. Une compréhension préservée

Le niveau de compréhension des enfants semble de manière générale mieux préservé que l'expression, observation qui est faite dans de nombreuses études (Hertz- Pannier, 2002). L'une des hypothèses, concernant cette différence de performance entre production et réception, est que les zones corticales responsables de la compréhension seraient matures plus tardivement que celles en charge de l'expression. De fait, les fonctions ne s'altéreraient que lorsque leurs supports neuro-anatomiques sont suffisamment développés et par conséquent localisés (Bay, 1975, cité par Van Hout, 1999). On relève cependant chez Enzo des difficultés de compréhension des consignes complexes. De nombreux facteurs sont à prendre en compte dans son cas, notamment son ICV à la *WISC IV* qui le situe dans la norme faible, ainsi que ses difficultés notables en mémoire de travail et au niveau attentionnel. Cependant cette faiblesse peut aussi être liée plus directement à la lésion cérébrale. Ceci irait à l'encontre la conception classique de l'aphasie de l'enfant, selon laquelle les troubles de la compréhension sont transitoires quand ils existent. Il faudrait dans tous les cas y être attentif afin que cela interfère le moins possible dans les apprentissages de ces enfants.

1.1.3. Des difficultés de langage écrit

Moins évoqué dans la littérature, nous relevons chez nos trois patients des difficultés de traitement du langage écrit. Elles se traduisent par un retard significatif pour Enzo et Valentin (décalage supérieur à dix-huit mois entre l'âge de lecture et l'âge réel), et par un retard moins important mais existant tout de même chez Renaud.

Les déficits visuo-spatiaux décrits auparavant chez Enzo pourraient être responsables de ses difficultés de langage écrit. En effet, Korkman et al. (1997) expliquent que des difficultés dans les tâches visuospatiales qui n'impliquent pas les aspects moteurs, peuvent conduire à des confusions de lettres, de nombres, de symboles mathématiques ainsi qu'à des difficultés au niveau des processus mathématiques et géométriques plus complexes. Les activités faisant appel aux aspects moteurs telles que recopier des données écrites au tableau, placer correctement les chiffres pour effectuer une opération, peuvent elles aussi être difficiles.

Renaud obtient un âge de lecture de 7 ans 4 mois à l'*Alouette* (pour un âge réel de 8 ans 5 mois) en dépit d'une identification de mots précise. Ce score pourrait donc s'expliquer par une réduction de sa vitesse de traitement. Cette hypothèse est appuyée par le fait qu'au cours de la tâche de lecture tachistoscopique, à plusieurs reprises, il n'a vu que le masquage qui apparaît avant le mot ou le pseudo-mot dont le temps de présentation est très court. Le fait que son Indice de Vitesse de Traitement à la *WISC IV*, soit plus faible que les autres indices va également dans ce sens.

Notre évaluation ne permet pas d'objectiver un réel trouble de la lecture chez ces enfants. De plus, d'après les classifications actuelles, la présence d'une lésion neurologique empêche le diagnostic de dyslexie, bien qu'une comorbidité soit toujours envisageable. Cependant, nos patients exprimaient tous les trois une plainte importante en ce qui concerne la lecture. Il apparaît donc que les déficits cognitifs décrits précédemment, autres que le processus de lecture en lui-même, sont à prendre en compte dans l'interprétation des difficultés de langage écrit de ces enfants. Quels qu'en soient les mécanismes sous-jacents, il semble primordial d'être attentif au développement du langage écrit chez les enfants ayant subi précocement une lésion cérébrale des aires du langage, et ce, dès le début de leur apprentissage.

La symptomatologie que nous avons décrite jusqu'ici se rapproche de la conception classique de l'aphasie de l'enfant que Montanier & Trouillot reprennent dans leur mémoire en 1996, caractérisée par une réduction de l'activité expressive langagière, des troubles articulatoires, une réduction du stock lexical, une syntaxe simplifiée plutôt qu'erronée, la faible fréquence de certains troubles (logorhée, paraphasie), l'absence de stéréotypies et de persévérations, la présence de troubles du langage écrit et enfin une compréhension rarement perturbée.

1.2. Troubles associés

Il apparaît dans cette étude que, malgré le caractère très focal des AVC de nos patients, les retentissements ne se limitent pas au domaine du langage et que les fonctions associées telles que l'efficacité intellectuelle, la mémoire et l'attention peuvent être touchées elles aussi.

Enzo et Valentin présentent tous les deux un trouble attentionnel important que nous avons remarqué lors de notre bilan et qui a été confirmé par nos tests. De plus les scores d'Enzo aux épreuves mnésiques sont faibles en modalité auditive et déficitaires en modalité visuelle. On a vu précédemment qu'Enzo a des difficultés pour tout ce qui concerne le traitement visuo-spatial. Ceci pourrait également expliquer en partie son score en mémoire visuelle.

Ces résultats ne sont pas surprenants car la littérature fait souvent état de troubles cognitifs chez les enfants après lésion cérébrale parmi lesquels l'attention et la mémoire sont les plus fréquemment altérées (Everts et al., 2008). Ces déficits cognitifs représentent une part importante de la symptomatologie de ces enfants et doivent, de ce fait être pris en compte dans leurs rééducations.

Levine et al. (2005) soulignent le fait qu'en cas de lésion précoce unilatérale une baisse du QI peut survenir entre 6 et 8 ans et qu'il est par conséquent, nécessaire que ces enfants

soient suivis tout au long de l'enfance. Nous n'avions pas de données psychométriques antérieures permettant une telle observation pour les trois enfants de notre étude. Cependant, ces tests surviennent alors qu'ils ont entre 8 et 10 ans, et on peut supposer que s'il y a eu un déclin du QI, il a pu se produire avant notre évaluation.

L'analyse interindividuelle des résultats obtenus en psychométrie ne permet pas de dégager de profil commun aux trois enfants, excepté l'Indice de Compréhension Verbale qui se situe dans la norme pour les trois enfants.

Individuellement, on remarque qu'Enzo présente un déficit marqué dans les épreuves non verbales de la *WISC IV*, que l'on ne peut attribuer à une gêne motrice quelconque. Levine et al. (2005) démontrent d'ailleurs que chez les enfants ayant eu une lésion précoce unilatérale le handicap moteur n'influe pas sur les résultats aux épreuves de performance des échelles de Weschler. La faiblesse des scores d'Enzo aux épreuves visuospatiales de la *NEPSY* et aux subtests « cube » et « matrice » de la *WISC IV*, ainsi que l'écart important entre son ICV et son IRP, évoquent une dyspraxie. Un bilan spécifique permettrait de statuer sur cette hypothèse.

Il apparaît donc que, bien que les lésions de ces enfants soient focalisées dans le territoire sylvien profond gauche, les retentissements de l'AVC sont très larges et touchent non seulement le langage mais également les fonctions cognitives associées (efficacité intellectuelle, mémoire, attention, praxies). On comprend donc bien ici toute la complexité des troubles de ces enfants, qui nécessitent un suivi global et adapté tout au long de leur développement.

2. Impact de la précocité de la lésion sur le tableau clinique

Les performances langagières, attentionnelles et mnésiques de Renaud, lésé en période périnatale, sont moins déficitaires que celles des deux autres enfants, ce qui va en partie dans le sens du principe de Kennard selon lequel plus une lésion est précoce, et meilleur est le pronostic.

Ces résultats évoquent par ailleurs une spécialisation de l'hémisphère gauche pour le langage, non encore totalement établie en période périnatale. En effet, malgré sa lésion, une plasticité adaptée a permis à Renaud de développer des capacités lexico-sémantiques tout à fait normales, alors que chez Enzo et Valentin on relève des marqueurs pathologiques qui rendent leur langage moins fonctionnel. Nous rejoignons ici les observations de Chilosi et al. (2005) selon qui, malgré une préférence initiale de l'hémisphère gauche pour le langage, un développement relativement bon peut survenir après des lésions congénitales des réseaux neuronaux dédiés au langage. Cet élément suggère que des processus de compensation sont en place dès la naissance.

Cependant, les difficultés syntaxiques de Renaud sur le plan expressif, évoquent tout de même un traitement préférentiel de certains aspects langagiers par l'hémisphère gauche, et ce, dès la naissance. Le phénomène de plasticité ne semble pas ici avoir permis une récupération complète de toutes les composantes du langage chez Renaud, puisque des séquelles persistent même huit ans après sa lésion.

Nos résultats se rapprochent également du constat fait par Woods & Carey (1979), qui observent des déficits langagiers seulement chez les enfants ayant subi leur lésion après 1 an et ayant initialement présenté une aphasie, contrairement à ceux lésés avant 1 an qui ne présentaient aucun déficit.

A la lumière de ces observations, et en nous référant à Bates (2009) il semble que l'hémisphère gauche possède, dès les premiers jours de vie au moins, des capacités spécifiques pour le traitement du langage, préférence qui s'accroît au cours de l'enfance (Szarflaski et al., 2008). Il apparaît également que cette dominance hémisphérique peut être modifiée et même inversée en cas de lésion survenue avant quatre ans. Ceci suggère que l'hémisphère droit est équipé pour traiter le langage, mais que lorsque le développement se fait normalement, ses réseaux sont inhibés par une activation prioritaire de l'hémisphère gauche (Hertz-Pannier et al., 2002).

Le but premier de cette étude était de voir si des lésions relativement similaires en termes de localisation et d'étendue, survenant à différents stades de l'apprentissage du langage, auraient des répercussions différentes sur le développement ultérieur des capacités linguistiques. Nous souhaitions étudier le cas d'un enfant lésé avant toute acquisition du langage, un en cours d'acquisition et un dont la majeure partie des apprentissages serait effectuée. Suite aux difficultés que nous avons eues pour sélectionner notre population, nous n'avons pas pu étudier le cas d'un enfant lésé en cours d'acquisition du langage. Cependant si l'on compare le cas de Renaud (lésé en période périnatale) à ceux d'Enzo et de Valentin (lésés après 2 ans et demi), il apparaît que Renaud présente aujourd'hui un tableau cognitif, et plus particulièrement langagier, plus fonctionnel que les deux autres enfants, ce qui valide notre première hypothèse. Il semble donc qu'il existe, au sein même de la période de la petite enfance, un gradient de récupération inversement proportionnel à l'âge d'acquisition de la lésion.

Cependant, l'âge de l'enfant au moment de la lésion ne semble pas être le seul facteur à intervenir dans les mécanismes de récupération. En effet, Enzo et Valentin ont subi leurs AVC à seulement neuf mois d'écart, respectivement à 2 ans 6 mois et 3 ans 3 mois, et présentent néanmoins des profils très différents. Au vu de leurs évolutions respectives on peut penser que ces différences ne sont pas dues aux deux années de récupération supplémentaires dont a bénéficié Valentin, mais bien à des expressions différentes d'une même pathologie. Chilosi (2008) aborde cette problématique et conclut que la prédiction « *the earlier, the better* » n'est pas toujours confirmée.

Par ailleurs, les images IRM anatomiques montrent une lésion très localisée chez Enzo qui présente pourtant des déficits langagiers majeurs en regard des performances des autres enfants. En revanche, Valentin chez qui on observe une lésion bien plus étendue, présente un profil langagier plus fonctionnel à ce jour. Il apparaît donc ici que la localisation précise, plus que l'étendue de la lésion est, au même titre que l'âge de survenue, un facteur important à prendre en compte dans les mécanismes de récupération et le développement langagier chez ces enfants.

Le choix de l'étude de cas nous a permis de dresser un profil cognitif très approfondi de chaque enfant. Nous avons ainsi pu exposer avec précisions les capacités et les difficultés de chacun, ce qui est très intéressant sur le plan clinique, à la fois pour ces enfants, mais également pour d'autres qui présentent la même pathologie. Néanmoins, l'étude de cas présente certaines limites que nous touchons ici et ne nous permet pas de statuer sur le

rôle des différents facteurs précédemment cités, mais seulement des les évoquer en illustrant leur répercussions au travers de nos trois cas.

3. Réorganisation intra et/ou interhémisphérique des aires du langage

Les tests comportementaux et l'IRMf ont apporté des informations complémentaires qui ont dévoilé l'organisation actuelle des aires cérébrales responsables du langage chez nos trois patients. Ces données permettent ainsi de mieux comprendre les mécanismes de compensation mis en place par l'organisme pour pallier les déficits langagiers engendrés par la lésion.

3.1. Le cas de Renaud

Les tests comportementaux montrent qu'en ce qui concerne le traitement du matériel verbal en réception, l'hémisphère gauche de Renaud semble moins intervenir que dans une population contrôle. On note en parallèle une intervention plus importante de l'hémisphère droit, ce qui est atypique. L'épreuve *Dichotica* met même en évidence une inversion de la préférence hémisphérique en ce qui concerne le traitement du lieu d'articulation.

Ces résultats doivent être analysés à deux niveaux, en raison de l'incertitude concernant la latéralité manuelle initiale de Renaud. Si l'on considère que Renaud était initialement gaucher, cela peut suffire à expliquer la répartition bilatérale de ses aires du langage et annule donc l'hypothèse d'un transfert interhémisphérique. En revanche, dans le cas où l'on envisage que Renaud était initialement droitier, cas le plus probable étant donnée que nous n'avons relevé aucun antécédent de gaucherie chez ses parents et grands-parents, les résultats des tests comportementaux indiquent une répartition bilatérale, atypique, des supports neuro anatomiques du langage. Il semble cependant que cette intervention de l'hémisphère droit est suffisamment pondérée pour ne pas influencer sur les fonctions qui lui sont propres. Les résultats tout à fait normaux de Renaud aux épreuves visuo-spatiales en témoignent.

En IRMf, au cours de la tâche de génération de verbes, quelle que soit la modalité de présentation (auditive et visuelle), on relève une activation qui prédomine dans l'hémisphère gauche au niveau des aires classiques du langage. On observe par ailleurs, quelques activations atypiques. En effet, au cours de la tâche en modalité visuelle, les aires pariétales gauches ont été sollicitées alors qu'elles n'interviennent normalement pas dans le traitement du langage. En modalité auditive, on remarque une activation frontale de l'hémisphère droit très inhabituelle. En ce qui concerne l'activation temporelle droite, on peut penser qu'elle est le reflet d'un traitement auditif de haut niveau. En effet, contrairement à la tâche de repos où seul un bruit était émis, la tâche de génération de verbes nécessite de traiter un son correspondant à un mot. La lésion de Renaud, qui touche la substance blanche et les noyaux gris centraux, semble donc avoir provoqué une ré-organisation intra- et inter-hémisphérique atypique des aires responsables du langage. Ce résultat n'est pas en accord avec ceux de Chilosi et al. (2008) qui observent une absence de changement inter-hémisphérique chez leur patient ayant subi une lésion dans le territoire sylvien gauche mais qui n'implique ni l'aire de Broca, ni l'aire de Wernicke. Cependant, la plupart des études rapporte que les lésions de la

substance blanche provoquent un transfert des fonctions langagières à l'hémisphère droit, qu'il y ait atteinte de l'aire de Broca ou non (Staudt, M., 2007). Dans le cas de Renaud, l'activation de l'hémisphère droit étant relativement faible, on peut penser que c'est l'atteinte des NGC qui a limité ce transfert.

3.2. Le cas d'Enzo

Les résultats d'Enzo aux tests comportementaux ainsi que les images obtenues en IRMf indiquent clairement un transfert inter-hémisphérique pour le traitement langagier, qui est désormais majoritairement effectué par l'hémisphère droit. Les zones activées au cours de la tâche de génération de verbes correspondent à celles normalement responsables du langage dans l'hémisphère gauche, notamment l'aire de Broca. Il apparaît donc que même une lésion très focale comme celle d'Enzo, qui n'affecte ni la substance blanche, ni les aires classiques du langage (aire de Broca notamment), peut entraîner une réorganisation massive des aires du langage. Cette observation, déjà faite dans la littérature (Guzetta et al., 2008), renforce l'hypothèse que plus que l'étendue, c'est la localisation précise de la lésion qui détermine le type de réorganisation. Le cas d'Enzo est particulièrement intéressant à ce sujet. En effet, il est le seul enfant de notre étude à avoir subi une lésion au niveau de la capsule interne gauche, sans atteinte des noyaux gris centraux. Il est également le seul à montrer un changement net de latéralisation du langage, désormais localisé dans l'hémisphère droit. On peut donc faire deux hypothèses. La première est que la localisation de la lésion, restreinte à la capsule interne gauche, serait à l'origine de ce transfert de fonction. La seconde, serait que l'atteinte des NGC, consécutive aux lésions des deux autres enfants, aurait empêché ce transfert à l'hémisphère droit.

Par ailleurs, cette relatéralisation des aires du langage chez Enzo va à l'encontre de la théorie phrénologiste de Gall, selon laquelle l'architecture cérébrale est établie de manière irréversible dès la naissance. Ces résultats s'inscrivent plutôt dans le courant émergentiste relayé par Bates, qui fait état d'une organisation cérébrale flexible, capable d'adaptation en fonction des expériences. Il semble donc que, bien qu'il existe initialement une prédominance de l'hémisphère gauche pour le langage, l'hémisphère droit puisse acquérir des fonctions du langage dans des conditions particulières, notamment en cas de lésion focale survenue tôt dans l'enfance (Vicari et al., 2000). Cependant, les déficits langagiers résiduels importants d'Enzo montrent que cette plasticité cérébrale est limitée et n'est pas suffisante pour une récupération fonctionnelle complète.

3.3. Le cas de Valentin

Les résultats obtenus aux épreuves comportementales évoquent un traitement du matériel verbal en partie préservé dans l'hémisphère gauche en réception. Cette préférence hémisphérique est toutefois moins importante que dans la population normale, ce qui suggère une participation atypique de l'hémisphère droit dans les processus langagiers.

A l'épreuve *Diviword*, Valentin obtient des résultats différents pour la lecture à voix haute de mots et de pseudo-mots : les premiers sont mieux traités par l'hémisphère gauche, tandis que les seconds font majoritairement intervenir l'hémisphère droit. Ayant subi son AVC plus tardivement (3 ans 3 mois), alors que son langage était déjà en place, il a pu se construire un stock mental de mots dans l'hémisphère gauche ce qui explique

qu'il continue de traiter les mots ainsi. En revanche, le traitement des pseudo-mots s'effectue dans l'hémisphère droit. Ces résultats évoquent donc un recrutement de mécanismes fondamentalement différents pour la lecture à voix haute de mots ou de pseudo-mots. Cette information supplémentaire n'était pas attendue et montre bien la pertinence de l'utilisation des tests comportementaux pour ce genre d'étude. Il serait d'ailleurs intéressant d'approfondir les recherches sur ce sujet.

Les observations tirées des images obtenues en IRMf mettent en évidence une activation bilatérale dans la tâche de production de verbes, et ce, dans les deux modalités proposées. Ces résultats sont atypiques et témoignent de la participation de l'hémisphère droit dans la prise en charge des processus langagiers. En nous référant à l'hypothèse élaborée précédemment, on peut penser que l'atteinte de la capsule interne gauche a pu provoquer le transfert inter-hémisphérique, mais que la lésion des NGC aurait limité ce phénomène. En effet, la lésion de Valentin, tout comme celle d'Enzo, implique la capsule interne gauche ; en revanche, elle atteint également les noyaux gris centraux.

Par ailleurs, ces images apportent des éléments supplémentaires, que nous n'attendions pas. En effet, on observe chez Valentin, une activation cérébelleuse peu habituelle. Une telle activation a déjà été rapportée, dans une moindre mesure chez des sujets sains, de manière contralatérale à l'activation de l'aire de Broca. En plus de son implication dans les processus langagiers et moteurs, le cervelet jouerait également un rôle dans les processus mnésiques, attentionnels, dans la régulation des fonctions exécutives, dans les fonctions visuospatiales (Paquier, P.-F. & Mariën, P., 2005, cités par Naddley, D., 2009). On voit donc ici que la réorganisation des fonctions langagières n'est pas limitée aux aires cérébrales. Elle inclut d'autres régions du cerveau qui servent d'intermédiaires aux processus langagiers secondaires.

Valentin présente également une activation du gyrus cingulaire plus marquée que dans une population normale. Ce phénomène a déjà été observé dans la littérature et différentes hypothèses ont été émises à ce sujet (Tillema, 2008). Sachant que le gyrus cingulaire intervient dans les processus attentionnels du langage, une première hypothèse suggère que les enfants ayant subi précocement une lésion cérébrale des aires du langage auraient besoin de mobiliser de plus grandes ressources attentionnelles pour réaliser une tâche de génération de verbes. Une seconde hypothèse soutient l'idée que l'activation plus importante du gyrus cingulaire, qui relie les aires de Broca et Wernicke, est le reflet d'une compensation de l'atteinte des Noyaux Gris Centraux (NGC). En effet, ces derniers reçoivent normalement des projections corticales des deux principales aires du langage sus-citées. Or, en cas d'atteinte profonde, comme dans le cas de nos patients, cette liaison est diminuée. L'augmentation de l'activation du gyrus cingulaire permettrait ainsi aux deux aires de continuer à communiquer entre elles.

Enfin, les images IRMf montrent l'activation des régions occipitales lors de la tâche de génération de verbes en modalité auditive alors qu'elles sont normalement dévouées au traitement visuel. Tillema (2008) a fait la même observation sur certains de ces patients. Cette activation atypique pourrait être le reflet d'une stratégie de compensation visuelle pour le traitement du langage.

Notre seconde hypothèse selon laquelle une réorganisation atypique des aires spécifiques du langage se met en place suite aux différents mécanismes de récupération post-

lésionnels est donc validée. En effet les trois enfants de notre étude présentent une répartition atypique des supports neuro anatomiques du langage.

4. Transfert à l'hémisphère droit

Nous émettions également l'hypothèse que plus la lésion est précoce et plus l'intervention de l'hémisphère droit dans la prise en charge des fonctions langagières serait importante.

Au vu de nos résultats, cette hypothèse est infirmée. En effet, Enzo présente aujourd'hui une réorganisation globale des réseaux langagiers dans l'hémisphère droit tandis que Renaud, qui a eu sa lésion bien plus précocement, semble avoir conservé la majeure partie du traitement du langage dans l'hémisphère gauche. Il semble donc dans cette étude que l'âge de l'enfant au moment de la lésion n'est pas un facteur décisif en ce qui concerne le transfert des fonctions langagières à droite.

En revanche, l'étude du cas d'Enzo apporte une information intéressante à ce sujet puisque sa lésion est très localisée et qu'elle a tout de même provoqué un transfert du traitement du langage dans l'hémisphère droit. Son cas rappelle ceux des patients de Guzzetta et al. (2008) : sur cinq patients ayant subi une lésion gauche profonde qui épargne l'aire de Broca, trois avaient transféré leur langage dans les aires homologues de l'hémisphère droit. Guzzetta et al., émettent deux hypothèses concernant ce phénomène. Ces lésions entraîneraient une hypoperfusion corticale dans les premiers temps de la lésion, ce qui provoquerait le transfert du langage à l'hémisphère droit. Ils évoquent également l'hypothèse d'un impact direct d'une atteinte sous-corticale. Dans notre étude, nous nous interrogeons de plus sur l'impact d'une lésion de la capsule interne ou des noyaux gris centraux.

5. Effet crowding

Le transfert inter-hémisphérique qui a eu lieu chez Enzo semble avoir eu une incidence sur ses capacités visuo-spatiales qui sont très déficitaires. On assisterait donc à un *effet crowding*, largement décrit dans la littérature (Lidzba, 2006). Cependant, on ne peut écarter l'hypothèse d'un trouble initial du traitement visuo-spatial

Notre hypothèse selon laquelle la prise en charge du langage par l'hémisphère droit crée une surcharge cognitive qui provoque un déficit des fonctions visuo-spatiales est ici vérifiée.

II. Limites

1. Liées à la population

L'AVC étant, fort heureusement, une pathologie rare chez l'enfant, la recherche de notre population s'est avérée très longue et compliquée d'autant plus que nous avons des critères de sélection extrêmement précis. De ce fait, les trois enfants que nous avons pu

inclure dans notre étude ne correspondent pas exactement à la population idéale que nous envisageons.

En ce qui concerne l'âge des enfants au moment de la lésion tout d'abord, nous souhaitions des écarts significatifs, or Enzo et Valentin sont relativement proches sur ce critère. De plus, la latéralité manuelle initiale de Renaud, non clairement établie, peut également constituer un biais à nos résultats. Cette difficulté méthodologique a déjà été rencontrée par d'autres auteurs (Lidzba et al., 2002 ; Hertz-Pannier et al., 2002 ; Chilosi et al., 2008) qui ont alors effectué des recherches d'antécédents de gaucherie dans la famille et ont pris en compte des données anatomiques telles que l'asymétrie du planum temporale. Nous nous sommes inspirées de leur démarche pour le cas de Renaud et avons finalement fait le choix de l'inclure dans notre étude, en analysant ses résultats selon les deux hypothèses de latéralité manuelle initiale. Les résultats obtenus par Enzo aux tests psychométriques sont inférieurs à ce que l'on attendait, et, s'ils ne sont pas pathologiques, ils peuvent tout de même avoir eu une incidence sur ses performances. Se pose donc la question du caractère initial de ce QI faible. Enfin, Valentin et Enzo bénéficient d'une rééducation orthophonique respectivement depuis cinq ans et trois mois. Ces différences de prise en charge ont certainement influencé leurs résultats.

Enfin, si les lésions des trois enfants correspondent bien à nos critères de départ, à savoir une lésion focale située dans le territoire sylvien gauche profond, les images d'IRM anatomique montrent cependant une variabilité relativement importante en ce qui concerne leur localisation et leur étendue. Cet artefact est propre à la pathologie vasculaire, qui fait qu'aucune lésion n'est exactement reproductible. En dépit d'une sélection rigoureuse au cours de laquelle nous avons tenté d'exclure tout facteur pouvant influencer les mécanismes de récupération, autre que l'âge à la lésion, cette variabilité interindividuelle a certainement eu un impact sur le développement langagier post-lésionnel des enfants.

2. Liées au protocole expérimental

Au début de notre expérimentation, notre maîtrise clinique de certains tests était encore imparfaite, nous avons de ce fait commis quelques erreurs de passation avec Enzo. Nous lui avons notamment proposé la tâche de parole de la *N-EEL* selon la seule modalité de répétition, alors que nous l'avons d'abord proposée en dénomination directe aux deux autres enfants. Cette autre modalité de passation nous aurait peut-être permis d'obtenir des indices supplémentaires sur la parole d'Enzo.

Certaines critiques peuvent être émises concernant les tests que nous avons utilisés. Tout d'abord, nous n'avons pas trouvé de test adéquat pour évaluer la réception phonologique des enfants. En effet, le test le plus couramment utilisé pour cette tâche est l'*EDP 4-8*, mais il présente l'inconvénient de saturer pour des enfants qui ont plus de six ans d'une part et manque de précision dans le choix des items d'autre part. Le test des praxies tiré d'un mémoire d'orthophonie et utilisé dans le protocole d'évaluation du langage à l'hôpital Edouard Herriot (Lyon), n'est étalonné que pour des enfants de deux à six ans avec des résultats donnés en pourcentage. Il ne permettait donc pas une analyse quantitative stricte dans le cas de nos patients. Enfin, les tests comportementaux sont longs et coûteux sur le plan attentionnel. De plus ils ne comprennent pas de phase

d'habitude comme pour l'IRMf par exemple. Nous avons donc dû segmenter voire raccourcir leurs passations, ce qui n'est pas initialement prévu dans le protocole.

En ce qui concerne l'interprétation des données IRMf, la méthode soustractive a ses limites et nécessite quelques précautions. Tout d'abord, il faut avoir à l'esprit que la condition de repos n'a aucune valeur physiologique. Elle est variable d'un individu à l'autre, et chez un même individu, d'une situation de repos à une autre. Certaines aires cérébrales sont mêmes constamment hyperactives lors du repos et voient leur débit sanguin chuter pour une tâche d'activation. Il faut également prendre en compte le fait que le sujet peut changer de stratégie ou de niveau attentionnel à tout instant or, chaque bloc doit correspondre à un état cognitif unique et stable, que l'expérimentateur ne contrôle donc pas forcément. De la même façon, les productions, et particulièrement dans le cas de l'enfant ne sont pas contrôlables et l'on ne peut se baser uniquement sur les retours que celui-ci effectue en fin de tâche. Nous avons donc procédé à un « quizz post-scan » pour chaque enfant. Juste après l'IRMf nous leur avons demandé de nous restituer l'ensemble des mots auxquels ils avaient pensé. Cette méthode a été utilisée par Tillema et al., (2008) notamment. Ces auteurs font état d'un taux de rappel correct à 88 % pour des enfants âgés de 8 à 10 ans.

De plus, la tâche de génération de verbes, fréquemment utilisée en IRMf, présente l'avantage d'assurer une activation forte, facilement observable. Cependant, on ne peut généraliser les activations observées à d'autres tâches langagières qui auraient peut-être apporté des éléments proches mais non nécessairement identiques en terme de localisation des patterns d'activation.

III. Apports

1. Professionnels

Sur le plan professionnel, cette recherche aura été d'une grande richesse de part les rencontres qu'elle a engendrées, et l'expérience clinique qu'elle nous a apportée.

En effet, afin de donner toutes ses chances à cette étude, le Dr Rousselle nous a mis en contact avec de nombreux professionnels qui, chacun dans leur domaine, nous ont apporté toute l'aide dont nous avons besoin. Notre recherche abordait en effet de nombreux domaines complexes, c'est pourquoi ces contacts ont été primordiaux pour la mener à bien. Ce fut également pour nous l'occasion d'expérimenter et d'apprécier tous les bénéfices que peut apporter un travail en pluridisciplinarité. Enfin, ces professionnels nous ont transmis leur passion pour la recherche, malheureusement encore trop peu développée en orthophonie.

Par ailleurs, l'ensemble de notre expérimentation nous a permis de toucher au plus près divers aspects de notre futur exercice. En effet, de l'élaboration du protocole, à la passation des épreuves et l'analyse des données recueillies, jusqu'au retour de nos observations aux familles, cette recherche nous a offert l'opportunité d'une mise en pratique quasi-professionnelle, qui constitue un pas de plus vers notre métier d'orthophoniste.

Enfin, ce travail nous a apporté de nombreux éléments de connaissance sur la pathologie vasculaire acquise chez l'enfant, domaine que nous avons peu abordé au cours de notre formation initiale. Grâce à ces études de cas nous avons pu appréhender une rééducation qui mêle aphasiologie et développemental et qui pourrait être bénéfique à ces enfants.

2. Personnels

Le travail en binôme aura pour nous été un atout majeur. Grâce à notre complémentarité, nous avons beaucoup appris sur nos capacités de travail, respectives et conjointes.

Ce mémoire nous a également permis de rencontrer des familles de patients, qui toutes, nous ont étonnées par leur investissement et leur confiance en nous et notre projet, qui pourtant ne leur promettait aucun bénéfice immédiat. Cela aura également été l'occasion pour nous d'expérimenter la relation orthophoniste/patient en dehors de nos lieux de stage et ainsi d'en évaluer toute les composantes.

Notre recherche a mis longtemps à se mettre en place, car nous peinions à trouver un encadrement. En revanche, dès lors que nous avons trouvé ces personnes susceptibles de nous aider, nous avons été agréablement surprises par leur intérêt pour notre sujet, leur disponibilité et leur pédagogie. Ces rencontres, au-delà de leur intérêt professionnel auront donc été une grande richesse personnelle.

CONCLUSION

Si l'AVC et ses conséquences chez l'enfant sont bien connus des neuropédiatres, ils le sont moins en orthophonie. Nous souhaitons donc que cette recherche puisse sensibiliser les professionnels de la communication à la problématique des pathologies neurologiques acquises chez l'enfant.

Pour cela, nous nous sommes intéressées au débat qui oppose la théorie d'une spécialisation hémisphérique précoce pour le langage à celle de l'équipotentialité hémisphérique initiale, ce qui nous a menées à nous interroger sur le rôle de l'âge à la lésion dans les mécanismes de récupération fonctionnelle.

Il apparaît dans notre étude que ce facteur de l'âge à la lésion joue en effet un rôle important dans le phénomène de récupération. Cependant, nos résultats mettent également en avant toute la complexité des mécanismes sous-jacents à la récupération fonctionnelle chez l'enfant. L'âge à la lésion ne semble donc pas être le seul facteur à intervenir dans la réorganisation des aires corticales responsables du langage. La localisation précise ainsi que la profondeur de la lésion cérébrale semblent être tout aussi déterminantes.

L'originalité de cette recherche réside dans le fait d'avoir investigué l'expression d'une pathologie précise à différents niveaux en liant observations langagières, données comportementales et analyse neurobiologique. Par ailleurs, la récupération du langage oral chez les enfants ayant subi un AVC tôt dans l'enfance avait souvent été étudiée par modules : phonologie, lexique ou syntaxe. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons cherché à explorer le domaine du langage oral, avec des tests adaptés à chaque composante, ce qui nous a permis de dresser un profil langagier précis de ces enfants.

Cette étude aboutit à la mise en évidence de difficultés globales qui illustrent bien les multiples retentissements de l'AVC chez ces patients. Une prise en charge orthophonique adaptée devrait, de ce fait, être systématiquement proposée à ces enfants afin de réduire au maximum l'impact de ces troubles sur leur développement.

Nous nous interrogeons notamment sur la nature des troubles du traitement de la phrase qui apparaît déficitaire chez les trois enfants de cette étude. Il serait bienvenu que de futures études s'intéressent spécifiquement à cet aspect des troubles langagiers résiduels de cette population, ainsi qu'aux techniques de rééducation qui pourraient permettre une récupération fonctionnelle plus complète du langage oral.

BIBLIOGRAPHIE

Anderson, V. et al. (2005). Functional plasticity or vulnerability after early brain injury ?. *Pediatrics*, 116, 1374-1382.

Ansaldo, A.I. (2004). La contribution de l'hémisphère droit à la récupération de l'aphasie : exemples de plasticité adaptée et dysfonctionnelle et pistes d'intervention orthophonique. In *Rééducation orthophonique*, 219, 79-94. Paris : Fédération Nationale des Orthophonistes.

Arthuis, M., Ponsot, G., Dulac, O., Pinsard, N., & Mancini, J. (1998). *Neurologie pédiatrique 2ème édition*. Paris : Médecine Science Flammarion.

Bates, E. (1999). Plasticity, localization and language development. In Broman, S. H. & Fletcher, J.M. (1999) *The changing nervous system : Neurobehavioral consequences of early brain disorders* (pp.214-253), New-York : Oxford University Press.

Bates, E. et al. (2001). Differential effects of unilateral lesions on language production in children and adults. *Brain and language*, 79, 223-265.

Bedoin, N. et al (2006). Hemispheric lateralization of cognitive functions in children with centrotemporal spikes. *Epilepsy and behavior*, 9, 268-274.

Bedoin, N. (en cours d'étalonnage). *Diviword*. Laboratoire DDL, CNRS 5596, Université Lyon 2.

Belin, C. (1999). Bases neurobiologiques de la récupération spontanée et de la rééducation. In Azouvi, P., Perrier, D., & Van der Linden, M. (1999) *La rééducation en neuropsychologie : études de cas* (pp 9-18), Marseille : Solal Editeur.

CERI (Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement), Della Chiesa, B. (2007). *Comprendre le cerveau : naissance d'une science de l'apprentissage*, Paris : OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques).

Changeux, J.-P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.

Charollais, A., Lardennois, C., & Marret, S. (2003). Accidents vasculaires cérébraux. In Marret, S., & Zupan Simunek, V., *Neurologie périnatale* (pp.307-314). Rueil-Malmaison : Doin éditeurs.

Chevrier-Muller, C., & Plaza, M. (2003). *N-EEL Nouvelles Epreuves pour l'Examen du Langage*. Paris ; ECPA.

Chilosi, A.M. et al. (2005). Atypical language lateralization and early linguistic development in children with focal brain lesions. *Developmental medicine and child neurology*, 47, 725-730.

Chilosi, A.M. et al. (2008). Acquired focal brain lesions in childhood : effects on development and reorganization of language. *Brain and language*, vol. 106 n°3, 211-225.

BIBLIOGRAPHIE

- De Boissezon, X., Peran, P., Marque, Ph., Celsis, P., Cardebat, D., & Demonet, J.-F. (2006). Les différentes techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle : imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et tomographie par émission de positons (TEP). In Froger, J., & Pélissier, J. (2006). *Imagerie cérébrale fonctionnelle et rééducation* (pp 1-12), Paris : Elsevier Masson
- Degos, V., & Gressens, P. (2007). Plasticité post-lésionnelle après lésion cérébrale traumatique. *Archives de pédiatrie*, 14, 522-523.
- Dehaene-Lambertz, G. (2004). Bases cérébrales de l'acquisition du langage : apport de la neuro-imagerie. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 52, 452-459.
- Deltour, J.-J. (1992). *TCG-R Test de Closure Grammaticale Révisé*. Braine-le-château : ATM.
- Di Stefano M., Marano, E., & Viti, M. (2004). Stimulus dominance effects and lateral asymmetries for language in normal subjects and in patients with a single functional hemisphere. *Brain and cognition*, 56, 55-62.
- Dunn, L.M., Theriault-Whalen, C.M., & Dunn, L.M. (1993). *EVIP Echelle de vocabulaire en images peabody*. Braine-le-château : ATM.
- Everts, R. et al. (2008). Cognitive functioning, behavior, and quality of life after stroke in childhood. *Child neuropsychology*, 14, 323-338.
- Faure, S., Eustache, F., Cardebat, D. (Eds) (2003). *Méthodes en neuropsychologie : applications à l'étude de la mémoire et du langage*. Atelier de formation (17-18 mars 2003). INSERM. Montpellier.
- Fernandes, M.A. & Smith, M.L. (2000). Comparing the fused dichotic word test and the intracarotid amobarbital procedure in children with epilepsy. *Neuropsychologia*, 38, 1216-1228.
- Guzetta, A. et al. (2008). Language organization in left perinatal stroke. *Neuropediatrics*, 39, 157-163.
- Hertz-Pannier, L. et al. (2002). Late plasticity for language in a child's non dominant hemisphere : a pre- and post-surgery fMRI study. *Brain*, 125, 361-372.
- Iss, S. (1972). *A propos de la rééducation d'un cas d'aphasie acquise chez l'enfant*. Mémoire d'orthophonie, n°27. Nancy.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 3, 163-168.
- Korkman, M., Kirk, U., Kemp, S. (1997). *NEPSY Bilan neuropsychologique de l'enfant*. Paris ; ECPA.
- Krägeloh-Mann, I. (2004). Imaging of early brain injury and cortical plasticity. *Experimental neurology*, 190, 584-590.
-

BIBLIOGRAPHIE

- Landrieu, P., & Tardieu, M., (2001). Pathologies vasculaires cérébrales. In *Neurologie pédiatrique 2ème édition* (pp.104-107). Paris : Masson.
- Lecocq, P., (1983). *E.CO.S.SE Epreuve de COmpréhension Syntaxico-SEmantique*. Villeneuve d'Ascq : Presses Universitaires de Septentrion.
- Lefavrais, P. (1967). *Alouette-R*. Paris : ECPA.
- Lenneberg, E.H. (1967). *Biological foundations of language*. New-York : Wiley.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). *MANULEX : A grade-level lexical database from French elementary-school readers*. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166.
- Levine, S.C., Kraus, R., Alexander, E., Whealton Suriyakham, L., & Huttenlocher, P.R. (2005). IQ decline following early unilateral brain injury : a longitudinal study. *Brain and cognition*, 59, 114-123.
- Lidzba, K., et al. (2002). Right-hemispheric organization of language following early left-sided brain lesions : F-MRI topography. *NeuroImage*, 16, 954-967.
- Lidzba, K., et al. (2006). Visuospatial deficits in patient with early left hemispheric lesions and functional reorganization of language : consequence of lesion or reorganization?. *Neuropsychologia*, 44, 1088-1094.
- Lopez, C., Herbillon, V., Bedoin, N., Des Portes, V., Arzimanoglou, A. & Ryvlin, P. (2009a). *A dichotic listening test to assess modifications of hemispheric asymmetry in benign partial epilepsy*. 2nd International Epilepsy Colloquium (3-6 mai 2009). Lyon.
- Lopez, C. et al, (2009b). *Une épreuve d'écoute dichotique pour diagnostiquer les modifications d'asymétrie hémisphérique dans l'épilepsie bénigne de l'enfance*. Colloque Neurosciences, Education et Francophonie (NEF), (24-25 mars 2009). LyonMazaux, J.M., Pradat-Diehl P., & Brun V., (2007). *Aphasie et aphasiques*. Paris : Elsevier Masson.
- Montanier, C., & Trouillot, M. (1996). *Évaluation de l'influence des troubles de la mémoire de travail sur la compréhension orale chez trois enfants aphasiques. Etude de cas*. Mémoire d'orthophonie, n°968. Lyon.
- Naddley, D. (2009). *Le rôle du cervelet dans les fonctions cognitives de haut niveau : La fin de l'ère motrice*. Retrieved March 12, 2009, from Montreal University. Website : http://unfweb.criugm.qc.ca/jdoyon/cours_6413/travaux1_2009/PSY6413-Travail_NaddleyDesire.pdf
- Nolin, P., & Laurent, J.P. (2004). *Neuropsychologie Cognition et développement de l'enfant*. Sainte-Foy (Québec) : Presses de l'université du Québec.
- Rosa, C., & Lasseonde, M. (2005). Spécialisation hémisphérique, développement et plasticité. In Hommet, C., Jambaqué, I. & coll. (2005). *Neuropsychologie de l'enfant et troubles du développement* (pp.11-35). Marseille : Solal, Editeur.

BIBLIOGRAPHIE

Signoret, J.-L., Eustache, F., & Lechevalier, B. (1989). *Langage et aphasie*. (pp. 79-82). Bruxelles : De Boeck Université.

Signoret, J.-L. (1991) *BEM 144 Batterie d'Évaluation Mnésique*. Paris : Elsevier.

Simon, V. (2004). *Évaluation du langage oral chez l'enfant à l'aide d'une nouvelle version de la batterie ELOLA : étude pilote*. Mémoire d'orthophonie. Paris.

Simos, P.G., Molfese, D.L., & Brenden, R.A. (1997). Behavioral and electrophysiological indices of voicing-cue discrimination : laterality patterns and development. *Brain*, 57, 122-150.

Springer, S.P., & Deutsch, G. (2000). *Cerveau gauche, cerveau droit: À la lumière des neurosciences*. Bruxelles : De Boeck Université.

Staudt, M. (2007). (Re-)organization of the developing human brain following periventricular white matter lesions. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 31, 1150–1156.

Steinlin, M., et al. (2005). The first three years of the swiss neuropediatric stroke registry (SNPSR) : a population-based study of incidence, symptoms and risk factors. *Neuropediatrics*, 36, 90-97.

Studdert-Kennedy, M., & Shankweiler, D. (1970). Hemispheric specialization for speech perception. *The journal of the acoustical society of america*, vol. 48, 579-594.

Szarflaski, J. P. et al. (2006). A Longitudinal functional magnetic resonance imaging study of language development in children 5 to 11 years old. *Annals of neurology*, vol. 59, 796-807.

Tager-Flusberg, H., (1999). *Neurodevelopmental disorders*. Cambridge : MIT Press.

Tillema, J.-M. et al. (2008). Cortical reorganization of language functioning following perinatal left MCA stroke. *Brain and Language*, 105, 99–111.

Van Hout, A., & Seron, X. (1983). *L'aphasie de l'enfant et les bases biologiques du langage*. Bruxelles : Mardaga.

Van Hout, A., De Agostini, M. et al. (1998). Batterie d'évaluation du langage oral de l'enfant aphasique (ELOLA) : standardisation française (4-12 ans). *Revue de neuropsychologie*, vol. 8 n°3, 319-367.

Van Hout, A. (1999). L'aphasie de l'enfant. In C. Chevrie-Muller, & J. Narbona (1999) *Le langage de l'enfant : aspects normaux et pathologiques* (pp.292-300), Paris : Masson.

Van Hout, A. (2000). Troubles du langage in Lyon, G., Evrard, P. (2000) *Neuropédiatrie 2ème édition* (pp 454-456), Paris : Masson.

Vargha-Khadem, F. et al. (1997). Onset of speech after left hémisphérectomie in a nine-year-old boy. *Brain*, 120, 159-182.

BIBLIOGRAPHIE

Vicari, S. et al. (2000). Plasticity and reorganization during language development in children with early brain injury. *Cortex*, 36, 31-46.

Vitali, P., & Tettamanti, M. (2004). La récupération de l'anomie : le chemin neurobiologique pour retrouver ses mots. In *Rééducation orthophonique*, 219, 95-106. Paris : Fédération Nationale des Orthophonistes.

Wilke, M., Lidzba, K. et al. (2006). An fMRI task battery for assessing hemispheric language dominance in children. *Neuroimage*, 32, 400-410.

Woods, B.T. & Carey, S. (1979). Language deficits after apparent clinical recovery from childhood aphasia. *Annals of neurology*, vol. 6 n°5, 405-409.

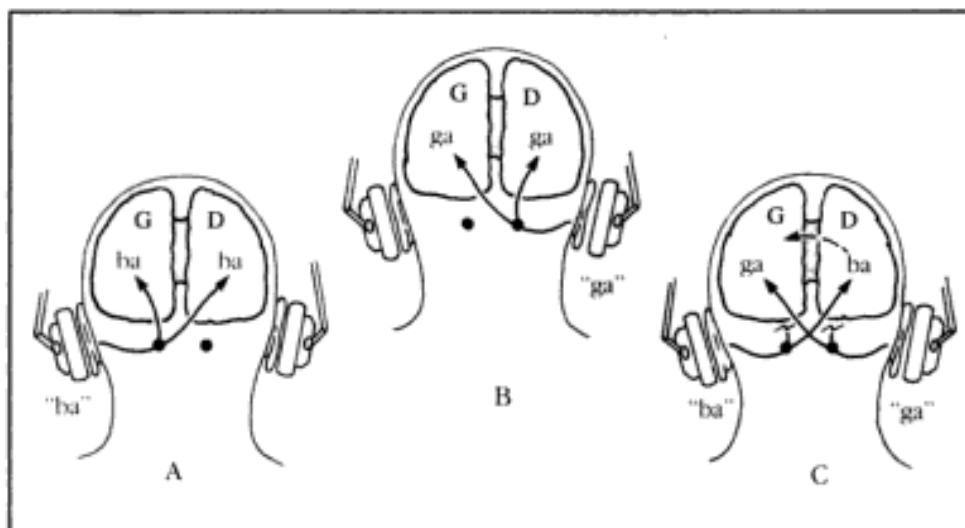
Zorman, M. (2002) *BALE Batterie Analytique du Langage Écrit*. Grenoble : Laboratoire cogni-sciences et apprentissages.

Logiciel d'analyse des images IRMf

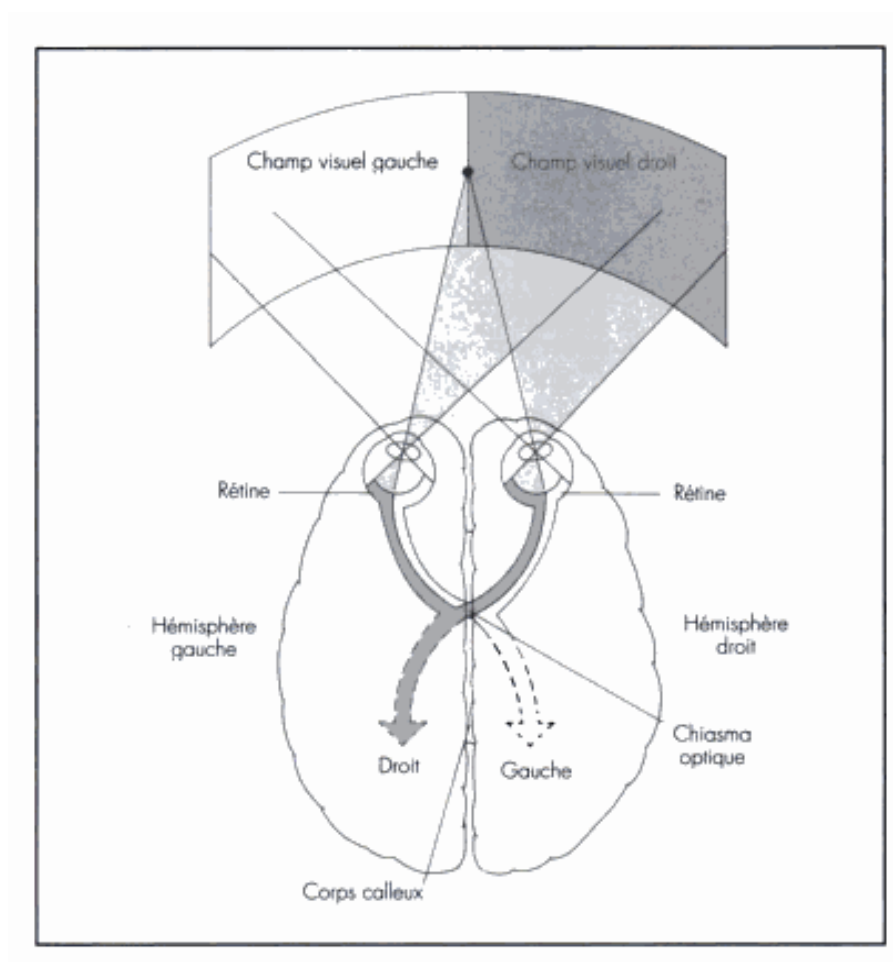
Statistical Parametric Mapping 5, Wellcome Department of Cognitive Neurology, Londres, Royaume-Uni ; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>

ANNEXES

Annexe I : Écoute dichotique, modèle de Kimura (1961)

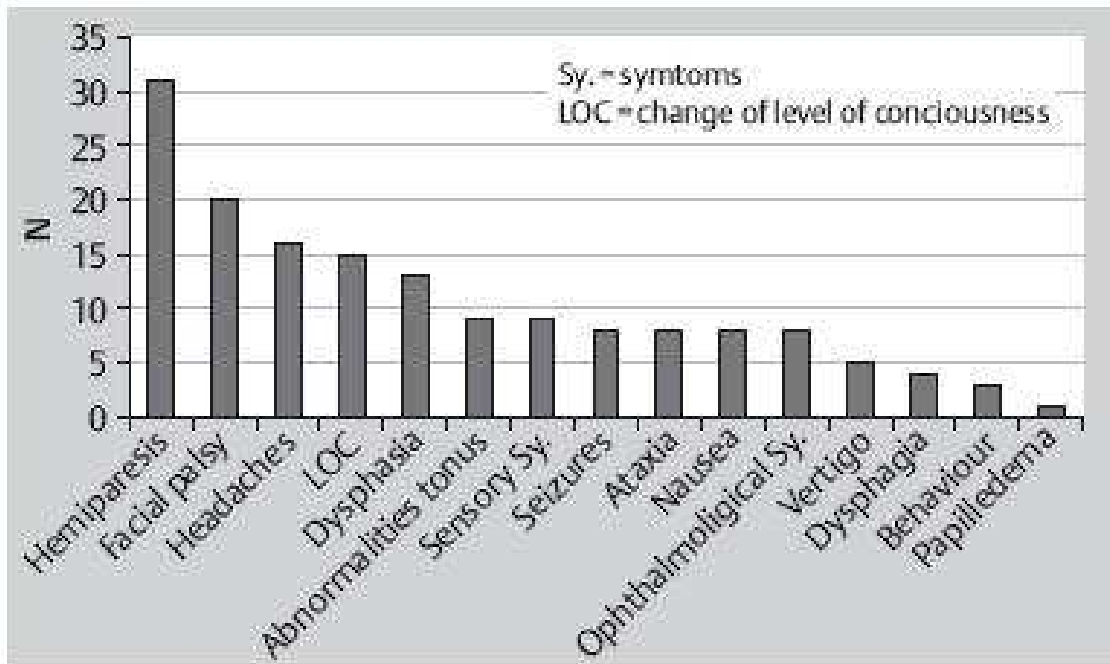


Annexe II : Traitement de l'information visuelle



Voies visuelles vers les deux hémisphères. Springer & Deutsch (2000)

Annexe III : Symptômes les plus fréquents suite à un AVC dans l'enfance



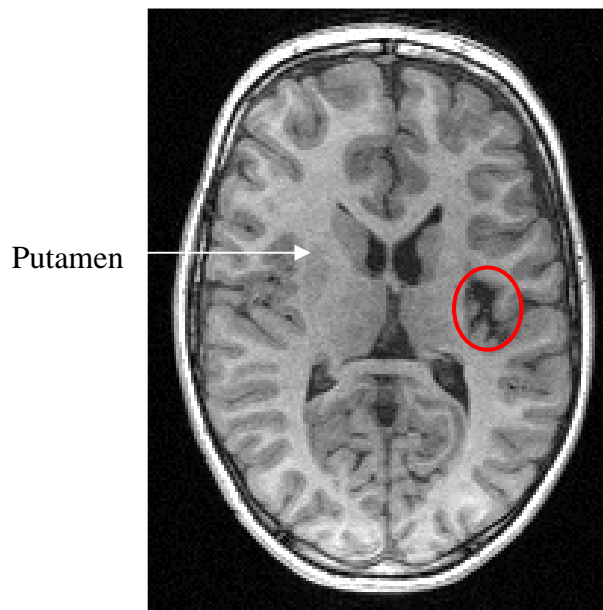
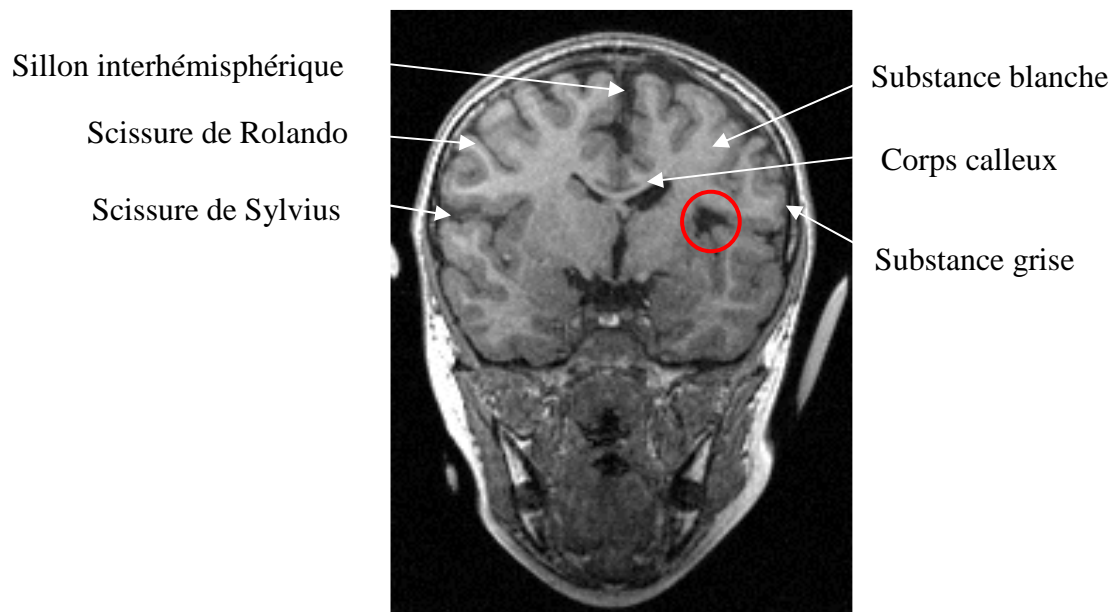
Symptoms at manifestation in arterial ischaemic infarction of childhood (n=40), Steinlin et al. (2005)

Annexe IV : Coupes IRM anatomiques de chaque enfant

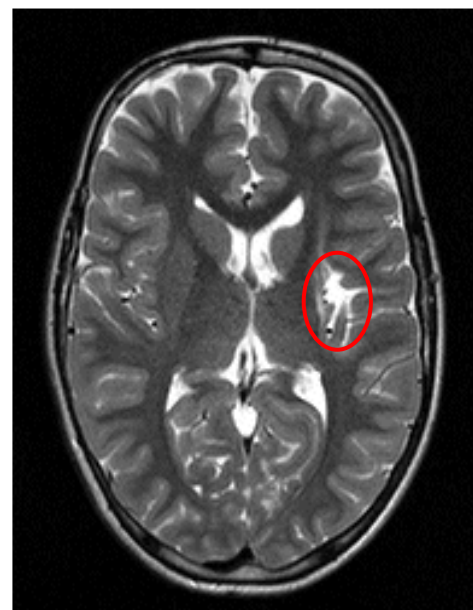
Les images ont ici une orientation radiologique, l'hémisphère gauche est donc représenté à droite et inversement. En séquence T1, la substance blanche apparaît blanche, la substance grise apparaît grise et le liquide céphalo-rachidien (LCR) noir. En T2, la matière blanche est noire, la matière grise est grise et le LCR apparaît blanc.

1. Renaud

Les principaux repères anatomiques sont légendés ici.

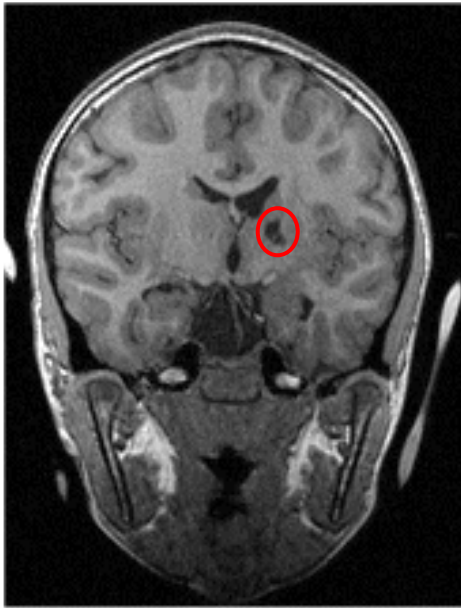


Séquence T1 : coupe axiale



Séquence T2 : coupe axiale

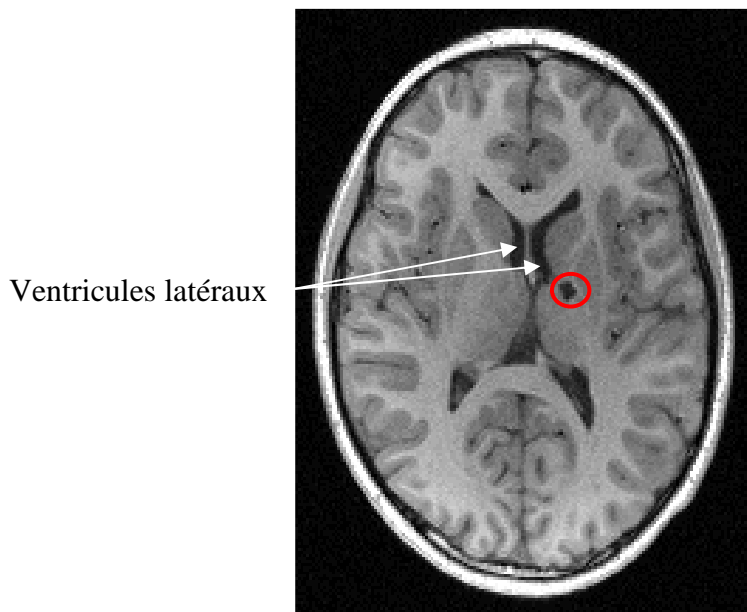
2. Enzo



Séquence T1 : coupe frontale

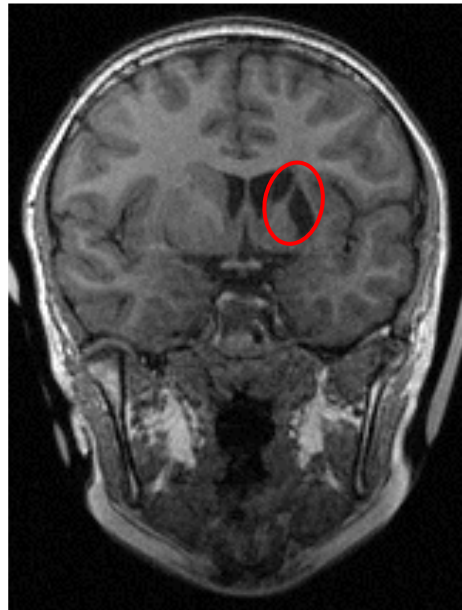


Séquence T2 : coupe axiale



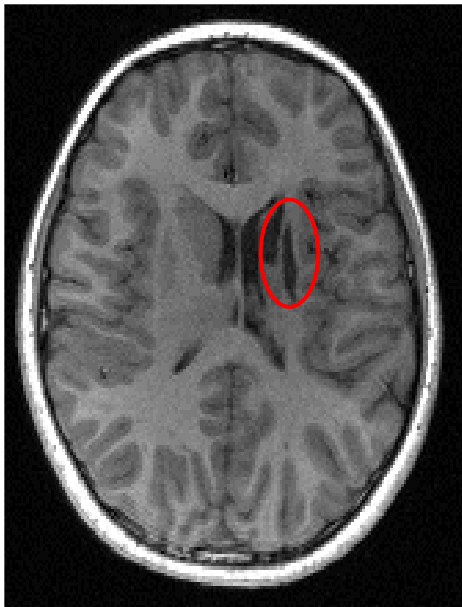
Séquence T1 : coupe axiale

3. Valentin



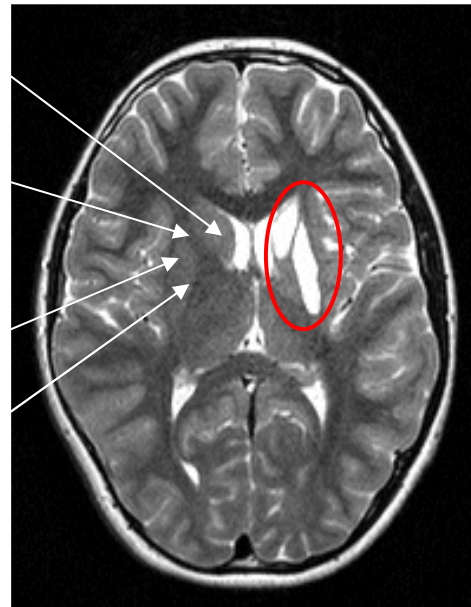
Séquence T1 : coupe frontale

Les Noyaux Gris Centraux (NCG) sont légendés ici.



Séquence T1 : coupe axiale

Noyau caudé
Bras antérieur
de la capsule
interne
Putamen
Globus
pallidus



Séquence T2 : coupe axiale

Annexe V : Protocole d'habituatation et d'entraînement dans l'IRM factice (ISC) pour les patients déficients intellectuels et les mineurs. Élaboré par le Dr Curie

1. Accueil dans la salle de l'IRM factice.

On explique qu'il s'agit d'une maquette, copie conforme de la « vraie machine » d'IRM située au CERMEP.

2. Découverte de la « machine ».

On invite le patient et ses parents à regarder à l'intérieur de la machine (un dessin animé est visible sur l'écran de projection).

On fait une démonstration avec une tierce personne (un membre de notre équipe) : celle-ci s'allonge sur le lit, la tête en place dans l'antenne ; puis on positionne l'antenne qui s'avance au dessus de son visage. On montre alors au patient le miroir qui permet à la tierce personne de visionner le dessin animé projeté au fond de la machine. On avance le lit à l'intérieur de la machine. On invite le patient à poser des questions à la personne qui est dans la machine : « est-ce que tu es bien ? », « est-ce que tu vois le dessin animé ? ». La tierce personne ressort alors de la machine (avec le sourire).

3. Introduction progressive de chaque modalité sensorielle de l'IRMf.

On introduit une à une, toutes les modalités sensorielles auxquelles le patient va être confronté pendant l'expérience en IRM fonctionnelle. On prendra soin à chacune des étapes de lui demander ce qu'il ressent (appréhension, peur, amusement...).

la position allongée : le patient s'il l'accepte, s'installe sur le lit de l'IRM factice.

mouvement de translation du lit : on le fait pénétrer à l'intérieur du gros « tuyau » d'une 30^{me} de cm, puis assez rapidement ressortir.

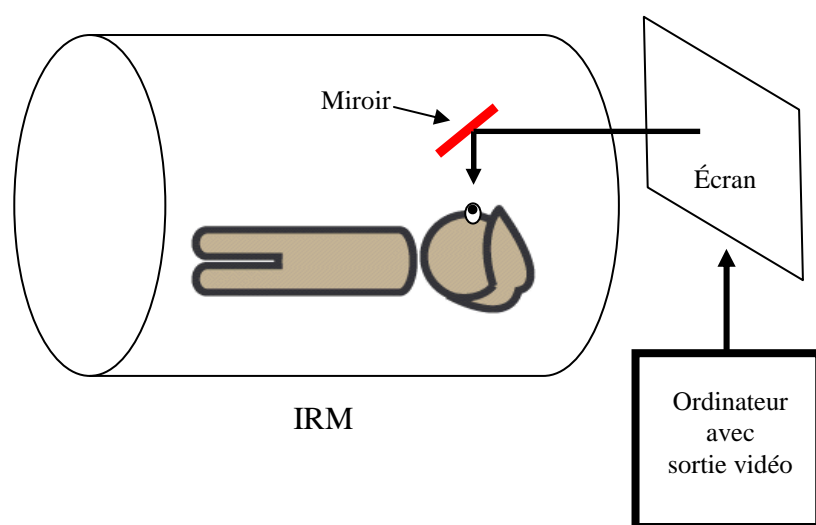
confinement lié à la mise en place de l'antenne IRM : on met l'antenne en place, en lui expliquant que le miroir va lui permettre de visionner le dessin animé. Il est alors de nouveau introduit dans la machine pendant quelques minutes.

mise en place du casque : on lui propose d'avoir aussi le son du DVD grâce à un casque. Il est alors de nouveau rentré dans la machine pendant quelques minutes. Lorsqu'il ressort, on lui explique qu'il y aura aussi un casque dans la « vraie machine », qui aura deux fonctions : d'une part, lui permettre de nous entendre et de nous parler, ou d'entendre le son du DVD comme à l'entraînement, et d'autre part de le protéger du bruit.

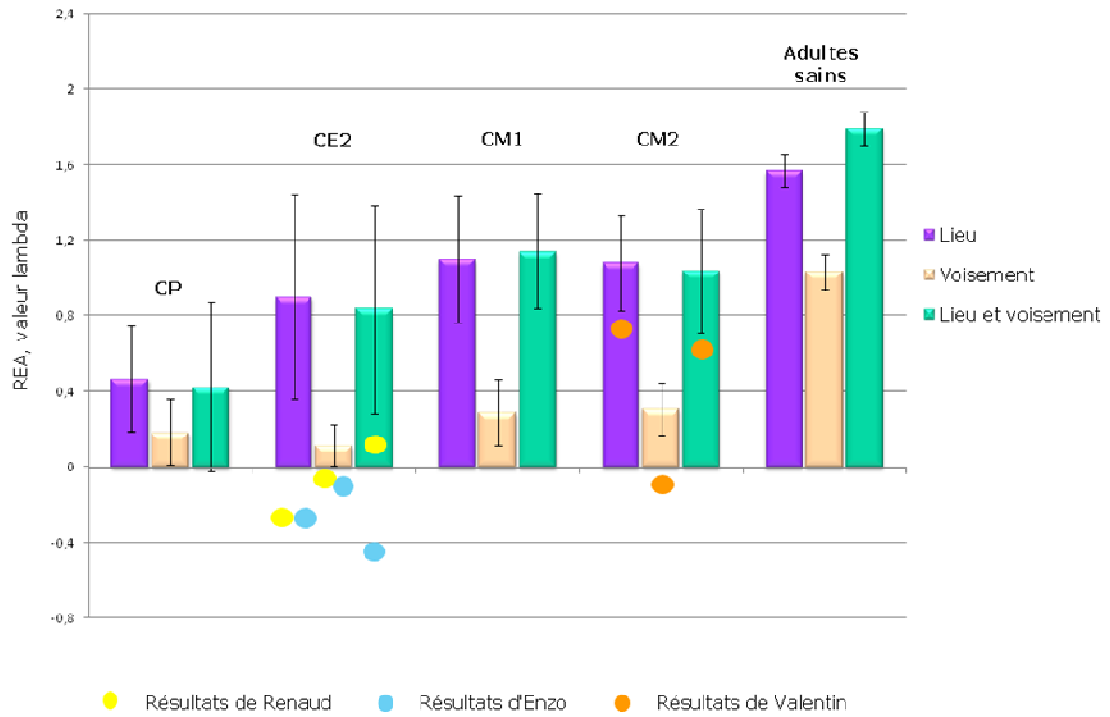
bruit de l'IRM : le patient est invité à s'asseoir sur le lit de l'IRM factice et on lui propose d'écouter les différents bruits que fait la « vraie machine ». En effet, à l'image du moteur pour une voiture, l'IRM émet en permanence des sons. Le patient et ses parents écoutent les différents sons auxquels il va être confronté pendant l'IRMf : séquence anatomique T1, séquence fonctionnelle EPI, puis séquence de diffusion DTI. On lui explique aussi que cette dernière séquence dont le bruit est un peu désagréable, ressemble un peu au décollage d'une navette spatiale (le lit peut un peu vibrer).

système de boutons réponse : on lui montre les boutons réponse qu'il aura à utiliser pendant la tâche. On les lui fait manipuler et essayer.

Annexe VI : Dispositif d'installation pour l'IRMf

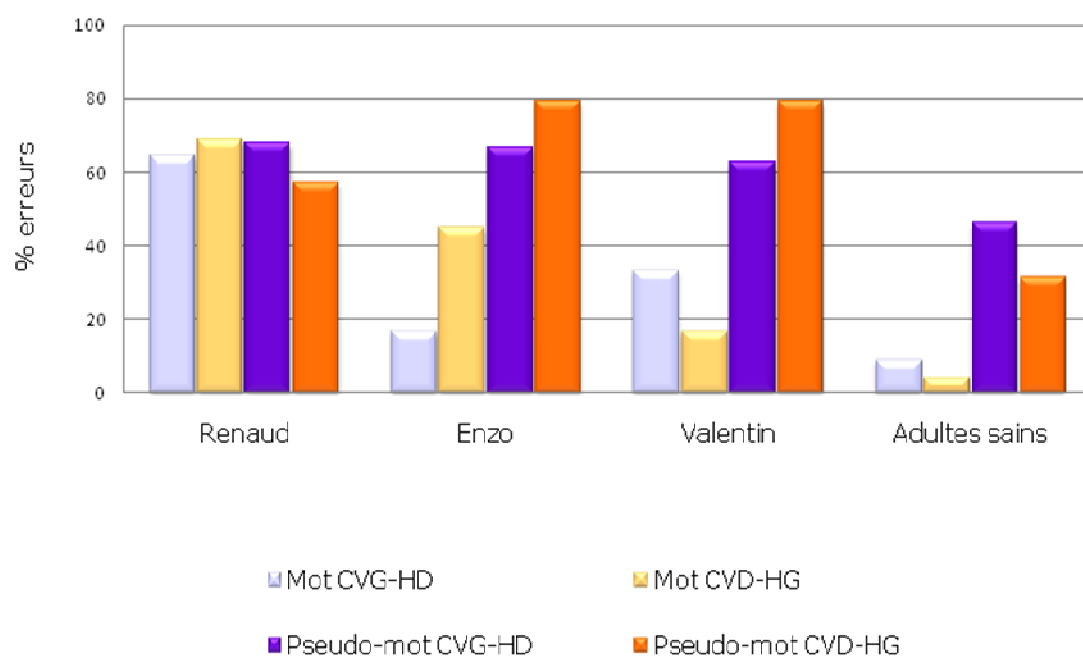


Annexe VII : *Dichotica*, présentation des résultats



Avantage de l'oreille droite (REA) et Intervalle de Confiance (p = .05)

Annexe VIII : *Diviword*, présentation des résultats



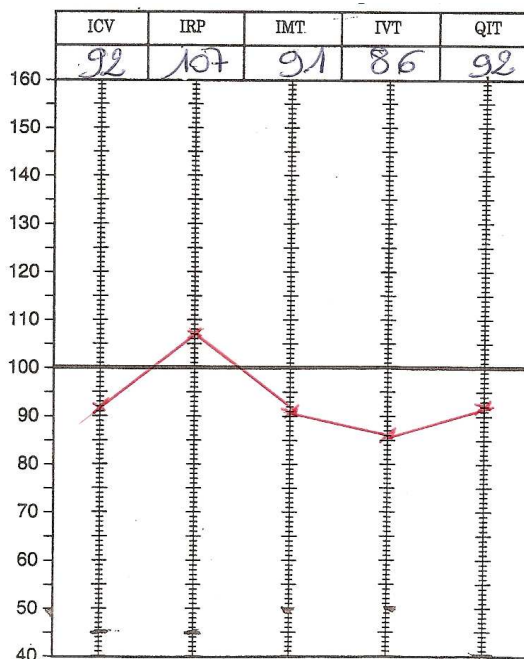
Pourcentage d'erreurs en lecture à voix haute

Annexe IX : Résultats de Renaud

1. Psychométrie (WISC IV)

Indice	Note standard	Note composite	Rang percentile	Intervalle de confiance
Compréhension verbale	26	92	30	84-102
Raisonnement perceptif	33	107	68	97-115
Mémoire de travail	17	91		
Vitesse de traitement	15	86	18	78-98
Totale	91	92		

Conversion des notes standard en notes composites



Profil des notes composites

2. Épreuves de langage oral

	Compréhension	Expression
Phonologie	<i>non testé</i>	<u>Articulation</u> : molle mais pas de réel trouble, autocorrections possibles <u>Parole</u> : 1. B : dénomination : 0,8 ET, répétition : 0,2 ET 1. C : dénomination : 0,3 ET, répétition : 0,1 ET
Lexique	Bon niveau (centile 87) Age de développement : 9 ans 11 mois	<u>Vocabulaire 1 (objets)</u> - direct = 60/72 : - 0,05 ET - ébauche = 62/72 : - 0,6 ET gain = 3,2% <u>Vocabulaire 2 (couleur, forme, corps)</u> - direct = 34/42 : - 1,03 ET - ébauche = 36/42 : - 1,5 ET gain = 5,8 % <u>Fluence verbale</u> : NS = 14
Syntaxe	0,7 ET	Cor Syn : NS = 4 Age de développement : 6 ans 9 mois

3. Épreuves d'attention et de mémoire

	Auditive	Visuelle
Attention	NS : 10	NS = 10
Mémoire	<u>Endroit</u> : 5 → CE2 : 0,74 ET <u>Envers</u> : 3 → CE2 : - 0,57 ET	<u>Rappel direct</u> : Score : -1,2 ET <u>Rappel différé</u> : Score : -0,7 ET

4. Épreuves visuo-spatiales

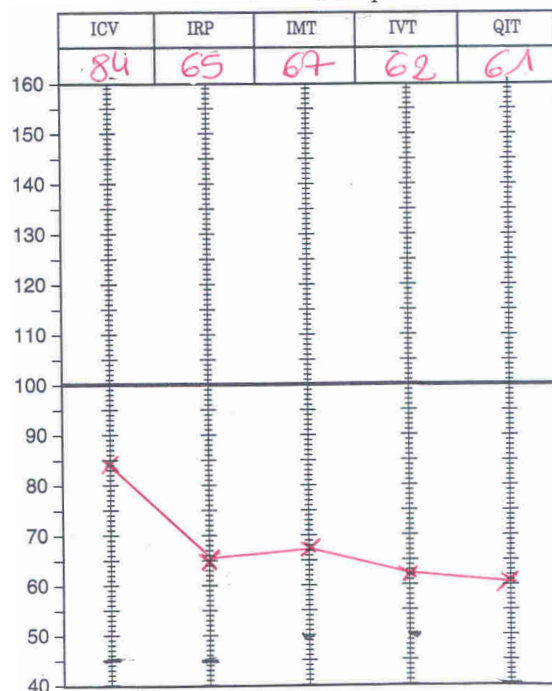
Nom du subtest	Score obtenu
Copie de figure	NS = 11
Flèches	NS = 13
Cubes	NS = 11
Orientation	Rang percentile 75 (supérieur au niveau attendu)

Annexe X : Résultats d'Enzo

1. Psychométrie

Indice	Note standard	Note composite	Rang percentile	Intervalle de confiance
Compréhension verbale	22	84	14	77-94
Raisonnement perceptif	13	65	1	60-78
Mémoire de travail	9	67	1	62-80
Vitesse de traitement	5	62	1	58-78
Totale	49	61	0,5	57-70

Conversion des notes standard en notes composites



Profil des notes composites

2. Épreuves de langage oral

	Compréhension	Expression
Phonologie	<i>non testé</i>	<u>Articulation</u> : 1.A : 37/44 → - 3.77 ET* <u>Parole</u> (en répétition uniquement) 1.B : 22/28 → - 11 ET 1.C : 47/50 → - 0.05 ET
Lexique	Niveau « moyen bas » Age de développement : 7 ans 7 mois	<u>Vocabulaire 1 (objets)</u> : - direct = 42/72 : -2.47 ET - ébauche = 56/72 : - 1.7 ET gain = 33 % <u>Vocabulaire 2 (couleurs, formes, corps)</u> - direct = 34/42 : - 1,03 ET - ébauche = 36/42 : - 1,53 ET gain = 5,8 % <u>Fluence verbale</u> : NS = 6
Syntaxe	-0,1 ET : moyenne	Cor Syn : NS =1, Age de développement : 5 ans 3 mois

* Étalonnage 6 ans

3. Épreuves d'attention et de mémoire

	Auditive	Visuelle
Attention	Partie A : NS = 5 (Partie B non proposée)	NS = 5
Mémoire	<u>Endroit</u> : 4 → CE2 : - 0.77 ET <u>Envers</u> : 2 → CE2 : - 1.65 ET	<u>Rappel direct</u> : Score = - 4,5 ET <u>Rappel différé</u> : Score = - 3,2 ET

4. Épreuves visuo-spatiales

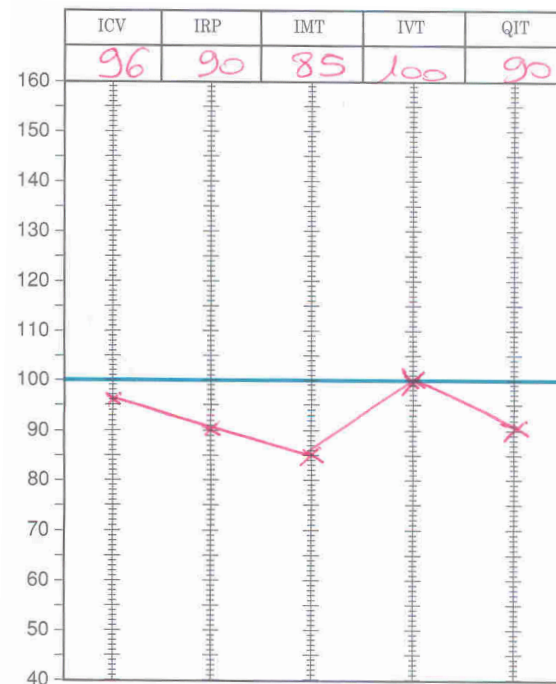
Nom du subtest	Score obtenu
Copie de figure	NS = 7
Flèches	NS = 5
Cubes	NS = 5
Orientation	rang percentile 3-10% (inférieur au niveau attendu)

Annexe XI : Résultats de Valentin

1. Psychométrie (WISC IV)

Échelle	Note standard	Note composite	Rang percentile	Intervalle de confiance
Compréhension verbale	28	96	39	88-105
Raisonnement perceptif	26	90	25	82-100
Mémoire de travail	15	85	16	78-96
Vitesse de traitement	20	100	50	90-110
Totale	89	90	25	84-97

Conversion des notes standard en notes composites



Profil des notes composites

2. Épreuves de langage oral

	Compréhension	Expression
Phonologie	<i>non testé</i>	<u>Articulation</u> : correcte, analyse qualitative Parole : 1. B : dénomination = 28/28 : 0,3 ET* répétition = 28/28 : 0,2 ET* 1. C : dénomination : 48/50 : - 1,6 ET*, répétition : 50/50 0,11 ET*
Lexique	Bon niveau (centile 87) Age de développement : 11 ans 4 mois	<u>Vocabulaire 1 (objets)</u> - direct = 54/72 : - 0,9 ET* - ébauche = 64/72 : - 0,2 ET* gain = 18% <u>Vocabulaire 2 (couleur, forme, corps)</u> - direct = 38/42 : 0,1 ET* - ébauche = 40/42 : 0,1 ET* gain = 5 % <u>Fluence verbale</u> : NS = 8
Syntaxe	0,2 ET	Cor Syn : NS = 8 Age de développement : 8 ans 3 mois

* Étalonnage 8 ans 5 mois pour un âge réel de 10 ans 3 mois

3. Épreuves d'attention et de mémoire

	Auditive	Visuelle
Attention	NS : 7	NS = 6
Mémoire	<u>Endroit</u> : 5 → CM2 : -0,29 ET <u>Envers</u> : 4 → CM2 : - 0,01 ET	<u>Rappel direct</u> : Score : -1,8 ET <u>Rappel différé</u> : Score : -0,9 ET

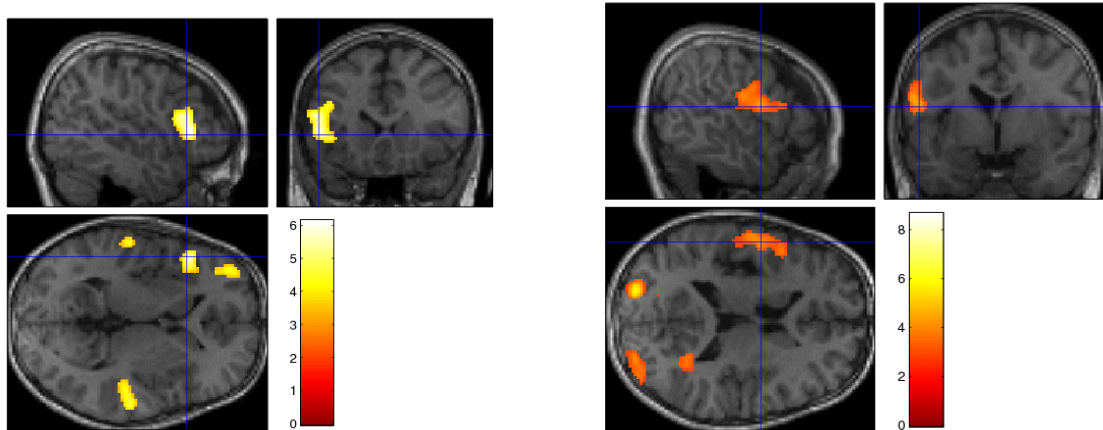
4. Épreuves visuo-spatiales

Nom du subtest	Score obtenu
Copie de figure	NS = 7
Flèches	NS = 12
Cubes	NS = 11
Orientation	Rang percentile 26-75 % (Niveau attendu)

Annexe XII : Images IRMf de chaque enfant

Les images ont ici une orientation neurologique, l'hémisphère gauche est donc représenté à gauche et l'hémisphère droit, à droite.

1. Renaud



IRMf de Renaud, tâche auditive

IRMf de Renaud, tâche visuelle

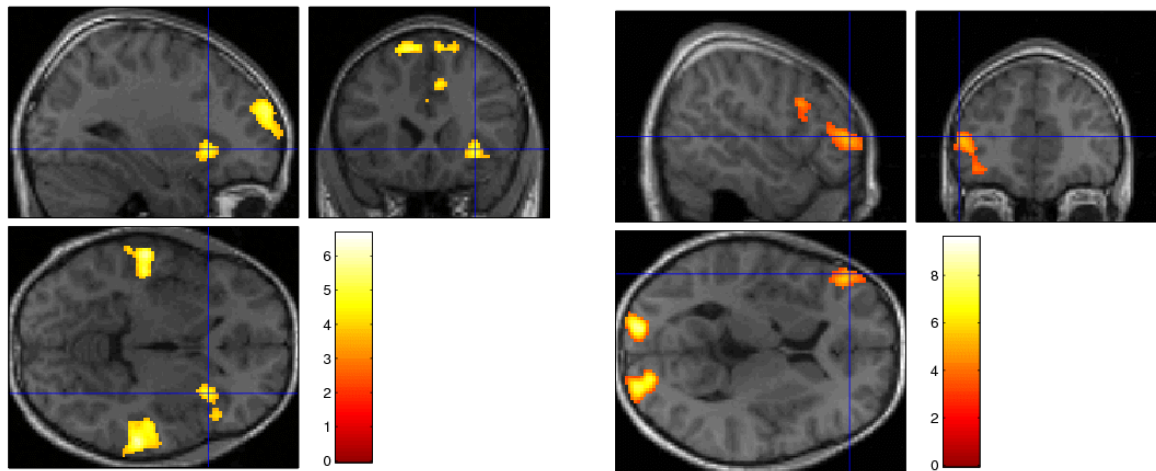
Cluster size in voxels	Brain region	Talairach coordinates (mm)			Z scores
		x	y	z	
677	left frontal inferior gyrus	-50	22	6	6.12
548	right anterior cingulate gyrus	10	36	22	5.90
95	right superior frontal gyrus	8	8	58	5.42
123	right middle frontal gyrus	26	54	24	5.36
190	left inferior frontal gyrus	-40	56	8	4.89
216	right superior temporal gyrus	60	-24	0	4.78
178	left superior temporal gyrus	-60	-28	-2	4.68

Données IRMf de Renaud en tâche auditive

Cluster size in voxels	Brain region	Talairach coordinates (mm)			Z scores
		x	y	z	
2625	lobe occipital gauche	-28	-86	16	8.64
4652	lobe occipital droit	34	-90	4	7.45
697	lobe pariétal gauche (gyrus postcentral)	-58	-16	22	4.45
	gyrus frontal inférieur gauche	-48	10	16	3.92
732	gyrus précentral gauche (frontal)	-26	-30	54	4.09

Données IRMf de Renaud en tâche visuelle

2. Enzo

IRMf d' Enzo, tâche auditiveIRM d'Enzo, tâche visuelle

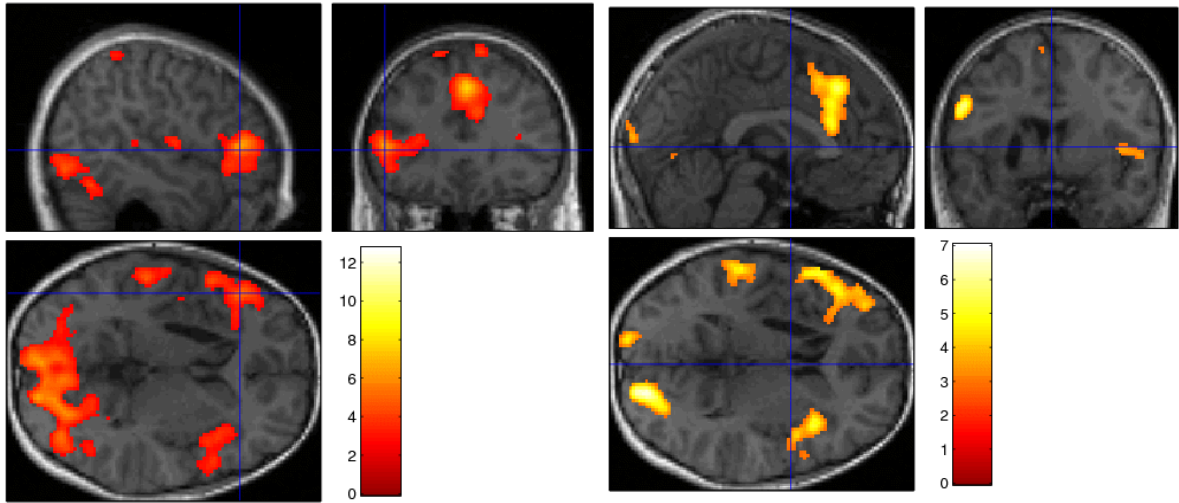
Cluster size in voxels	Brain region	Talairach coordinates (mm)			Z scores
		x	y	z	
796	frontal supérieur droit	6	14	64	6.65
605	temporal supérieur droit	58	-30	-2	6.64
737	frontal moyen droit	26	60	10	6.40
444	temporal supérieur gauche	-62	-24	-2	6.05
564	cingulaire antérieur droit	10	34	20	5.40
256	frontal moyen gauche	-26	54	24	5.35
240	frontal inférieur droit	44	24	-10	4.88

Données IRMf d'Enzo en tâche auditive

Cluster size in voxels	Brain region	Talairach coordinates (mm)			Z scores
		x	y	z	
1317	occipital gauche	-14	-98	0	9.57
1100	occipital droit	26	-96	14	9.52
1030	frontal inférieur gauche	-48	38	2	5.67
141	temporal moyen droit	44	-62	-18	4.56
258	frontal supérieur gauche	-12	8	60	4.04

Données IRMf d'Enzo en tâche visuelle

3. Valentin

IRMf de Valentin, tâche auditiveIRM de Valentin, tâche visuelle

Cluster size in voxels	Brain region	Talairach coordinates (mm)			Z scores
		x	y	z	
16105	occipital droit	14	-94	14	12.72
683	temporal supérieur gauche	-60	-20	0	8.04
2128	cingulaire droit	6	30	24	7.84
1546	frontale inférieur gauche	-48	30	2	6.89
1145	frontale inférieur droit	38	18	-8	5.47

Données IRMf de Valentin en tâche auditive

Cluster size in voxels	Brain region	Talairach coordinates (mm)			Z scores
		x	y	z	
1010	temporal supérieur gauche	-56	-48	24	7.01
1453	occipital droit	18	-90	2	6.75
2541	frontal inférieur gauche	-58	18	4	6.30
1862	gyrus cingulaire	2	28	38	5.98
551	temporal supérieur gauche	-64	-14	6	5.87
581	frontal inférieur droit	36	18	-12	5.18
1572	occipital gauche	-34	-78	-18	4.78

Données IRMf de Valentin en tâche visuelle

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des Tableaux

<u>Tableau 1</u> : Bases des dissymétries interhémisphériques.....	11
<u>Tableau 2</u> : Oppositions entre théorie « émergentiste » et phrénologie	19
<u>Tableau 3</u> : Résultats de Renaud à la WISC IV	46
<u>Tableau 4</u> : Résultats d'Enzo à la WISC IV	50
<u>Tableau 5</u> : Résultats de Valentin à la WISC IV	55

2. Liste des Figures

<u>Figure 1</u> : Localisation de la lésion : IRM anatomique, coupe frontale.....	30
<u>Figure 2</u> : <i>Dichotica</i> : Résultats de Renaud par rapport aux enfants de son âge.....	47
<u>Figure 3</u> : <i>Diviword</i> : Pourcentage d'erreurs en lecture à haute voix, résultats de Renaud.....	48
<u>Figure 4</u> : Images obtenues en IRMf pour Renaud, en modalité auditive et visuelle.....	49
<u>Figure 5</u> : <i>Dichotica</i> : Résultats d'Enzo par rapport aux enfants de son âge.....	52
<u>Figure 6</u> : <i>Diviword</i> : Pourcentage d'erreurs en lecture à haute voix, résultats d'Enzo.....	53
<u>Figure 7</u> : Images obtenues en IRMf pour Enzo, en modalité auditive et visuelle.....	54
<u>Figure 8</u> : <i>Dichotica</i> : Résultats de Valentin par rapport aux enfants de son âge.....	57
<u>Figure 9</u> : <i>Diviword</i> : Pourcentage d'erreurs en lecture à haute voix, résultats de Valentin.....	58
<u>Figure 10</u> : Images obtenues en IRMf pour Valentin, en modalité auditive et visuelle.....	58

TABLE DES MATIÈRES

ORGANIGRAMMES	2
1. Université Claude Bernard Lyon1	2
1.1. Secteur Santé :	2
1.2. Secteur Sciences :	2
1.3. Secteur Sciences et Technologies :	3
2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation	4
FORMATION ORTHOPHONIE	4
REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	6
INTRODUCTION	9
PARTIE THEORIQUE	10
I. Organisation fonctionnelle du cerveau humain.....	11
1. Chez l'adulte	11
1.1. Connaissances actuelles	11
1.2. Méthodes d'investigation	12
1.2.1. Test d'écoute dichotique (TED).....	12
1.2.2. Présentation en hémichamps visuels	13
1.2.3. Imagerie par résonance magnétique.....	13
a. Imagerie par résonance magnétique anatomique et de diffusion.....	13
b. Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf).....	14
2. Chez l'enfant : trois théories	15
2.1. Equipotentialité hémisphérique initiale.....	15
2.2. Spécialisation précoce	16
2.3. Conception émergentiste de l'organisation cérébrale.....	17
2.3.1. Principes de base.....	17
2.3.2. Les observations de Bates concernant le langage	19
II. Interruption du processus développemental normal et répercussions langagières.....	20
1. Accident Vasculaire Cérébral (AVC) chez l'enfant.....	20
1.1. Incidence et étiologies	20
1.2. Diagnostic et symptomatologie	20
1.3. Pronostic.....	20
2. Tableau clinique.....	21
2.1. Description classique.....	21
2.1.1. Sévérité des troubles expressifs	21
2.1.2. Troubles de la compréhension mineurs.....	21
2.2. Une nouvelle approche.....	22

TABLE DES MATIERES

3.	Récupération fonctionnelle du langage.....	22
3.1.	Différents mécanismes.....	22
3.1.1.	Plasticité.....	22
3.1.2.	Levée du diaschisis.....	23
3.1.3.	Multiplication des neurones.....	24
3.2.	Variables de récupération liées au patient.....	24
3.3.	Variables de récupération liées à la lésion.....	25
3.3.1.	Influence de la localisation et de l'étendue.....	25
3.3.2.	Influence de l'étiologie.....	25
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....		26
I.	Problématique.....	27
II.	Hypothèses.....	27
1.	Hypothèse générale.....	27
2.	Hypothèses opérationnelles.....	27
PARTIE EXPERIMENTALE.....		28
I.	Population.....	29
1.	Critères de sélection.....	29
1.1.	Pathologie.....	29
1.2.	Latéralité initiale.....	29
1.3.	Age des enfants au moment de la lésion.....	30
1.4.	Age des enfants au moment de l'étude.....	30
1.5.	Critères d'exclusion.....	30
2.	Recherche de la population.....	31
3.	Présentation.....	31
3.1.	Renaud.....	31
3.2.	Enzo.....	32
3.3.	Valentin.....	32
II.	Passation.....	33
1.	Lieux et période de passation.....	33
2.	Déroulement des rencontres.....	34
III.	Matériel.....	34
1.	Évaluation psychométrique.....	34
2.	Évaluation orthophonique du langage oral.....	35
2.1.	Versant réceptif.....	35
2.1.1.	Lexique.....	35
2.1.2.	Morpho-syntaxe.....	35
2.2.	Versant productif.....	36
2.2.1.	Phonologie.....	36

TABLE DES MATIERES

2.2.2. Lexique	37
2.2.3. Morpho-Syntaxe.....	37
2.3. Fonctions associées	38
2.3.1. Attention visuelle	38
2.3.2. Attention auditivo-verbale	38
2.3.3. Mémoire visuelle.....	38
2.3.4. Mémoire auditivo-verbale.....	38
3. Fonctions visuo-spatiales	39
4. Évaluation de la latéralité.....	39
5. Tests préalables aux tests comportementaux	39
6. Tests comportementaux	40
6.1. Test d'écoute dichotique (TED).....	40
6.2. Lecture tachitoscopique (LTT).....	41
7. Imagerie par résonance magnétique.....	42
7.1. IRM anatomique.....	42
7.2. IRM fonctionnelle	42
PRESENTATION DES RESULTATS.....	44
I. Étude du cas de Renaud	45
1. Résultats psychométriques	45
2. Évaluation orthophonique	45
2.1. Langage oral	45
2.1.1. Compréhension	45
2.1.2. Expression.....	45
2.2. Langage écrit.....	46
2.3. Fonctions associées	46
2.3.1. Attention	46
2.3.2. Mémoire.....	47
3. Capacités visuo-spatiales	47
4. Tests comportementaux	47
5. IRM.....	48
5.1. IRM anatomique.....	48
5.2. IRM fonctionnelle	49
II. Étude du cas d'Enzo.....	49
1. Résultats psychométriques	49
2. Évaluation orthophonique	50
2.1. Langage oral	50
2.1.1. Compréhension	50
2.1.2. Expression.....	50

TABLE DES MATIERES

2.2.	Langage écrit	51
2.3.	Fonctions associées	51
2.3.1.	Attention	51
2.3.2.	Mémoire	51
3.	Capacités visuo-spatiales	52
4.	Tests comportementaux	52
5.	IRM.....	53
5.1.	IRM anatomique.....	53
5.2.	IRM fonctionnelle	53
III.	Étude du cas de Valentin.....	54
1.	Résultats psychométriques	54
2.	Évaluation orthophonique	55
2.1.	Langage oral	55
2.1.1.	Compréhension	55
2.1.2.	Expression.....	55
2.2.	Langage écrit.....	56
2.3.	Fonctions associées	56
2.3.1.	Attention	56
2.3.2.	Mémoire.....	56
3.	Capacités visuo-spatiales	57
4.	Tests comportementaux	57
5.	IRM.....	58
5.1.	IRM anatomique.....	58
5.2.	IRM fonctionnelle	58
DISCUSSION DES RESULTATS.....		59
I.	Discussion des résultats	60
1.	Tableau clinique.....	60
1.1.	Observations langagières.....	60
1.1.1.	Des difficultés d'expression.....	60
1.1.2.	Une compréhension préservée	61
1.1.3.	Des difficultés de langage écrit.....	61
1.2.	Troubles associés.....	62
2.	Impact de la précocité de la lésion sur le tableau clinique	63
3.	Réorganisation intra et/ou interhémisphérique des aires du langage	65
3.1.	Le cas de Renaud.....	65
3.2.	Le cas d'Enzo	66
3.3.	Le cas de Valentin	66
4.	Transfert à l'hémisphère droit.....	68

TABLE DES MATIERES

5. Effet crowding.....	68
II. Limites	68
1. Liées à la population	68
2. Liées au protocole expérimental	69
III. Apports.....	70
1. Professionnels	70
2. Personnels	71
CONCLUSION.....	72
BIBLIOGRAPHIE.....	73
ANNEXES.....	78
Annexe I : Écoute dichotique, modèle de Kimura (1961)	79
Annexe II : Traitement de l'information visuelle	80
Annexe III : Symptômes les plus fréquents suite à un AVC dans l'enfance	81
Annexe IV : Coupes IRM anatomiques de chaque enfant	82
1. Renaud	82
2. Enzo	83
3. Valentin.....	84
Annexe V : Protocole d'habituation et d'entraînement dans l'IRM factice (ISC) pour les patients déficients intellectuels et les mineurs. Élaboré par le Dr Curie.....	85
Annexe VI : Dispositif d'installation pour l'IRMf	86
Annexe VII : <i>Dichotica</i> , présentation des résultats.....	87
Annexe VIII : <i>Diviword</i> , présentation des résultats.....	88
Annexe IX : Résultats de Renaud	89
1. Psychométrie (WISC IV)	89
2. Épreuves de langage oral	90
3. Épreuves d'attention et de mémoire.....	90
4. Épreuves visuo-spatiales	90
Annexe X : Résultats d'Enzo.....	91
1. Psychométrie.....	91

TABLE DES MATIERES

2. Épreuves de langage oral	92
3. Épreuves d'attention et de mémoire.....	92
4. Épreuves visuo-spatiales	92
Annexe XI : Résultats de Valentin.....	93
1. Psychométrie (WISC IV)	93
2. Épreuves de langage oral	94
3. Épreuves d'attention et de mémoire.....	94
4. Épreuves visuo-spatiales	94
Annexe XII : Images IRMf de chaque enfant.....	95
1. Renaud	95
2. Enzo	96
3. Valentin.....	97
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	98
1. Liste des Tableaux	98
2. Liste des Figures	98
TABLE DES MATIÈRES	99

Johanna Deron

Laure Drutel

IMPACT DE L'AGE DE SURVENUE D'UNE LESION CEREBRALE SUR LES MECANISMES DE RECUPERATION FONCTIONNELLE ET LE DEVELOPPEMENT DU LANGAGE ORAL : Étude de trois cas d'enfants ayant présenté un accident vasculaire cérébral hémisphérique gauche précoce.

105 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2009

RESUME

Les données de la littérature concernant la symptomatologie de l'enfant présentant une lésion acquise de l'hémisphère gauche tôt dans l'enfance laissent peu de place aux consensus. Le rôle de l'âge à la lésion notamment reste source de discussions. Nous nous sommes donc intéressées à cette question en étudiant trois cas d'enfants qui avaient subi des AVC ischémiques comparables en termes de localisation entre 0 et 4 ans, et qui sont actuellement âgés de 8 à 10 ans. Le premier objectif de cette recherche étant d'observer la récupération fonctionnelle langagière qui s'est opérée, nous avons proposé une évaluation complète du langage oral à ces enfants. Le second axe de cette recherche a porté sur la compréhension des mécanismes de réorganisation cérébrale sous-jacents à cette récupération fonctionnelle. Des tests comportementaux ainsi qu'une IRMf nous ont permis d'observer l'organisation actuelle des aires corticales du langage chez chaque enfant. Il apparaît que même six ans après la lésion, des déficits langagiers subtils persistent chez ces enfants. Ces séquelles langagières s'expriment principalement sur le versant expressif en lexique et en syntaxe, tandis que le versant réceptif est globalement préservé. En outre, on observe que la réorganisation des supports neuro anatomiques du langage s'est effectuée différemment chez chaque enfant. Cependant l'âge à lésion ne semble pas être le seul facteur responsable de cette variabilité inter-individuelle. La réorganisation corticale semble donc faire intervenir un ensemble complexe de différents mécanismes, où la localisation précise de la lésion est à prendre en compte. Par ailleurs, en dépit du caractère focal des lésions de nos patients, les retentissements de l'AVC sont multiples. L'attention, la mémoire et l'efficacité intellectuelle semblent notamment affectées. Il ressort finalement de cette étude qu'une prise en charge globale et adaptée doit être systématiquement proposée à ces enfants afin qu'ils puissent poursuivre leur développement du mieux possible.

MOTS-CLES

Neurologie - Enfant – Accident Vasculaire Cérébral - Plasticité cérébrale - Récupération fonctionnelle – Troubles langage oral

MEMBRES DU JURY

Sibylle Gonzalez – Sophie Kern – Agnès Witko

MAITRES DE MEMOIRE

Christophe Rousselle

Aurore Curie

DATE DE SOUTENANCE

2 juillet 2009
