



Faculté des Lettres
EA 1339 Linguistique, Langues et Parole - LILPA
ER Parole et Cognition & Institut de Phonétique de Strasbourg (IPS)

THESE
présentée pour l'obtention du Doctorat de
Sciences du Langage
par

Soucila ANDRY

Spécialité : Phonétique Générale et Expérimentale, Phonétique Clinique

**L'EMERGENCE DE LA PAROLE CHEZ DES ENFANTS
PARALYSES CEREBRAUX ET PATHOLOGIES
ASSOCIEES**

Jury :

Madame la Professeure Isabelle Desguerre (Rapporteur), Hôpital Necker-
Enfants Malades -Paris

Madame Chafika Azdaou, MCF-HDR (Rapporteur), Université d'Alger 2 et
Ecole d'orthophonie d'Alger

Madame le Professeur Béatrice Vaxelaire (Examinateuse)
IPS & UR 1339 LILPA, ER Parole et Cognition, Université de
Strasbourg

Monsieur Fabrice Hirsch (Examinateur) MCF, Université Paul Valéry-
Montpellier

Monsieur le Professeur Rudolph Sock (Directeur de thèse)
IPS & UR 1339 LILPA, ER Parole et Cognition, Université de
Strasbourg

13 Décembre 2017

A mon Grand-Père, C. LORY,

Directeur d'Ecole qui m'a transmis et partagé « sa soif » de connaissance,

A mes Parents qui m'ont toujours soutenue dans mes projets,

Et tout particulièrement à mon Père,

A ma marraine, V. WEYNEN-VON LEUTHOLD

Qui a eu un regard bienveillant sur mon chemin de vie jusqu'à sa fin,

A mes Parents dont le destin nous a séparés mais qui sans eux, je n'aurais jamais pu exister,

A mes Enfants,

A la Providence....

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie Le Professeur Béatrice Vaxelaire, Directrice de l'Institut de Phonétique de Strasbourg pour sa gentillesse et son encouragement durant ces années, ainsi que le Professeur Rudolph Sock, Professeur de phonétique générale et expérimentale, Directeur de E.A. 1330, Directeur de Thèse pour sa patience, son écoute et ses conseils judicieux.

Egalement, tous mes remerciements s'adressent au Professeur Isabelle Desguerre, MD, PhD, Chef de service de Neuropédiatrie, Responsable du CR Neuromusculaire Necker (GNMH) de l'Hôpital Necker – Enfants Malades de Paris d'avoir accepté de participer au jury ainsi qu'à Madame Chafika Azdaou, Maître de Conférences, Orthophoniste à l'Université d' Alger II , à Monsieur Fabrice Hirch, Maître de Conférences à l'Université Paul Valéry de Montpellier et au Professeur Claude Buridant de sa participation au Comité de Suivi de Thèse. De même, toute ma gratitude revient à ma cousine Alix Deprez-Tumba et à son époux, Stanislas Deprez, Maître de Conférences, Directeur de l'Institut de Philosophie et de Sciences des Religions de l'Université Catholique de Lille de leur relecture. Aussi, je remercie profondément le Docteur Marc Benoît, Examinateur invité, Pédiatre, Président du groupe d'étude pour la prévention des handicaps de l'enfant qui a contribué par un don financier dans l'achat du matériel audiovisuel (2012).

Ensuite, je remercie Madame Isabelle Arend, Directrice du C.A.M.S.P.S.-APF situé à Illzach, ainsi que le Docteur Annick Roth, Directrice technique du C.A.M.P.S.-APF et le Docteur Apter exerçant au C.A.M.S.P.S.-APF qui m'ont permis de travailler avec leur équipe en m'adressant tout particulièrement des patients au cabinet. Aussi, je remercie de tout mon cœur, les parents et les cinq enfants qui ont accepté de participer aux séances avec une très grande régularité, sans qui, ma thèse n'aurait pas existé.

Finalement, je remercie les membres de l'Institut Phonétique de Strasbourg, en particulier les doctorants Hasna Zaouali, Xuelu Zhang, Tomoki Koya, Saïd Bouzidi et Fayssal Bouarourou, Docteur en phonétique de leur disponibilité et le temps qu'ils ont consacrés à m'expliquer les outils phonétiques. Un grand merci à Seto, Fatima, Naïma ... de leurs conseils et leur convivialité, aux étudiantes du Centre de Formation Universitaire en Orthophonie de Strasbourg dont Geneviève Méloni (2014), Jeanne Duverger (2017) de leur aide très précieuse dans les analyses acoustiques, à toutes les personnes notamment à mes collègues du cabinet d'orthophonie, qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail ainsi qu'à Stéphane Hirt, Valérie Turri, de la mise en page. Aussi à Antoine Ledermann de ses compétences d'infographiste, à ma collègue et amie, Christine Arcay de ses encouragements, au Docteur Martine Lab et à son époux, Emmanuel de leur relecture finale.

A Tous, Mille Mercis !

TABLE DES MATIERES

Remerciements	2
Table des matières	3
I INTRODUCTION	8
ORGANISATION DE LA THESE	10
II Partie Théorique	11
II.1 Infirmité motrice Cérébrale.....	12
II.1.1 Introduction.....	12
II.1.2 Les courants théoriques	12
II.1.3 Une définition de paralysie cérébrale (« Cerebral Palsy »)	15
II.1.4 Les différentes classifications de la paralysie cérébrale.....	17
II.1.4.1 Formes cliniques en fonction du type de l'atteinte neurologique prédominante	17
II.1.4.2 Formes cliniques en fonction de l'atteinte topographique prédominante	18
II.1.4.3 Formes cliniques en fonction de la sévérité de la déficience motrice.....	19
II.1.4.4 Formes cliniques en fonction de la sévérité des déficiences associées.....	20
II.1.4.4.1 Les troubles moteurs de l'enfant paralysé cérébral	22
II.1.4.4.2 Les troubles neuro-orthopédiques.....	22
II.1.4.4.3 Les troubles neuropsychologiques.....	22
II.1.4.4.4 Les troubles neurovisuels.....	23
II.1.4.4.5 Les troubles gnoso-praxiques.....	29
II.1.4.4.6 Les troubles mnésiques et attentionnels	33
II.1.4.4.7 Les troubles langagiers	33
II.1.4.4.8 Le syndrome frontal	34
II.1.4.4.9 Les troubles associés	34
Conclusions partielles	35
II.2 Hypothèses.....	35
II.3 Emergence de la parole : Développement de l'enfant (Entendant) de 0 à 2 ans	36
II.3.1 Emergence de la parole de 0 à 2 ans	36
II.3.1.1 Modèles et théories en production-perception de la parole : considérations émergentielles	36
II.3.1.1.1 Les théories motrices de la production de la parole.....	37
II.3.1.1.2 Les théories motrices de la perception de la parole	39
II.3.1.1.3 Emergence du système phonologique et du contrôle articulatoire	44
Conclusions partielles.....	51

II.3.1.1.3.2 Relation entre l'émergence de la parole et l'alimentation-déglutition.....	55
II.3.2 Apport neurologique : relation parole et déglutition.....	56
Conclusions partielles.....	60
II.4 L'oralité alimentaire	60
II.4.1 Introduction	60
II.4.2 Emergence et évolution de la déglutition	61
II.4.2.1 La déglutition fœtale (12 à 40 semaines)	61
II.4.2.1.1 L'embryogenèse	61
II.4.2.1.2 Les premiers réflexes oraux et le réflexe de Hooker	64
II.4.2.1.3 Les premières succions-déglutitions	64
II.4.2.1.4 Description de la succion-déglutition nutritive.....	65
II.4.2.2 Période transitoire vers la déglutition adulte	65
II.4.2.2.1 Transition et diversification alimentaire	66
II.4.2.2.2 Comparaison entre l'anatomie oro-faciale du nourrisson et du jeune enfant	67
Conclusions partielles.....	68
II.4.2.3 La déglutition adulte	69
II.4.2.3.1 Physiologie de la déglutition	69
II.4.3 Maturation neurologique et corticalisation de la fonction de déglutition.....	72
II.4.3.2 Contrôle sous-cortical de la succion-déglutition	73
Conclusions partielles.....	74
II.4.4 Relation entre oralité alimentaire et oralité verbale.....	75
Conclusions partielles.....	82
II.4.5 Les autres articulateurs de la sphère oro-faciale	84
II.4.5.2 La mandibule.....	84
II.4.5.3 La langue	86
II.4.5.4 Les lèvres.....	89
II.4.5.5 Le vélum ou voile du palais.....	90
Conclusions partielles.....	91
II.5 Conclusions finales	92
III Partie Expérimentale.....	100
III.1 Méthodologie	101
III.1.1 Le protocole expérimental de l'étude acoustique.....	102
III.1.1.1 Présentation des sujets : enfants-patients	102
III.2 Corpus.....	103

III.2.1 « Population » des filles.....	103
III.2.2 « Population » des garçons.....	103
III.3 Anamnèse.....	104
III.3.1 « Population » des filles.....	104
III.3.2 « Population » des garçons.....	107
III.4 Présentation des résultats expérimentaux	110
III.4.1 Rééducation orthophonique : le travail de la déglutition et de la mastication.....	110
III.4.2 Conditions d'enregistrement et acquisition des données.....	117
III.4.3 Analyses acoustiques des consonnes et des voyelles	118
III.4.3.1 Mesures prélevées.....	119
III.5 Présentation des résultats expérimentaux	121
III.5.1 Exploitation et étude des consonnes	121
III.5.2 Les consonnes : la durée des consonnes	122
III.5.2.1 Analyse intralocuteurs	123
III.5.2.1.1Calcul de la durée des consonnes	124
III.5.2.1.2Calcul de la durée des consonnes en pourcentage.....	124
III.5.2.1.3Analyse des données des 5 enfants	124
III.5.2.1.3.1 Analyse des données d'Ajar	124
III.5.2.1.3.2 Analyse des données d'Ebrar	131
III.5.2.1.3.3 Analyse des données d'Atiens.....	136
III.5.2.1.3.4 Analyse des données de Noah	138
III.5.2.1.3.5 Analyse des données de Ryan	143
III.5.2.2 Analyse interlocuteurs des productions consonantiques : une synthèse des résultats	147
III.5.3 Les consonnes : le nombre de consonnes voisées et non voisées	151
III.6 Exploitation et mesure de la durée du VOT	152
III.6.1 Interprétations des mesures du VOT.....	152
III.6.2 Echelle de la déglutition et de la durée de la consonne.....	154
III.6.2.1 Echelle de la déglutition.....	154
III.6.2.2 Echelle de la durée des consonnes	155
III.6.2.2.1Consonnes voisées	155
III.6.2.2.2Consonnes non voisées	157
III.6.2.2.3Corrélation entre échelle de durée et échelle de déglutition (Tableau 17).....	164
III.6.2.3 Interprétation synthétique de la présence des consonnes en relation avec la rééducation.....	167

III.7 Les voyelles.....	168
III.7.1 Liminaires.....	168
III.7.2 Les paramètres de la voix	169
III.7.3 La voix et les valeurs formantiques de l'enfant (entendant).....	170
III.7.4 Interprétation des résultats formantiques (Hz).....	172
III.7.4.1 Analyse intralocuteurs (voir Tableau 20, <i>infra</i>) :	172
III.7.4.1.1 Espace vocalique	176
III.7.4.1.1.1 Ajar et son espace vocalique	176
III.7.4.1.1.2 Ebrar et son espace vocalique.....	177
Remarque : Ebrar ne produit pas de sons [u] pendant l'enregistrement.	177
III.7.4.1.1.3 Atiens et son espace vocalique	177
Remarque : Atiens ne produit pas de sons [u] pendant l'enregistrement.....	177
III.7.4.1.1.4 Noah et son espace vocalique.....	177
III.7.4.1.1.5 Ryan et son espace vocalique	178
III.7.4.2 Analyses interlocuteurs.....	179
III.8 synthèse : à propos des consonnes et des voyelles	180
III.8.1 synthèse de l'étude des consonnes et des voyelles	180
III.9 Discussion générale.....	183
III.9.1 Rappel des différentes théories de la perception et de la production de la parole.....	183
III.9.2 Les théories motrices de la perception-production de la parole	184
III.9.3 A propos de notre hypothèse principale de départ : en guise de conclusion...	187
IV Bibliographie	189
V Index des figures	206
VI Index des tableaux	211
VII Annexes.....	214
VII.1 Annexe : Autorisations des parents	215
VII.2 Annexe : Liste des enfants.....	219
VII.3 Annexe : tableau complet plus échelle de déglutition.....	221
VII.3.1 Ajar	221
VII.3.2 Ebrar.....	224
VII.3.3 Atiens	225
VII.3.4 Noah.....	226
VII.3.5 Ryan	228
VII.4 Annexe : Graphique des durées de consonnes et des pourcentages	230

VII.4.1	Ajar :	230
VII.4.2	Ebrar	237
VII.4.3	Atiens	240
VII.4.4	Noah	241
VII.4.5	Ryan	244
Glossaire		250
Résumé		253
RESUME		259
ABSTRACT		259

I INTRODUCTION

Dans cette étude, nous proposons de contribuer aux recherches sur la phonétique clinique, notamment sur celles relatives à l'étude de la production de la parole, chez des enfants Infirmes Moteurs Cérébraux (IMC). Le choix de ce sujet est le fruit d'une expérience professionnelle auprès de ces jeunes enfants, motivé particulièrement pour la compréhension de la production de la parole saine et de la parole pathologique, en lien avec les troubles de la mastication-déglutition. En effet, à travers cette pathologie, nous traitons à la fois du domaine de la phonétique clinique dans les recherches en production et en perception de la parole, et celles qui portent sur l'acquisition de la parole. Ce handicap est dû à une atteinte motrice, liée à une atteinte cérébrale non évolutive, quelles que soient les capacités intellectuelles des enfants-patients, et l'étiologie de l'atteinte cérébrale.

Avant tout, nous proposons de donner quelques éléments liminaires sous forme d'une description sommaire de cette pathologie.

L'Infirmité Motrice Cérébrale regroupe des troubles moteurs prédominants et non évolutifs, dus à une lésion cérébrale, conséquence d'une lésion pré-, péri- ou post-natale précoce, pouvant s'accompagner d'atteintes partielles de fonctions supérieures, à l'exception d'une déficience intellectuelle. En l'absence de déficiences intellectuelles, cela permettrait à ces enfants de suivre une scolarité dite « ordinaire » (Tardieu, 1984). On parle d'Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale (IMOC), lorsqu'il y a un déficit intellectuel pour faire la distinction avec l'Infirmité Motrice Cérébrale (IMC). Aussi, la nature et l'étendue des troubles aident à mieux comprendre leurs conséquences fonctionnelles pour l'alimentation, la déglutition et, plus tard, pour le contrôle salivaire et l'articulation de sons de la parole. Mais, au-delà de la naissance, l'identification des lésions cérébrales périnatales se fait par la constatation d'anomalies neuro-motrices précoces. Aussi, le dépistage des troubles précoce du développement moteur a été approfondi, en montrant l'existence des aptitudes motrices innées qui sont définitivement programmées, observables dès les premiers mois de vie, et tout au long de l'évolution motrice de l'être humain. Cette étude clinique de ces aptitudes a élargi les conceptions de l'organisation motrice sur lesquelles on peut s'appuyer pour l'évaluation des troubles, dus aux atteintes cérébrales, ainsi que pour entreprendre et orienter l'éducation thérapeutique de l'enfant.

Actuellement, nous n'avons pas relevé de nombreux travaux sur l'émergence de la parole, chez les enfants paralysés cérébraux. Nous n'avons pas non plus trouvé de travaux de recherche traitant de l'émergence de la parole, chez ces enfants, en relation avec le binôme

mastication-déglutition. L'objectif principal de ce travail est donc de tâcher de mettre au jour un éventuel lien entre le binôme mastication-déglutition et l'émergence de la parole.

Nous nous permettons de souligner que les résultats de ce travail, qui allie recherche fondamentale et pratique de rééducation orthophonique, reposent sur des données difficiles à obtenir, auprès d'enfants-patients, dont la pathologie est lourde. Même si ce travail longitudinal s'étend sur 25 mois pour l'ensemble des sujets (avec plus de 450 heures d'enregistrements), l'octroi de productions verbales exploitables, auprès de ces enfants-patients, a souvent été imprévisible et aléatoire.

ORGANISATION DE LA THESE

Notre étude est organisée en deux grandes parties :

La première partie comprend cinq sections qui traitent respectivement de la définition de l'enfant IMC (*section 1*), ainsi que de l'état de la question (*section 2*) et du développement de l'émergence de la parole chez l'enfant de 0 à 2 ans (*section 3*). Ensuite, vient la *section 4* qui développe l'oralité alimentaire, et finalement la *section 5* qui expose les conclusions de cette partie.

La deuxième partie est consacrée au protocole expérimental, avec la présentation de la méthodologie (*section 1*), des corpus (*section 2*), de l'anamnèse (*section 3*) et du protocole expérimental (*section 4*). Ensuite, vient la présentation des résultats expérimentaux, avec la présentation des résultats pour les consonnes (*section 5*). La *section 6* est consacrée au VOT, et la *section 7* aux voyelles.

La section 8 est une synthèse de l'étude des consonnes et des voyelles, et *la section 9* présente la discussion générale et les limites de notre étude.

Afin de faciliter la lecture, nous proposons tout au long de la thèse des conclusions partielles.

II PARTIE THEORIQUE

II.1 INFIRmité MOTRICE CEREBRALE

II.1.1 INTRODUCTION

C'est à la fin du XIX^{ème} siècle qu'un médecin anglais, William John Little (1810-1894) décrivit pour la première fois les troubles moteurs d'enfants nés prématurés ; il observe que ces enfants présentent une spasticité des jambes et parfois des bras qui ne s'aggrave pas avec les années, contrairement aux enfants myopathes. Ce médecin est le premier à faire le lien entre la prématurité et les troubles moteurs. Il faudra attendre près d'un siècle pour que Guy Tardieu (1954) s'intéresse à la rééducation de ces jeunes (Meloni, 2014).

Grâce à l'évolution des techniques scientifiques, différents chercheurs-praticiens ont développé des approches thérapeutiques dans le cadre de courants théoriques, afin d'optimiser une meilleure prise en charge globale des jeunes patients diagnostiqués, depuis leur naissance jusqu'à leur âge adulte, dont voici les différents courants et approches thérapeutiques.

II.1.2 LES COURANTS THEORIQUES

Premièrement, le courant francophone dominé par Tardieu (1954) instaure un cadre théorique à la prise en charge de cette pathologie. Pour lui, l'Infirmité Motrice Cérébrale regroupe des troubles moteurs prédominants et non évolutifs, dus à une lésion cérébrale, conséquence d'une lésion pré, péri ou postnatale précoce pouvant s'accompagner d'atteintes partielles des fonctions supérieures à l'exception d'une déficience intellectuelle. Cela permettrait à ces enfants de suivre une scolarité dite « ordinaire » (Tardieu, 1984). Si à l'époque de Tardieu, les incompatibilités fœto-maternelles étaient l'étiologie la plus fréquente, actuellement, les complications d'une naissance prématurée sont le plus souvent responsables d'une infirmité motrice cérébrale, sachant que les lésions cérébrales ne sont pas toutes identiques selon l'étiologie et selon le degré de l'atteinte de la fonction intellectuelle. Donc, on parle d'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC) lorsqu'il y a un déficit intellectuel pour faire la distinction avec l'infirmité motrice cérébrale (IMC). Dans cette "école" de Tardieu, nous pouvons citer d'autres auteurs tels que : Le Metayer (1993, cité par Bérard, 2010) qui a mis en place une évaluation clinique factorielle permettant de distinguer les anomalies motrices transitoires des anomalies pathologiques.

Dans les cas pathologiques, les données du bilan cérébromoteur contribuent à l'établissement du diagnostic médical et à l'élaboration d'une stratégie éducative et thérapeutique à moyen et long terme ainsi que la mise en œuvre d'un traitement orthopédique précoce. Aussi, la nature et l'étendue des troubles aident à mieux comprendre leurs conséquences fonctionnelles pour l'alimentation, la déglutition et plus tard pour le contrôle salivaire ainsi que l'articulation dans le langage parlé. Egalement, l'identification d'anomalies motrices bucco-lingualement repose sur l'évaluation comparée des aptitudes motrices innées. Tout cela déterminera les modalités d'une éducation thérapeutique précoce (Le Métayer, 1993, cité par Bérard, 2010). Un autre chercheur, Lespargot (1984) par ses travaux a approfondi l'étude de l'incontinence salivaire ou le bavage chez ces enfants. Pour lui, la salive s'accumule peu à peu derrière la lèvre inférieure et sous la langue pour couler hors de la cavité buccale avec un manque de sensibilité buccale induisant que l'enfant ne se rend pas compte qu'il accumule de la salive dans sa bouche. De même, Truscelli, V. Leroy-Malherbe, Le Metayer (2006), se sont penchés sur le diagnostic précoce, car le bébé IMC est globalement incapable de s'adapter aux changements de positions parce qu'il est « trop raide et trop mou » à la fois.

Au fil du temps, les troubles associés somatiques et cognitifs seront recherchés progressivement permettant la prise en charge thérapeutique vis-à-vis de l'enfant, mais également vis-à-vis des parents, ce que l'on appellera l'accompagnement psychologique et social. Finalement, la pensée « cognitive » apparaît avec Mazeau (2005), qui décrit des troubles neuropsychologiques moteurs et/ou cognitifs chez les enfants IMC.

Deuxièmement, le courant allemand avec Krägeloh-Mann (2002) axe ses recherches sur l'imagerie cérébrale et les progrès venant de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) montrant que le cerveau subit des changements organisationnels complexes à la période du développement précoce. Certaines études mettent en évidence la valeur diagnostique de l'IRM pour les lésions de la substance blanche (transmissions des informations) par rapport à l'échographie transfontanellaire (ETF : une sonde de fréquence intermédiaire de 5-10 mHz effectue un balayage antéro postérieur et sagittal de droite à gauche de l'ensemble de l'encéphale). Grâce à Krägeloh-Mann *et al.*, (2007) l'échographie transfontanellaire permet l'exploration morphologique et vasculaire du contenu intra crânien tant que la fontanelle antérieure est perméable chez le nourrisson.

Ce dépistage est fiable pour les dépistages des hémorragies mais plus difficile à interpréter pour le diagnostic précoce des lésions de la substance blanche notamment pour les prématurés, les enfants issus de grossesse gémellaire ou nés avec un retard de croissance intra-utérin. Dans ces cas, on recherchera des hémorragies intracrâniennes et des leucomalacies périventriculaires (lésions plus ou moins diffuses de la substance blanche au niveau de l'anneau périventriculaire cérébral). Mais au-delà de la naissance, l'identification des lésions cérébrales périnatales se fait par la constatation d'anomalies neuromotrices précoces. Aussi, les travaux de Grenier (2000) et de Le Metayer (1993), sur le dépistage des troubles précoces du développement moteur ont été approfondis, ce qui a montré l'existence des aptitudes motrices innées qui sont définitivement programmées, observables dès les premiers mois de vie et tout au long de l'évolution motrice de l'homme. Cette étude clinique de ces aptitudes a élargi les conceptions de l'organisation motrice sur lesquelles on peut s'appuyer pour l'évaluation des troubles dus aux atteintes cérébrales, ainsi que pour entreprendre et orienter l'éducation thérapeutique de l'enfant. Mais, retenons que les deux plus importants facteurs de risque de la paralysie cérébrale sont le fait d'être né très prématurément (avant 32 semaines d'aménorrhée) et/ou d'avoir un très petit poids de naissance (sous 1500 grammes), Cottalorda *et al.*, (1997). En effet, selon les données de l'INSERM (2004), la prévalence de l'IMC est de 1 pour 1000 naissances ; pour les enfants nés entre 32 et 36 semaines d'aménorrhée (et/ou de poids de naissance entre 1500 et 2500 grammes), la prévalence de l'IMC est de l'ordre de 1% ; et pour les enfants nés à moins de 32 semaines d'aménorrhée (et/ou de poids de naissance < 1500 grammes) la prévalence de l'IMC est de l'ordre de 6% soit 60 fois supérieure aux taux de prévalence chez les enfants nés à terme. D'une façon plus générale, « *le taux de prévalence des déficiences motrices semble stable entre autre pour la paralysie cérébrale* » explique Cans (2008). Malgré toutes ces nouvelles données, ces distinctions n'apportent pas un « éclairage » parfait car si par exemple un enfant est atteint d'une encéphalopathie évolutive, est-il IMC ou IMOC ?

Ainsi donc, le terme anglo-saxon de « Cerebral Palsy » développé par Rosenbaum *et al.*, (2007) a été adopté par le milieu scientifique, mais la notion de plasticité cérébrale est apparue en 1906, proposée par Ernesto Lugaro, un psychiatre italien (Berlucci, 2002) dans le domaine de la neuroscience. Quelle est donc la définition de « Cerebral Palsy » ?

II.1.3 UNE DEFINITION DE PARALYSIE CEREBRALE (« CEREBRAL PALSY »)

La paralysie cérébrale (PC) correspondant à la « Cerebral Palsy » (CP) des anglo-saxons est définie comme un ensemble de troubles du mouvement et/ou de la posture et de la fonction motrice ; ces troubles étant permanents mais susceptibles d'avoir une expression clinique changeante dans le temps sont dus à un désordre, une lésion ou une anomalie non progressive d'un cerveau en développement ou immature [SCPE 2000]. Cette définition est proche de celles données par Ingram (1955), par Bax (1964) et Rosenbaum (2007).

Les termes utilisés pour décrire cette affection dans d'autres pays d'Europe sont : « *paralisi cerebrali infantili* » en Italie, « *parálisis cerebral* » en Espagne, « *paralisia cerebral* » au Portugal, « *zerebralparese* » en Allemagne. Donc le terme PC s'applique à TOUS les enfants et adultes ayant une atteinte motrice en lien avec une atteinte cérébrale non évolutive, quelles que soient leurs capacités intellectuelles et l'étiologie de l'atteinte cérébrale ; ainsi dans ce groupe, nous aurons l'infirmité motrice cérébrale (IMC) et l'infirmité Motrice d'Origine Cérébrale (IMOC). Toutefois, ce diagnostic serait « à rediscuter » dans les cas de maladies progressives et C. Berard (2010, p. 17) propose ce schéma adapté suivant :

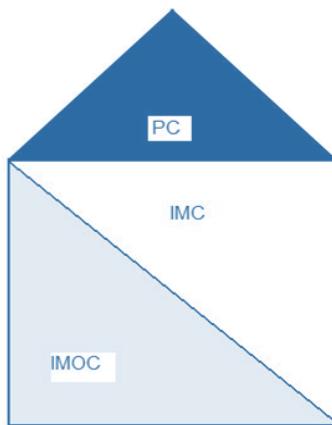


Figure 1 : l'infirmité motrice cérébrale (IMC) et l'infirmité Motrice d'Origine cérébrale (IMOC) appartenant au groupe des paralysies cérébrales (PC), (Bax, 2010, p.17)

En plus, Bax *et al.*, (2005) définit la population des sujets avec (PC) en termes de type de déficience motrice et de déficience(s) associée(s). Ainsi, le terme IMOC comprend des acceptations différentes selon les auteurs. Certains l'appliquent aux enfants ayant de moins bonnes performances intellectuelles, ou une déficience intellectuelle (Amiel-Tison, 1997). Malgré toutes ces divergences, le terme unique est PARALYSIE CEREBRALE même si en France, il n'y a pas de séparation nette entre IMC et IMOC. Cela est différent dans les autres pays

européens ou anglo-saxons comme la *maladie de LITTLE*, découverte par Little (1862). Cet obstétricien anglais à la fin du 19^{ème} siècle a été le premier à montrer le rapprochement entre les troubles moteurs et le strabisme de certains enfants avec leur naissance prématurée correspondant à la diplégie spastique. Ensuite, le terme de *polyhandicapé* apparaîtra pour la première fois dans les années 70 conséutivement à la proposition du Professeur Fontan (1973, cité par Georges-Janet, 2002). La notion de « *polyhandicap grave congénital* » est définie dans l'annexe XXIV ter (loi 1975) comme un « *handicap grave à expressions multiples avec déficience motrice et déficience mentale sévère ou profonde, entraînant une restriction extrême de l'autonomie et des possibilités de perception, d'expression et de relation* ». Les sujets qui en sont atteints présentent des déficiences sévères multiples avec une dépendance pour tous les actes de la vie quotidienne. Sous ce diagnostic, nous retrouverons les enfants avec paralysie cérébrale et ceux ayant d'autres étiologies avec un état de dépendance sévère, telles que les maladies métaboliques, les affections neurologiques dégénératives, les affections acquises traumatiques, tumorales ou infectieuses.

Certains auteurs utilisent les termes de « *polyhandicap sévère* » pour les personnes les plus déficientes qui ont un QI < 35 (sans langage, ni moyen de communication) et « *polyhandicap* » aux personnes dont le QI est compris entre 35 et 50. Aussi, le « *plurihandicap* » ou « *multihandicap* » signifie l'association de plusieurs déficiences ayant approximativement le même degré de gravité, ce qui empêche de déterminer une déficience principale ; certains enfants avec PC peuvent appartenir à ce groupe par exemple lorsqu'ils présentent entre autre une atteinte motrice combinée à une atteinte sensorielle et le « *surhandicap* » est compris comme l'aggravation d'un handicap donné par les difficultés relationnelles qu'il provoque, secondaires le plus souvent à l'absence de prise en charge adaptée.

Finalement, le terme de handicap est utilisé à ce propos en France depuis la loi du 11 février 2005, qui précise que celui-ci est constitué de « toute limitation d'activité ou de restriction de participation à la vie en société en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant » (loi n°2005-102).

En conséquence de ces symptômes multifactoriels, le Professeur Launay (1973) a ouvert la réflexion sur la nécessité d'une prise en charge pluridisciplinaire et de nombreuses classifications ont été proposées depuis 1930 avec W. Phelps en se référant soit aux différents

types de symptômes (rigidité, tremblement, ataxie, spasticité...) soit à la description topologique de l'atteinte clinique dont les descriptions sont les suivantes (Georges-Janet, 2002).

II.1.4 LES DIFFERENTES CLASSIFICATIONS DE LA PARALYSIE CEREBRALE.

II.1.4.1 Formes cliniques en fonction du type de l'atteinte neurologique prédominante

Si les lésions sont situées au niveau de l'encéphale, nous aurons une atteinte de la voie pyramidale dont les troubles constituent « un syndrome pyramidal », caractérisé par des paralysies et des signes d'hypertonie. Cela signifie que la commande volontaire des mouvements est perturbée, et qu'il y a une augmentation du tonus de base que l'on nomme « spasticité ». Si le sujet présente une atteinte des noyaux gris centraux, celui-ci a « un syndrome extrapyramidal » qui se caractérise par des troubles perturbant la motricité notamment par des mouvements involontaires et des troubles du tonus musculaire. Pour Truscelli (2008, p. 25) :

La paralysie cérébrale, comme l'IMC, n'est pas un diagnostic neurologique, mais un regroupement de différentes maladies par lésions cérébrales précoces ayant comme point commun la déficience physique. La paralysie cérébrale doit être entendue plus comme une désorganisation complexe de la motricité que comme une paralysie. Il s'agit d'une paralysie dite de fonction (différente de la paralysie périphérique, qui touche le muscle ou le nerf) qui indique des perturbations de la commande volontaire. Le terme de « pyramidal » ou « extrapyramidal » est une précision qui fait référence aux deux grands systèmes du cerveau, qui envoient leurs ordres à la voie finale commune (de Sherrington) au niveau de la moelle épinière, pour harmoniser le geste.

Nous distinguons quatre formes de paralysie cérébrale en fonction de l'atteinte neurologique, telles que « **les formes spastiques** » caractérisées par une augmentation des contractions musculaires perturbant les postures et les mouvements, elles s'accompagnent de signes pyramidaux, comme le signe de Babinski.

Aussi, les formes dites « hypertoniques » qui sont classées dans les formes spastiques. Ces formes peuvent être unilatérales ou bilatérales, elles représentent la grande majorité des PC, environ 85%. Ensuite, « **les formes athétosiques ou dyskinétiques** » ou « mouvements involontaires » avec les formes choréiques et dystoniques caractérisées par des mouvements

involontaires, incontrôlés, récurrents et parfois stéréotypés, coexistant avec une tonicité musculaire fluctuante.

L'appellation « mouvements involontaires » comprend l'athétose, la dystonie et la choréo-athétose. Toutefois, dans la nouvelle classification des mouvements involontaires, l'athétose fait partie des dystoniques. Ces formes représentent 7% des PC. Après, « **les formes ataxiques** », qui sont souvent associées à une hypotonie : avec des formes associant spasticité, dyskinésie ou ataxie selon les signes neurologiques prédominants et finalement, « **les formes mixtes** » associant spasticité, athétose et ataxie. En revanche, il faut remarquer que la symptomatologie neurologique peut varier en fonction de l'âge de l'enfant. Par exemple, une hypertonus spastique des membres supérieurs peut s'atténuer au cours des premières années de vie, et souvent, les mouvements anormaux n'apparaissent qu'après la première année de vie. Il s'agit maintenant d'aborder les formes cliniques de l'enfant paralysé cérébral.

II.1.4.2 Formes cliniques en fonction de l'atteinte topographique prédominante

La forme topographique de la PC est définie par le nombre et la localisation des segments corporels faisant l'objet d'une déficience de la fonction motrice. Ainsi donc, on différencie la diplégie, l'hémiplégie, la quadriplégie, la triplégie et plus rarement la monoplégie. Le suffixe « plégie » est un mot grec signifiant « atteinte ».

Toutefois, les termes de diplégie et quadriplégie sont utilisés préférentiellement à ceux de paraplégie et tétraplégie qui font référence à une étiologie médullaire (qui a trait à la moelle épinière). Les enfants diplégiques ont une maladresse gestuelle au niveau des membres supérieurs et le terme de paraplégique ou parésie implique l'intégrité totale neurologique et fonctionnelle des membres supérieurs (« plégie » et « parésie » ont une signification clinique distincte chez l'adulte). En pratique, les termes hémiplégie, hémiplégie, quadriplégie et quadriparésie sont utilisés indifféremment quelle que soit l'importance de la déficience motrice.

Cependant, le groupe SCPE (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe) préconise la séparation des PC en formes unilatérales et bilatérales (SCPE, 2002) dont voici les schémas et leurs explications :

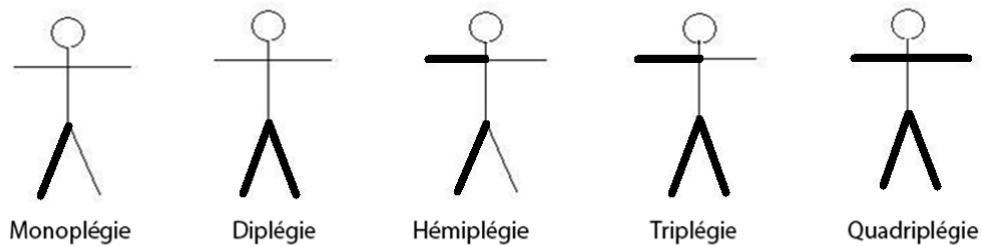


Figure 2: Formes topographiques des paralysés cérébraux

Premièrement, les formes spastiques unilatérales ayant *l'hémiplégie* (ou *hémiparésie*) qui représentent 1/3 des cas de PC correspondent à une atteinte spastique du membre supérieur et du membre inférieur du même côté. Cette atteinte prédominante est située le plus souvent au membre supérieur (poing fermé, main sous-utilisée vers 5 mois de vie dans les formes congénitales (à la naissance). Si l'atteinte prédomine au niveau des membres inférieurs, celle-ci sera décelée à l'âge de la marche (pied équin). Ensuite, *la monoplégie* (ou *monoparésie*) est une forme exceptionnelle, qui dans 1% des cas, atteint soit le membre supérieur soit le membre inférieur avec l'intégrité de l'autre segment homolatéral.

Deuxièmement, nous avons les formes spastiques bilatérales comprenant *la diplegie* qui est une atteinte des 2 membres, *la quadriplégie ou quadriparésie* avec une atteinte spastique des 4 membres, associée à une atteinte hypotonique ou hypertonique (tête et tronc), aussi la triplégie étant une atteinte spastique des 2 membres inférieurs et d'un membre supérieur dont l'atteinte des membres inférieurs est asymétrique prédomine souvent du même côté que celui de l'atteinte du membre supérieur (diplegie + hémiplégie). Il faut préciser que dans 20 à 50% des cas, les sujets présentent des troubles cognitifs avec des risques d'épilepsie.

Maintenant, nous proposons d'aborder, dans ce qui suit, les formes cliniques de l'enfant paralysé cérébral.

II.1.4.3 Formes cliniques en fonction de la sévérité de la déficience motrice

La marche étant un facteur prédominant dans cette classification motrice, C. Berard (2010, p. 19) la définit :

Comme une possibilité d'enchaîner dix pas sans aide de l'adulte, que l'enfant se soit mis debout seul ou non. La marche est qualifiée d'indépendante ou autonome si l'enfant n'a pas besoin d'aide technique. Donc, la marche correspond à un appui exclusif sur les membres inférieurs et s'oppose à la déambulation (déambulateur, trotteur, flèche).

Selon le groupe SCPE, 53% des enfants marchent sans aide à l'âge de 5 ans, 16% marchent avec aide et 31% ne marchent pas.

Toutefois, d'après Cans (2008) ce pourcentage varie en fonction de la forme clinique de PC et l'existence ou non de déficience associée telle que visuelle ou intellectuelle.

Maintenant, nous compléterons les formes cliniques en fonction de la sévérité de la déficience associée après les avoir décrites en fonction de la déficience motrice.

II.1.4.4 Formes cliniques en fonction de la sévérité des déficiences associées

Au niveau cognitif, il existe de nombreux tests qui permettent de mesurer le fonctionnement cognitif et neuropsychologique d'un enfant, mais il faut être très prudent afin d'éviter la sous-estimation des compétences cognitives d'un enfant à cause des troubles sévères de la communication. C'est pour cette raison qu'il est souhaitable d'utiliser des tests non verbaux tels que le « Columbia » (planche de dessins où l'enfant doit trouver ce qui ne va pas avec les autres) ou le « Leiter » (observation directe de la sociabilité, anxiété, ...). Chez l'enfant PC dans ces formes spastiques, il existe un parallélisme entre la sévérité de l'atteinte motrice et celle de l'atteinte intellectuelle. De plus, « *les atteintes intellectuelles sont d'autant plus sévères lorsque la lésion cérébrale survient sur un cerveau plus mature* » (Marret, 2013, pp. 77-94).

Quel est le niveau de compétence intellectuelle ?

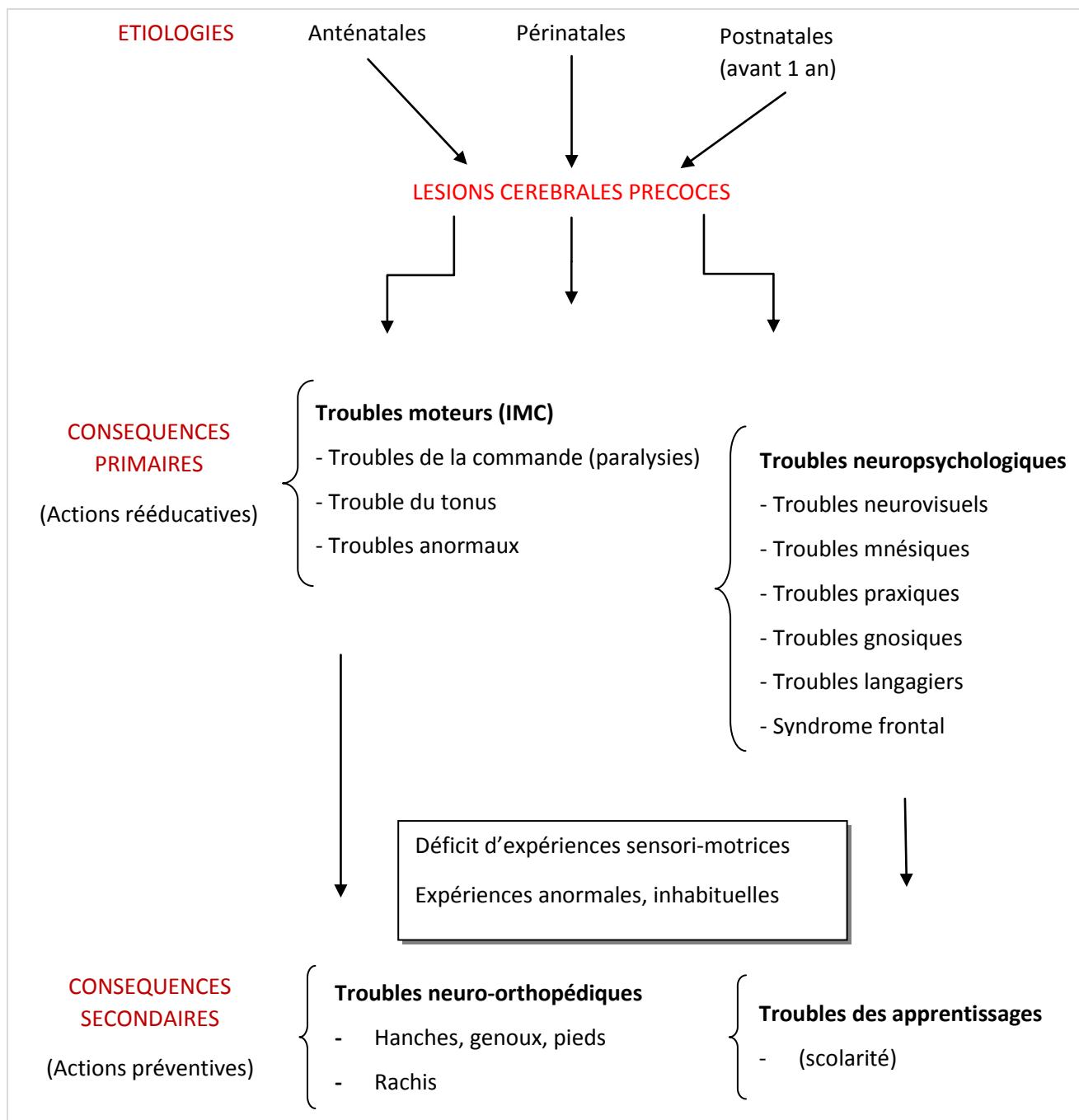
Le niveau de compétence intellectuelle selon la CIM-10 (Classification internationale des maladies, 10^{ème} révision (OMS, 1996) est une classification du quotient intellectuel avec un QI supérieur à 70 correspondant à la normale, un retard mental léger situé entre 50/70, un retard mental modéré compris entre 35/50, un retard grave entre 20/35 et le retard profond inférieur à 20. Après la classification, nous aborderons le tableau sémiologique en tenant compte du fait que les lésions cérébrales précoces, liées aux différentes étiologies entraînent des conséquences primaires (troubles moteurs et neuropsychologiques) et secondaires (troubles neuro-orthopédiques et des apprentissages). Les conséquences secondaires sont dues à un déficit sensori-moteur lié à peu ou pas d'expériences.

C'est à ce niveau que les thérapeutes pourront intervenir auprès de l'enfant. Il nous semble important de souligner que d'après Mazeau (1996), chaque enfant va présenter une association unique de symptômes, une constellation exclusive de troubles, une mosaïque particulière, réalisant ainsi un tableau clinique qui lui est propre, tant en ce qui concerne la

gamme de symptômes qu'il exprime dans les divers domaines, moteurs et cognitifs, que dans leur intensité.

En conséquence, nous nous référerons à son schéma (Mazeau, 1995, p.4) en proposant le tableau sémiologique adapté suivant (Tableau 1).

*Tableau 1 : Tableau sémiologique adapté (Mazeau, 1995, P.4)
les conséquences des lésions cérébrales précoces sur les grandes fonctions*



Après avoir résumé succinctement les fonctions qui peuvent être atteintes, nous présentons les troubles moteurs chez ces enfants paralysés cérébraux.

II.1.4.4.1 Les troubles moteurs de l'enfant paralysé cérébral

Les troubles moteurs correspondent aux troubles de la motricité et du tonus inhérents à la pathologie de la paralysie cérébrale et sont les conséquences primaires des lésions cérébrales. Ces difficultés de la commande motrice se traduisent par une spasticité ou une athétose des membres, en association avec une hyper ou hypotonie axiale ayant des répercussions au niveau de la sphère bucco-linguo-faciale.

A cela s'ajoutent souvent une lenteur idéatoire et idéo-motrice diminuant la rapidité et/ou l'exécution des fonctions cognitives et motrices. Nous retrouverons ces troubles moteurs au niveau orthopédiques.

II.1.4.4.2 Les troubles neuro-orthopédiques

D'après Crouail et Maréchal (2006), les atteintes motrices ne sont pas évolutives, mais ont des conséquences sur le développement moteur essentiellement pendant la croissance. Ainsi, il faut prendre en charge les enfants précocement afin de limiter les déformations orthopédiques telles que les rétractions tendineuses, les luxations, les déformations des articulations et les fractures qui sont des conséquences secondaires aux troubles moteurs. En conséquence, l'éducation précoce a un rôle important.

Cependant, nous pensons qu'il convient de tenir compte de la douleur chronique qui est très difficile à évaluer. Egalement, les troubles neuropsychologiques seront associés aux différents troubles décrits jusqu'à présent.

II.1.4.4.3 Les troubles neuropsychologiques

La neuropsychologie est fondée autour de la notion d'organisation modulaire du fonctionnement du cerveau. Chaque fonction cognitive constitue une unité fonctionnelle, un « module » quasi-indépendant, dont l'atteinte peut être isolée, mais la lésion cérébrale précoce affecte toujours le fonctionnement d'un ou de plusieurs module(s) entraînant un ou plusieurs trouble(s) spécifique(s).

D'après Marchand (1998), lors de lésions précoces, il n'existe pas de corrélations entre les symptômes et la localisation des lésions. Car le cerveau du très jeune enfant est immature, doté d'une grande capacité d'adaptation (plasticité cérébrale) permettant aux réseaux neuronaux de prendre en charge des fonctions pour lesquelles ils n'avaient pas été initialement prévus. Donc, cette réorganisation secondaire permettrait une certaine compensation ou atténuation du déficit lésionnel initial.

Aussi, les études de la plasticité cérébrale tendent à comprendre les fonctionnements, les modifications des réseaux neuronaux par l'expérience, l'apprentissage lors des lésions cérébrales (Doyon *et al.*, 2011, pp.413-420).

En neuropsychologie, nous pouvons distinguer deux « mouvements » dans le fonctionnement cognitif : « *La praxie* » qui est présente dès qu'il y a le projet d'un mouvement volontaire donc conscient, agissant vers l'extérieur et « *La gnosie* » qui intègre avec cohérence les stimuli qui parviennent au cerveau pour en décoder la signification, agissant vers l'intérieur. Donc, ces deux mouvements comprennent les troubles praxiques, gnosiques, neurovisuels, mnésiques, langagiers et le syndrome frontal qui sont décrits par Mazeau (1995).

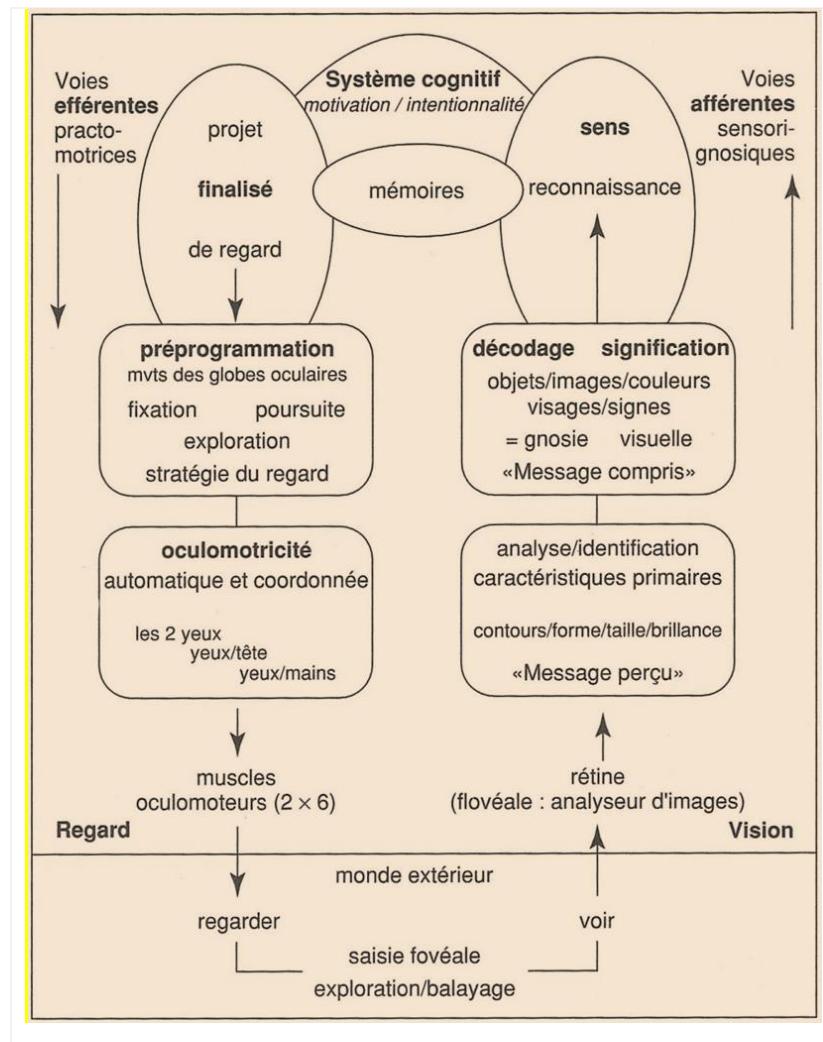
Nous décrirons succinctement les différents troubles neurovisuels, mais nous nous attarderons et approfondirons la section « les troubles langagiers » notamment les troubles de la parole et de la déglutition, puisque nous savons tous que nous utilisons les mêmes organes dans la phonation et la déglutition, ces deux fonctions s'imbriquant l'une dans l'autre et qui sont en étroites relations.

II.1.4.4.4 Les troubles neurovisuels

Selon Mazeau (1995), si l'on place un sujet devant une image, il effectue d'abord un geste de « prise » de l'image (recherche et fixation du stimulus), puis il analyse et identifie le contenu de l'image (perception, décodage). Donc, elle distingue deux voies dans l'action de voir qui sont :

Les voies du REGARD (les voies efférentes, practo-motrices) et les voies de la vision (les voies afférentes, sensori-gnosiques) que nous pouvons schématiser de telle manière (Tableau 2).

Tableau 2 : (adapté) organisation fonctionnelle des fonctions neurovisuelles ; extrait adapté de Mazeau (1995), Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant : Du trouble à la rééducation, p.32)



Les voies du REGARD ou les voies efférentes comprennent tout d'abord, l'oculomotricité avec la saisie fovéale. « *La fovéa est une petite partie de la rétine, para-centrale, riche en cônes permettant une perception nette des images* » (Mazeau, 1996, p. 15).

Cette partie centrale de l'œil permet l'analyse des images, alors que la rétine périphérique intervient dans la fonction d'alerte et dans la régularisation du tonus postural. La « saisie fovéale » est comparable à un geste de prise des informations visuelles, qui correspond aux mouvements des globes oculaires. Ceux-ci modifient leur orientation grâce à l'action conjointe de six muscles oculomoteurs (le droit interne, le droit supérieur, le droit inférieur, le petit oblique, le grand oblique et le droit externe). Ces muscles se contractent sous l'influence des nerfs oculomoteurs, eux même contrôlés par plusieurs zones cérébrales. Les zones de

l'oculomotricité se situent dans les aires frontales (attention visuelle), pariéto-occipitales (décodage) et au niveau du tronc cérébral (traitement de l'information). Cette complexité explique l'importance des troubles oculomoteurs en cas de lésions cérébrales (Mazeau, 1996).

Chez les prématurés, les zones périventriculaires sont fréquemment touchées et ces lésions perturbent souvent les voies oculomotrices issues des centres pariéto-occipitaux. Une anomalie au niveau des muscles oculomoteurs, du nerf oculomoteur ou des centres de l'oculomotricité entraîne une paralysie ou une parésie des globes.

Chez les enfants IMC et IMOC, ceux-ci peuvent présenter très fréquemment un strabisme ; il s'agit d'un défaut de parallélisme des axes visuels qui sont alors convergents ou divergents, qui sera corrigé par une rééducation orthoptique et/ou une intervention chirurgicale des muscles horizontaux. Quant à l'acuité visuelle, celle-ci est préservée mais la binocularité (vision en trois dimensions) est compromise.

Ensuite, nous avons en amont des voies de l'oculomotricité les praxies avec les stratégies du regard en fonction des projets intentionnels du sujet. On en distingue trois grands types : La fixation, la poursuite ou balayage et l'exploration. « **La fixation** » permet de fixer une cible visuelle en fonction d'un projet volontaire ensuite, nous la recherchons par les mouvements oculaires, la saisissons par la saisie fovéale et finalement, nous la fixons pour la conserver sur la fovéa.

Toutefois, chez les enfants IMC, « *Un grand nombre d'enfants IMC ne peuvent stabiliser un regard sur une cible. La fixation est instable, brève, entrecoupée de "lâchers" involontaires constitués de saccades erratiques. Au pire, la fixation peut être impossible, le regard de l'enfant errant de façon désordonnée, et la cible n'étant entraperçue que fugacement, au décours des mouvements aléatoires des yeux, saisie "par hasard", aussitôt perdue. Ces troubles organiques sévères ne sauraient être confondus avec une "fuite de regard" qui marque un refus de contact visuel, d'ordre relationnel* » (Mazeau, 1996, p. 48).

Après la fixation, vient « **La poursuite ou le balayage** » qui consiste, à partir d'une fixation préalable, à suivre une cible mobile des yeux. Normalement, la poursuite est sans à-coups et régulière mais chez l'enfant paralysé cérébral, on constate une pathologie concernant la vitesse et/ou la régularité de la poursuite. Chez un certain nombre d'enfants, on n'obtient

qu'une ébauche de poursuite pour un déplacement très lent de la cible. Souvent, les poursuites sont surchargées de saccades erratiques. « *Dans certains cas, il n'y a aucune possibilité de poursuite oculaire proprement dite* » (Mazeau, 1996, p. 49).

Par contre, dans certaines situations, l'enfant peut compenser ses troubles par des saccades oculaires et des mouvements de tête. Et finalement, vient « ***l'exploration*** » qui est la stratégie la plus utilisée dans la vie quotidienne.

En effet, le regard parcourt fixe à la recherche d'un ou de plusieurs élément(s) choisi(s) comme pertinent(s) pour que l'exploration soit possible, il faut que le sujet puisse rechercher la cible puis la fixer convenablement alors, cette fixation est pertinente quand l'élément est trouvé. Mais cette stratégie pose souvent problème pour les enfants IMC ou IMOC.

Qu'en est-il des voies afférentes ou des voies de la vision ? Pour cela, nous aborderons les rappels anatomiques de la perception des caractéristiques primaires du stimulus visuel. La perception des caractères primaires d'un stimulus visuel (contours, contrastes, couleurs..) est possible grâce aux voies de la vision, qui vont de la rétine aux lobes occipitaux. La rétine est composée de deux sortes de cellules sensorielles réceptrices, dont les cônes qui sont présents en grands nombres dans la région fovéale et qui sont sensibles aux fortes intensités lumineuses permettant la perception des couleurs, et dont les bâtonnets qui sont absents de la fovéa, mais qui sont sensibles à des intensités lumineuses plus faibles permettant une vision crépusculaire. Toutes ces cellules codent les stimuli visuels en impulsions électriques à travers les nerfs optiques droits et gauches qui atteignent les lobes occipitaux, à l'arrière du crâne. La longueur de ce chemin « *peut certainement expliquer en partie la fréquence relative des atteintes pathologiques de ces voies lors de lésions cérébrales précoces* » (Mazeau, 1996, p. 28).

Quels sont les troubles visuels ? Ces troubles seront présents dans **l'acuité visuelle**, celle-ci mesure le pouvoir séparateur de l'œil, cela signifie qu'il s'agit de la qualité de la vision fovéale dans ses possibilités de discrimination. Chez le bébé ou la personne handicapée, nous utilisons les cartons de Teller ou « bébé vision » qui se basent sur le principe de l'intérêt préférentiel automatique pour les stimuli visuels, comportant un maximum de contrastes et des contours. Un nombre important d'enfants cérébrolésés souffrent de « basse vision », ce terme regroupant les notions de malvoyance et de cécité. La basse vision concerne les atteintes périphériques (lésions de la rétine, du nerf optique...) et/ou centrales (lésions des voie

cérébrales de transmission, du lobe occipital...), de même, d'autres troubles peuvent être présents dans la perception des caractéristiques primaires du message visuel à différents niveaux comme *la perception des couleurs* qui signifie que le sujet a des difficultés à discriminer les couleurs, ou qu'il ne perçoit pas les couleurs ou comme dans *la perception des contrastes* qui implique que le sujet ne distingue pas ou mal la différence entre le fond et la forme ou dans le champ visuel correspondant à l'amplitude de l'espace que l'on perçoit visuellement quand on regarde fixement devant soi.

Lorsque le champ visuel est réduit des deux côtés, le sujet peut ne percevoir que la partie gauche ou droite du champ total. Aussi nous nous pouvons souligner qu'il existe **des agnosies visuelles**. Pour rappel, la gnosie (aire temporale) permet la reconnaissance du stimulus visuel et d'accéder aux réseaux sémantiques (dénomination de l'item par description de la scène visuelle).

Le sujet peut décrire l'image, l'objet ou la personne en termes analytiques, mais il n'aura pas forcément accès à la compréhension du message. Pour Mazeau (1996, p. 41) « *Les agnosies visuelles consistent en une difficulté spécifique à décoder, interpréter, donner du sens, reconnaître certains stimuli visuels, malgré leur saisie correcte par la rétine centrale. Selon l'atteinte de tel ou tel module ou sous-module cérébral du traitement de l'information visuelle, on peut individualiser différentes agnosies, qui peuvent exister isolément ou s'associer chez un même enfant* ». Egalement, l'enfant peut présenter **une cécité corticale** qui désigne une impossibilité totale, dans tous les domaines visuels (objets, images, visages...) de décoder les informations qui se traduit comme une personne ayant un comportement d'aveugle associé à des troubles du comportement. Toutefois, la cécité corticale du nouveau-né s'accompagne toujours d'une agnosie spatiale (impossibilité à concevoir la notion même d'espace).

L'aide palliative la plus efficace est l'utilisation du canal auditivo-verbal. Finalement, **l'agnosie des images** qui touche environ 10% des IMC. Le sujet ne peut pas ou difficilement, accéder à la signification d'une image en deux dimensions. Mazeau (1995) dresse une liste des signes d'agnosie des images notamment un désintérêt pour la télévision, des non réponses fréquentes lors de la désignation ou de la dénomination d'images, des erreurs d'interprétation des images respectant le contour général de l'objet représenté (ex : Un voilier pris pour une maison à cause de sa forme triangulaire de la voile). La reconnaissance ou non de l'image dépend de sa représentation graphique : fond / forme différenciés ou non, couleurs, ombres.

C'est pourquoi, il est important de tenir compte de ce trouble spécifique pour éviter de graves erreurs d'interprétation aux tests imagés dont voici quelques figures (Figure 3 à Figure 5, Mazeau, 2005, pp. 78-79).

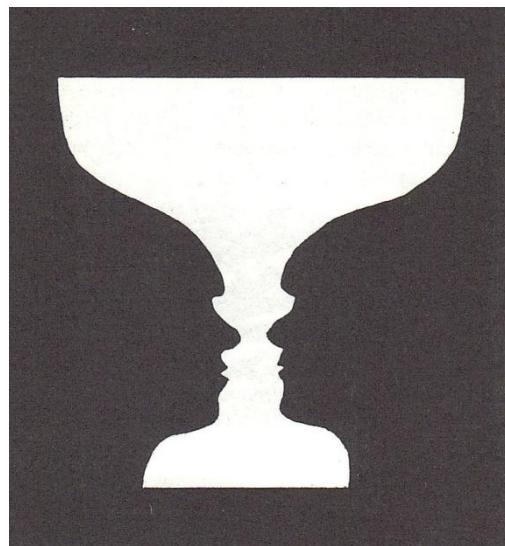


Figure 3: La discrimination fond/forme : Difficultés de savoir si l'on cherche ce que représente ce dessin : Est-ce une vasque blanche sur fond noir ou deux visages de profil sur fond blanc ? (extrait de Mazeau, 1995, Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant ; Du trouble à la rééducation, p. 40)

L'analyse de fragments de contours s'ils répondent à certains critères d'orientation, permet d'identifier le stimulus (une voiture), mais le remplacement de quelques lignes convexes par des lignes concaves tout en gardant la même quantité d'informations : la reconnaissance devient impossible.



Figure 4 : Les images aux contours fragmentés (extrait de Mazeau (1995), Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant ; Du trouble à la rééducation, p.30)

Le remplacement de quelques lignes convexes par des lignes concaves tout en gardant la même quantité d'informations empêche la reconnaissance.

Est-ce un bougeoir renversé ? Est-ce une canne de golf ? Est-ce un champignon ?

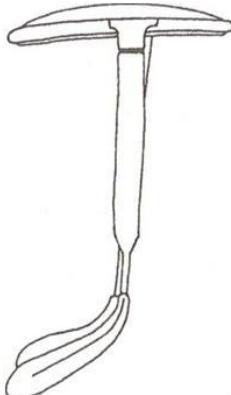


Figure 5 : Les images prototypiques qui signifient des représentations quasi standardisées, canoniques fragmentés (extrait de Mazeau (1995), Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant ; Du trouble à la rééducation, p. 30)

Cet exemple montre la difficulté à identifier cette image, il s'agit d'hypothèses déductives et non de reconnaissance.

Remarque : A partir de ces deux figures, nous constatons le rôle important des contours et des représentations canoniques pour la reconnaissance d'image.

De même, dans **la prosopagnosie ou agnosie des visages**, le sujet peut reconnaître la personne uniquement à la voix, à la démarche, aux habits. Mais il semblerait que ce trouble isolé n'existerait pas chez l'enfant paralysé cérébral. Quant à **l'agnosie des signes conventionnels écrits**, le sujet confond les différentes lettres de l'alphabet au niveau morphologique. Ce trouble est souvent associé à une agnosie des images. Pour **l'agnosie des objets**, l'enfant serait dans l'impossibilité d'identifier les objets en trois dimensions et ce trouble est fréquent chez l'enfant paralysé cérébrale et enfin, **l'agnosie des couleurs** où le sujet peut identifier, classer les couleurs mais ne peut nommer les couleurs ou colorier les dessins de façon appropriée (colorier un arbre en vert, le soleil en jaune, ...).

II.1.4.4.5 Les troubles gnoso-praxiques

Comme nous l'avons déjà précisé auparavant, en neuropsychologie, nous distinguons deux « mouvements » dans le fonctionnement cognitif. Tout d'abord, **la praxie** qui est présente dès qu'il y a un projet d'un mouvement volontaire et qui est conscient, agissant vers l'extérieur. Ensuite, **la gnosie** intégrant avec une cohérence les stimuli qui parviennent au cerveau pour en décoder la signification, agissant vers l'intérieur (Marchand, 1998).

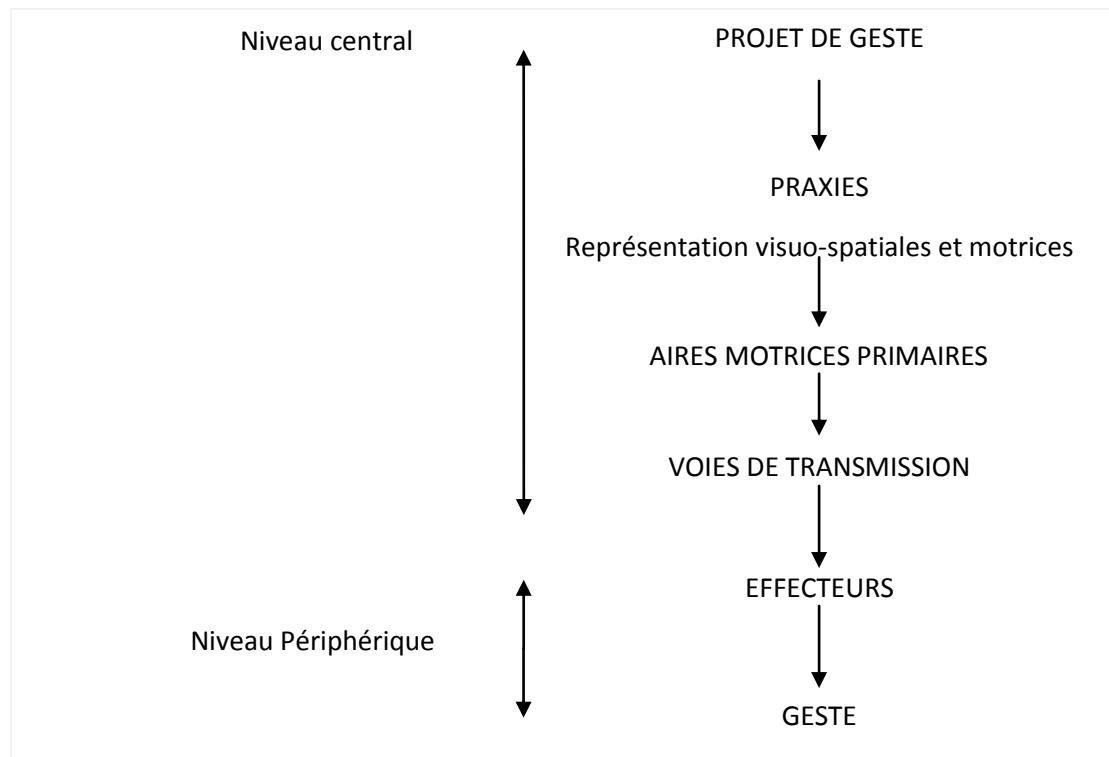
Pour comprendre ce que sont les troubles gnoso-praxiques, il faut définir les fonctions gnosiques et praxiques en se basant de la théorie de M. Mazeau (1996) qui défend l'idée que : « *La motricité volontaire se différencie de la motricité réflexe par le fait qu'elle est gouvernée par une « programmation » correspondant à une représentation interne du but à accomplir et des moyens d'atteindre ce but* », en se fondant du modèle des voies practognosiques de Liepmann (1908, cité par Meyer, 2002, p. 17) (figure7).

Nous pouvons schématiser les étapes de la motricité volontaire, **du projet au geste** par deux niveaux qui sont :

- *Au niveau périphérique*, où toute action nécessite un effecteur, le muscle. Si le muscle est atteint, l'exécution du geste est impossible ou perturbée, alors les muscles se contractent en réponse aux influx électriques transmis par les nerfs moteurs.
- *Au niveau central*, nous trouvons le niveau des aires motrices dont l'influx initiateur du mouvement, véhiculé par les voies pyramidales et extra-pyramidales, naît des aires motrices dans les hémisphères cérébraux. Toute atteinte à ce niveau détermine un trouble de la commande motrice volontaire, qui se caractérise par des mouvements anormaux ou une paralysie dite centrale. La conséquence des troubles à ce niveau est la spasticité, l'athétose, l'ataxie. Quant au niveau des fonctions praxiques nous pourrons définir la **praxie** comme « *Le geste est un ensemble complexe de mouvements produisant une action consciente et volontaire ayant un but. Le projet du geste fait l'objet d'une pré-programmation de toutes ses composantes* » (Meyer, 2002, p. 18).

C'est-à-dire qu'une praxie est toujours apprise dans le cadre d'un apprentissage mis en place par l'adulte et une fois acquise, une praxie ne s'oublie pas ; l'évocation de la finalité du geste suffit à sa réalisation en déclenchant des programmes praxiques automatisés, mais donc, les troubles praxiques concernent tous les gestes volontaires réalisés par le corps humain. Les plus évidentes sont les gestes manuels et ceux de la marche mais ils peuvent aussi concerner des gestes plus fins, comme l'oculomotricité et les gestes bucco-laryngo-faciaux.

Tableau 3 : Modèle de Liepman (Extrait de Meyer, Mémoire d'orthophonie, l'apprentissage d'un code pictographique chez deux enfants infirmes moteurs d'origine cérébrale comme moyen augmentatif et palliatif au langage, p. 17, Strasbourg, 2002) qui explique les étapes de la praxie au geste.



Toutefois, d'après Mazeau (1998, p. 41) « *Dans les troubles de la pré-programmation des gestes volontaires, indépendantes d'un éventuel trouble de la commande motrice, d'une déficience intellectuelle, d'une méconnaissance du geste (qui fait l'objet d'un apprentissage habituel), nous avons les dyspraxies qui résultent de la défaillance de réseaux de neurones spécifiques gérant de façon anticipatoire (planification) des composantes toniques, posturales et dynamiques dans l'action à réaliser* ».

Parmi les troubles praxiques, (Mazeau, 1996 ; Marchand, 1998 ; D. Crunelle, 2012), nous en distinguons plusieurs types.

Premièrement, **la dyspraxie visuo-constructive** avec des praxies constructives concernent les gestes qui consistent par des techniques d'assemblage, à réaliser un tout signifiant à partir d'éléments non signifiants (Ex : Les jeux de construction, de travaux manuels) *dont « 50% des enfants IMC et IMOC présentent une dyspraxie visuo-constructive plus ou moins sévère, ce qui*

engendre des conséquences sur le plan scolaire » et « *les troubles de l'apprentissage, au premier plan, sont intriqués avec des difficultés d'analyse visuelle de la tâche ou du modèle, influencé par les aspects spatiaux de la tâche (relation topologique des divers éléments, obliques, orientations...), difficultés surajoutées, attribuées aux anomalies dites « visuo-spatiales »* (Mazeau, 1996, p.36). En d'autres termes, cela signifie que les facultés « visuo-spatiales » désignent les possibilités de structuration spatiale permettant d'appréhender le monde en deux et en trois dimensions. Celles-ci interviennent dans les activités mettant en jeu des facteurs spatiaux tels que le dessin, la lecture, l'écriture. Or, les épreuves praxiques sont échouées (assemblage d'un puzzle, reproduction de la figure de Rey...). Et pour compenser cette difficulté, Mazeau (1996) préconise de passer par le canal auditivo-verbal et d'utiliser une méthode analytique afin de permettre les apprentissages scolaires.

Deuxièmement, **la dyspraxie constructive** qui concerne un petit nombre d'enfants se traduit par des troubles constructifs (assemblage), où la présentation d'un modèle aide le sujet.

Troisièmement, **la dyspraxie idéatoire** qui se définit par d'un trouble d'objets ou d'outils, c'est-à-dire que le sujet a des capacités intellectuelles et motrices pour réaliser le geste, il connaît l'objet dans sa forme et sa finalité mais a des difficultés pour l'utiliser (Ex : utiliser une paire de ciseaux).

Quatrièmement, **la dyspraxie idéo-motrice** qui concerne les gestes symboliques et les mimes, en l'absence de manipulation réelle d'objet par exemple : faire semblant de manger, dire « au revoir » de la main.

Cinquièmement, **la dyspraxie de l'habillage** qui lors de l'habillage, les enfants IMC et IMOC confondent devant/derrière, endroit/envers avec beaucoup d'essais inappropriés.

Pour finir, **la dyspraxie bucco-linguo-faciale** qui apparaît sous d'autres termes tels que « apraxie bucco-faciale », « apraxie bucco-phonatoire », « apraxie laryngo-bucco-faciale » se définissant comme un trouble portant sur l'exécution volontaire des mouvements du visage (« dyspraxie faciale »), des lèvres, de la langue, du maxillaire, du voile du palais, du pharynx (« dyspraxie buccale ») et/ou du larynx (« dyspraxie laryngée »). Cette dyspraxie se réfère à la notion de praxie mais dans le geste moteur.

Souvent, les sujets cérébro-lésés présentent ce type de trouble qui entraînent des difficultés au niveau de la déglutition (associé ou non au bavage), de la mastication et/ou de la

phonation. A tout cela s'ajoutent des troubles de la mémoire, de l'attention, du langage associés souvent à un syndrome frontal.

II.1.4.4.6 Les troubles mnésiques et attentionnels

La mémoire peut être définie comme la faculté d'enregistrer, de conserver et de rappeler une information dans un cadre spatio-temporel et correspond à trois étapes qui sont *l'encodage* où les informations sont perçues, analysées, sélectionnées, traitées après *le stockage* avec les informations qui sont conservées, transformées et consolidées et ensuite *le rappel* permettant la restitution de l'information volontairement ou involontairement (phénomène d'amorçage).

La mémoire concerne tous les domaines sensitifs qui sont la vision (mémoire visuelle), l'audition (mémoire auditive), les positions et les mouvements du corps (mémoire kinesthésique), le goût (la mémoire gustative), l'odorat (la mémoire olfactive) et le toucher (la mémoire tactile). Cette mémoire peut être sous divisée en trois types avec *la mémoire à long terme* qui est mise en jeu lorsqu'il y a une interférence entre l'apprentissage et le rappel, ensuite, *la mémoire à court terme* qui permet de garder à l'esprit un nombre limité d'information et finalement, *la mémoire de travail* qui est sollicitée lorsqu'il y a des informations avant leur restitution par exemple redonner des chiffres à l'envers. D'après M-H. Marchand (1998), la mémoire de travail est souvent touchée chez les enfants paralysés cérébraux dont, 5% des enfants avec une lésion précoce présentent des difficultés mnésiques isolées. De plus, 32 à 65% des enfants avec une paralysie cérébrale peuvent présenter des crises convulsives au cours de leur croissance dues aux lésions cérébrales avec des troubles du comportement qui peuvent être très variables. Maintenant, abordons les troubles langagiers et ensuite la description du syndrome frontal.

II.1.4.4.7 Les troubles langagiers

En 1982, Tardieu explique que l'évolution des productions verbales de l'enfant est à considérer sous le double aspect sensoriel et moteur. Selon lui, chez l'enfant « ordinaire », la sensibilité tend à s'affiner tandis que l'intégration gnosique s'améliore. Cela signifie que les fonctions motrices de la sphère bucco-linguo-faciale se renforcent permettant une meilleure réalisation des praxies dans la réalisation et production des sons. Toutefois, chez l'enfant IMC, nous retrouvons des difficultés aussi bien au niveau respiratoire (trouble du contrôle respiratoire, mauvaise coordination pneumo-phonique...) qu'au niveau de l'appareil phonatoire (difficultés de mise en vibration des cordes vocales, spasmes vocaux..) ainsi qu'au niveau articulatoire

(trouble de la mobilité des articulateurs, fermeture buccale difficile). En conséquence, les troubles moteurs et practognosiques influent directement sur le développement de l'enfant IMC.

De facto, Truscelli (2006) émet le questionnement intéressant suivant : « lorsque la dysarthrie est "massive" sur quels supports se fait le développement de la construction du langage intérieur en l'absence totale ou presque de toute émission vocale ? ».

II.1.4.4.8 Le syndrome frontal

Le syndrome frontal étant la conséquence d'une lésion de la partie antérieure du cerveau a des répercussions sur le plan du comportement et des fonctions exécutives. En effet, il peut s'actualiser sous la forme d'un syndrome dysexécutif, c'est-à-dire que l'enfant a une altération de ses capacités à planifier, organiser et réguler son comportement vers un but (des difficultés à réaliser une tâche nouvelle, à récupérer une information en mémoire, à changer d'activité, à coordonner deux tâches). Par ailleurs, les troubles comportements peuvent se manifester selon deux versants : un versant impulsif ou un versant apathique. A tout cela s'ajoutent des troubles associés.

II.1.4.4.9 Les troubles associés

Personnellement, nous pourrions rajouter dans le schéma de Mazeau, les troubles de la déglutition et indirectement les troubles de la salivation qui sont décrits par Crunelle (2004) et qui sont corrélés avec les troubles globaux du mouvement et de la posture. Les troubles de la déglutition peuvent être lourds de conséquence en particulier à cause des fausses routes se traduisant par le passage du bolus dans les voies aériennes inférieures, déclenchant ou non une toux réflexe. Les fausses routes graves peuvent engendrer des pneumopathies avec des conséquences d'une certaine importance telles que le déséquilibre alimentaire, la dénutrition, la déshydratation, la pneumopathie voire le décès. Les difficultés dans la déglutition peuvent se situer au niveau moteur (saisir et porter les aliments à la cavité buccale), ainsi qu'au niveau de la préparation du bol alimentaire (mastication, succion et composition du bolus dans sa texture), également au moment du réflexe (pas ou faible déclenchement du réflexe de déglutition), dans le transport du bolus qui engendre la présence de stases pharyngées, dans la mobilisation et la coordination de l'élévation et de la fermeture laryngée ainsi que dans l'aspiration des liquides au cours de la phase orale pour les boissons (Meloni, 2014). Souvent, dans une telle situation, l'équilibre familial et social est touché.

Conclusions partielles

L'Infirmité Motrice Cérébrale (IMC) est la conséquence d'une ou de lésion(s) cérébrale(s) précoce(s) non évolutive(s), qui donneront un ensemble de symptômes cliniques variés, parmi lesquels les troubles gnoso-praxiques, les troubles de la déglutition et les troubles arthriques. Ces manifestations cliniques nous intéressent tout particulièrement car elles sont imbriquées ensemble.

Selon Crunelle (2004, pp. 83-90), « *les troubles de la déglutition, conséquence directe des troubles moteurs et de la posture, se corrélatent avec les troubles gnoso-praxiques de la sphère orale* » et d'après Tardieu *et al.*, (1982), l'émergence de la parole serait sous la dépendance des fonctions motrices et gnoso-praxiques.

Après avoir défini, et classé l'enfant paralysé cérébral selon l'étiologie, nous cheminerons vers notre hypothèse qui se base sur le développement normal du langage oral essentiellement sur les travaux du babillage soulignant des tendances préférentielles dans la production des enfants et ce, quelle que soit la langue environnante notamment au niveau des sons isolés (voyelles et consonnes), des associations de sons, à savoir des associations inter et intra-syllabiques (Kern, 2010) en corrélation avec l'ontogenèse et la phylogénèse.

II.2 HYPOTHESES

Notre hypothèse de départ se situe principalement dans le domaine de la production de la parole. Acceptant que la compétence langagière se construise à partir de la mise en place précoce de coordinations gestuelles appropriées, de séquences sonores associées à une intention communicative et à des informations contextuelles, nous posons l'existence d'une corrélation entre le développement de la déglutition-mastication et l'émergence de la parole. Sous-jacents à cette corrélation, serait le développement du contrôle de la mandibule, ainsi que celui des articulateurs de la sphère oro-faciale (langue, lèvres, voile du palais).

Sachant aussi que la déglutition est une fonction stable mais que pendant le développement psychomoteur de l'enfant, les changements anatomiques, neurologiques et physiologiques s'accompagneraient d'une succession de modifications fonctionnelles de la déglutition,

simultanément avec la respiration. Maintenant, nous allons aborder la théorie du développement de la parole de l'enfant « valide » (entendant) de 0 à 2 ans afin d'effectuer des comparaisons avec les enfants paralysés cérébraux.

II.3 EMERGENCE DE LA PAROLE : DEVELOPPEMENT DE L'ENFANT (ENTENDANT) DE 0 A 2 ANS

II.3.1 EMERGENCE DE LA PAROLE DE 0 A 2 ANS

Dans cette partie, nous présenterons les différentes théories motrices de la perception et de la production de la parole de façon à déterminer le cadre théorique de notre étude. Puis, nous décrirons les évolutions des capacités perceptives et productives de l'enfant « pseudo normal ».

Nous montrerons, par la suite, les changements anatomiques qui pourraient être à l'origine de l'évolution des capacités expressives de l'enfant. Nous mettrons ces changements anatomiques en relation avec notre proposition théorique phylogénétique de l'émergence de la parole en contexte d'alimentation-déglutition.

II.3.1.1 Modèles et théories en production-perception de la parole : considérations émergentielles

Il existe différentes théories explicatives des mécanismes de production et de perception de la parole. Ces théories tentent de comprendre sur quels indices, sur quelles unités de base se fondent les processus de la perception et de la production de la parole.

Parmi elles, il y a des théories auditives qui soutiennent que les indices phonologiques sont le support de la perception et de la production de la parole. Egalement, les théories motrices défendent l'idée que les unités motrices sont le socle des deux processus.

Enfin, apparaissent les théories interactionnelles pour lesquelles la perception et la production de la parole ne peuvent être séparées (Dubois, 2009). Toutefois, la production de la parole demande une coordination spatio-temporelle de l'appareil respiratoire, du larynx et des organes bucco-phonateurs, mais le système moteur bucco-facial du très jeune enfant ne possède pas encore ce potentiel de complexité. Aussi, des changements anatomiques, cognitifs et perceptifs se dérouleront jusqu'à l'âge adulte avec un contrôle des articulateurs se situant entre 5 et 6 ans (Green, Moore et Reilly, 2002).

II.3.1.1.1 Les théories motrices de la production de la parole

En 1996, Kent (cité par Macleod *et al.*, 2008, pp. 10-18) a identifié sept types de modèles en production de parole que nous développerons succinctement.

Tout d'abord, ***les modèles de rétroaction*** sont des théories du contrôle de la parole qui ont été développées par Perkell et Coll. (2004). Cette théorie consiste à dire que les mécanismes responsables de la production de la parole se basent sur un modèle intense qui emmagasine et mémorise les informations relatives à l'articulation et au signal acoustique. Cela signifie que le nouveau-né développe peu à peu son habileté à contrôler ses articulateurs et reconnaît l'existence d'une correspondance entre son articulation et le signal acoustique des sons de sa propre langue afin de compenser son manque de contrôle dans la production des phonèmes de sa langue, l'enfant utilise la rétroaction auditive pour comparer et corriger ses productions verbales. Ce modèle interne est appelé « feedforward » (emmagasiner cette correspondance).

Ensuite ***les modèles de système dynamique*** introduits par Bellman dans les années 1960 (« dynamic programming ») est une approche qui sous certaines conditions permet d'obtenir la solution optimale à un problème de minimisation sans devoir considérer toutes les solutions possibles. Cela veut dire qu'à chaque étape de programmation dynamique, on retient les informations concernant les hypothèses intermédiaires de façon à pouvoir créer la solution globale optimale.

Les modèles de patrons gestuels décrivent les interactions entre les mouvements et l'environnement (Brownman et Goldstein, 1989, 1992) basées sur l'approche du réalisme direct proposée par Fowler (1980), selon ces théories, la position des articulateurs de la parole serait directement perçue par les auditeurs, plutôt que le produit acoustique des articulateurs.

En d'autres termes, les modèles de patrons gestuels encodent le plan gestuel directement sans niveau intermédiaire de phonèmes pour créer le mouvement requis. Selon cette théorie, le locuteur planifie son énoncé directement sur le plan gestuel ; il ne passe pas par le niveau phonémique, il encode immédiatement son message verbal en schèmes articulatoires et les unités invariables de la parole correspondent aux positions des articulateurs. Dans cette théorie, « *Les premiers mots de l'enfant sont stockés et récupérés sous forme d'entité de routines articulatoires, plutôt que comme phonèmes.* » (Macleod ; A. Brosseau-Lapre ; F. Rvachews, p. 12, 2008). Cela veut dire que lorsque l'auditeur perçoit le mot, celui-ci entend le

signal acoustique qui est perçu directement comme le geste (fermer les lèvres, baisser le voile du palais, ouvrir les lèvres...) sans aucune transformation en phonèmes avant d'accéder au lexique (Browman et Goldstein, 1992). Chez l'enfant, ces routines articulatoires sont des gestes qui ont émergé durant le babillage et se sont développés en unités de contrastes utilisés dans la langue de l'enfant. Ainsi, grâce à la maturation et la pratique, l'enfant devient de plus en plus capable de différencier les gestes articulatoires et de préciser les structures de coordination entre les gestes. Egalement, nous trouverons *les modèles connexionnistes* développés par McClelland *et al.* (1995) ; Schultz, Schmidt, Buckingham et Mareschal (1995); Mac Whinney, Leinbach, Taraban et Mc Donald (1989) qui permettent de comprendre le développement cognitif en créant une analogie générale avec le fonctionnement neurobiologique du cerveau et de modéliser l'activité cérébrale ainsi que les processus moteurs biomécaniques, sensoriels impliqués dans la production de parole (Loevenbruck, 2011). De même, *les modèles de sous-système* permettent de distinguer la phonétique (Etudes des sons de la parole appelés phones) de la phonologie (études des sons à valeur linguistique, phonèmes en relation avec un signifié) dans la tradition structurale fonctionnaliste. Dans ce système, les étapes de la communication orale correspondent à la production (la phonétique articulatoire étudie les organes de la parole et de la production des sons), à la transmission (la phonétique acoustique étudie les propriétés physiques des sons), à la perception (la phonétique auditive étudie l'appareil auditif et le décodage des sons).

A cela s'ajoutent *les modèles composites* qui ont permis d'expliquer la variance au niveau phonétique telle que la théorie de Lindblom (1993, 2000) de *hyper et hypo-speech* (*H&H*) ainsi que la théorie du contrôle moteur par buts auditifs de Perkell, Guenther, Lane, Matthies, Perrier et Vick (2000). Une autre théorie qui est celle de *H&H* permettant d'expliquer de façon quantitative la variation phonétique dont le phonème serait l'unité minimale et invariante de la parole. Donc, durant l'acquisition de la parole, l'enfant développe une conscience pour la quantité d'information nécessaire pour que l'auditeur comprenne le mot produit dans un contexte.

Cette conscience permet à l'enfant d'estimer le montant d'informations explicites pour que l'auditeur comprenne ce qu'il a dit. De ce fait, Lindblom (1993, 2000) propose que le locuteur puisse mettre en place une coarticulation tout en comprenant le message. Cela signifie que la coarticulation est la prononciation d'un phone qui serait influencée par ceux qui l'entourent c'est-à-dire qu'un même segment acoustique pourrait contenir plusieurs phones, ceci suppose

la mise en œuvre des stratégies de contrôle complexe d'un système biomécanique et aéro-acoustique sophistiqué (Fuchs et Perrier, 2007). Aussi, les phones ne seraient pas des objets acoustiques mais des objets articulatoires (Fant et Lindblom, 1961 ; Liberman *et al.*, 1967). Exemple pour enchaîner le « p », le « s » et le « eu » de « pseudo », le locuteur peut en même temps lorsqu'il ferme ses lèvres pour préparer le « p » monter sa langue vers son palais derrière ses dents pour préparer le « s » et projeter les lèvres vers l'avant pour le « eu » qui suivra. Donc, presque simultanément, il produira les gestes lui permettant de faire sonner le « p » en embrayant instantanément le « s » et le « eu » (Fuchs et Perrier, 2007). Cette conscience permet à l'enfant d'estimer le montant d'informations explicites pour que l'auditeur comprenne ce qu'il a dit.

Finalement, ***les modèles de programme moteur*** de la parole cherchent à expliquer comment nous organisons et commandons aux muscles de produire les mouvements complexes de la parole (Gracco, 1990 ; Kent, 1981 ; Macneilage, 1970 ; Schmidt, 1975 ; Sternberg, Knoll, Monsell et Wright, 1988). Pour ces auteurs, l'unité minimale et invariante est transformée par la suite en un signal acoustique. Cela veut dire que les enfants forment un modèle-cadre moteur pour les mots lorsqu'ils apprennent à parler et ce modèle-cadre serait ajusté à l'aide de rétroaction tactile, kinesthésique et auditive.

Dans ce cas, dans un premier temps, les trois types de rétroaction seraient contrôlés étroitement. Lorsque l'enfant devient plus habile, un changement aurait lieu au niveau de la dépendance de façon à ce que la rétroaction auditive devienne moins importante, et que les rétroactions tactiles et kinesthésiques deviennent plus importantes.

Donc, les enfants acquièrent la parole en apprenant à reconnaître les erreurs et à les corriger en utilisant leur rétroaction interne. La maîtrise d'un phonème ne peut être complète avant que l'enfant n'ait articulé ce phonème dans une variété d'environnements phonétiques qui concordent avec les environnements possibles de sa langue (Schmidt, 1975 ; Mac Leod *et al.*, 2008).

II.3.1.1.2 Les théories motrices de la perception de la parole

Parmi les théories motrices de la perception de la parole, il y a celles de Liberman et Mattingly (1985) qui considèrent que les gestes articulatoires interviennent dans la perception de la parole. Pour eux, la perception ne repose pas uniquement sur la réception acoustique dans la

mesure où les patrons formantiques et vocaliques des phonèmes ne sont pas identiques dans la chaîne parlée. L'intégration du message ne se fonde pas sur la perception de l'invariante acoustique, mais sur l'invariance des patrons articulatoires utilisés lors de la production de parole. C'est-à-dire, la réception de la parole est la récupération de gestes articulatoires qui sont planifiés. Ainsi, selon la théorie de Liberman, l'auditeur comprend le locuteur grâce à l'activation de représentations lors de l'écoute de sons de parole (Schwartz, Sato et Fadiga, 2011). Cette théorie motrice de la perception de la parole a un intérêt croissant depuis la découverte des neurones miroirs. « *La découverte des neurones miroirs dans l'aire prémotrice F5 chez le singe a fourni un argument empirique fort à la théorie motrice de la perception de la parole de Liberman* » (Schwartz, 2011, pp. 117-136). Comme le singe, l'homme possède un système de neurones miroirs dans les régions motrices et grâce à l'imagerie cérébrale (Fadiga *et al.*, 2002), celle-ci a permis d'explorer le fonctionnement des sons verbaux et non verbaux en activant les représentations motrices dans le cerveau humain. Les résultats montrent que lorsqu'un sujet écoute des stimuli langagiers, les centres moteurs de la parole se sont activés de manière spécifique. De même, les gestes oro-faciaux s'activeraient en miroir à l'écoute de la parole de l'interlocuteur et les aires proprioceptives du cortex somato-sensoriel, liées aux mouvements de la bouche, s'activeraient à l'écoute d'un interlocuteur.

Donc, le système de neurones miroirs soutiendrait l'hypothèse d'une perception motrice de la parole. Cependant, certaines théories de la perception de la parole « *cherchent à dégager un équilibre entre les versants articulatoires et auditifs* » selon C. Dubois, (2009).

En effet, des gestes articulatoires très différents donnent un « même produit acoustique » et parfois, des patrons acoustiques très distincts sont perçus par l'oreille comme similaires. Donc, « *Les théories interactionnelles postulent que la perception et la production des sons de parole semblent prises en charge dans un mécanisme commun* » (Loevenbruck, cours dispensés 2011-2012). Plusieurs auteurs défendent cette théorie, dont Sock (1998) par la théorie de la viabilité en production-perception de la parole.

Selon lui, la théorie de la viabilité défend l'idée que l'évolution d'un organisme est régulée dans des contraintes de viabilité grâce aux interactions des différents systèmes sous-jacents à sa régulation notamment en utilisant la notion de « cible » comme espace de réalisation dans le cadre de la parole pathologique. Celle-ci permet la réorganisation de la production en tenant compte des déficits anatomiques dans un espace dit « *viable* » pour la réalisation et la

production du phonème (Sock, 1998, 2001 ; Sock et Vaxelaire, 2004, cité par Bechet, 2011, p. 50). C'est-à-dire que les gestes articulatoires possèdent des formes variables qui n'ont pas de formes invariantes et que ceux-ci sont liés à leur contexte de production. Leur émergence se réalise selon un message linguistique à produire (Sock, 1998, cité par Bechet, 2011, p. 51). Egalement, nous pouvons citer aussi une autre théorie de la perception qui est la PACT (théorie de la perception pour le contrôle de l'action) soutenue par Schwartz, Abry, Boë et Cathiard (2002) et Schwartz, Basirat, Menard et Sato (2012) qui mettent en évidence que le système perceptif phonologique imposerait un contrôle sur la production articulatoire ainsi que les répétitions et les régularisations articulatoires moduleraient le système phonologique. D'après Loevenbruck (cours dispensés 2011-2012) « *Les gestes de parole sont mis en forme par des traitements multisensoriels et les percepts multimodaux sont régularisés par des connaissances motrices* ». De plus, l'apport des neurosciences notamment dans la théorie de l'échantillonnage asymétrique et les rythmes corticaux endogènes défendue par A. L. Giraud (2008) montre que le système auditif s'est adapté pour comprendre la parole telle qu'elle est produite par le système moteur humain, et que celui-ci s'est adapté pour produire un signal acoustique décodable par le système auditif humain. Aussi, elle a réalisé une étude mettant en corrélation l'activité corticale électrique de surface (EEG) et la réponse hémodynamique (IRMF). Son objectif était de trouver un substrat neuronal au lien hypothétique entre la perception et la production de parole en démontrant la validité de la théorie de l'échantillonnage asymétrique de Poeppel (2003), tout en expliquant que « *le cerveau humain serait équipé de deux systèmes d'échantillonnage, qui permettraient de découper la parole en unités de bases, les syllabes et les phonèmes* » (Giraud, 2008, p. 2).

D'après Poeppel (2003), ce découpage permettrait au flux continu de la parole d'avoir « le bon format » pour rencontrer les représentations linguistiques stockées en mémoire. En conséquence, elle prouve l'existence de rythmes différents entre l'hémisphère gauche et le droit ; un rythme majoritairement rapide du côté gauche et un rythme plus lent à droite. Aussi, elle constate une corrélation entre les rythmes oscillatoires des neurones des aires temporales gauches et ceux du cortex moteur tout particulièrement. Le cortex temporal antérieur gauche, le cortex prémoteur et l'aire motrice supplémentaire auraient les mêmes propriétés oscillatoires.

En affinant ses recherches, elle trouve un rythme plus rapide dans les régions de la bouche et un rythme plus lent dans les régions de la langue. « *Nos données expérimentales montrent que*

l'activité électrique corticale dans la bande de fréquence thêta (rapide) covarie avec l'activité hémodynamique dans la région prémotrice de la bouche, et que l'activité gamma (lent) covarie avec celle de la région de la langue » (Giraud, 2008, p. 3). Ces données sont à mettre en relation avec la théorie de « Frame/Content » de MacNeilage et Davis (2004) qui propose que le rythme de l'oscillation de la mandibule donne la syllabe et les mouvements de la langue donne les voyelles, tandis que le modèle à deux voies de traitement du langage par Hickok et Poeppel établissent un modèle anatomo-fonctionnel reliant les aires de la perception et les aires de la production de la parole, comme un système à double voie modélisant la perception de la parole (figure 6). L'information perceptive, arrivant d'abord dans le cortex auditif primaire (Gyrus de Heschl), subit un traitement associatif selon deux voies : la voie dorsale et la voie ventrale. En suivant la voie ventrale, l'information est transmise au cortex temporal inférieur, siège des représentations conceptuelles, et en parcourant la voie dorsale, l'information est transférée vers les régions frontales. Ce modèle cognitif postule pour une connexion bidirectionnelle entre les régions frontales et temporales permettant la récupération des patrons articulatoires grâce au système des neurones miroirs et de surcroît, cette connexion bidirectionnelle serait utilisée pendant la phase d'acquisition du langage.

En conséquence, la récupération des patrons articulatoires lors de la perception de la parole permettrait l'apprentissage de nouveaux mots. Pour l'émergence de la parole, il faudrait diversifier les patrons articulatoires.

Cette théorie rejoint celle de Kern, Gayraud et Marisco (2008) pour lesquelles une meilleure maîtrise du contrôle articulatoire et un développement phonétique sont des facteurs favorisant l'explosion lexicale. Cette approche du développement articulatoire est à mettre en relation avec la maturation d'un meilleur contrôle de la motricité bucco-linguo-faciale.

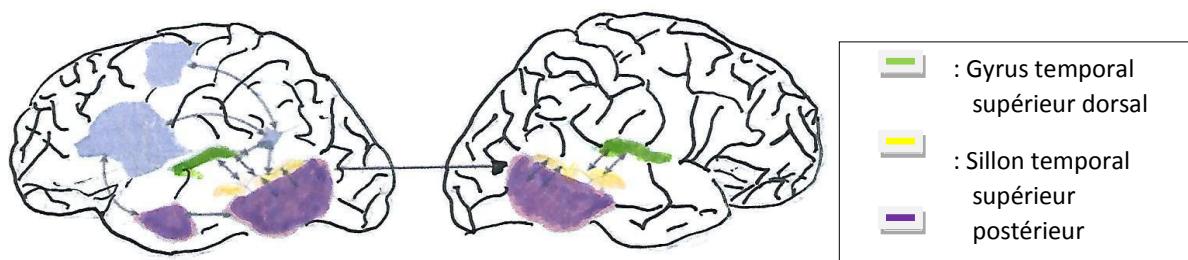
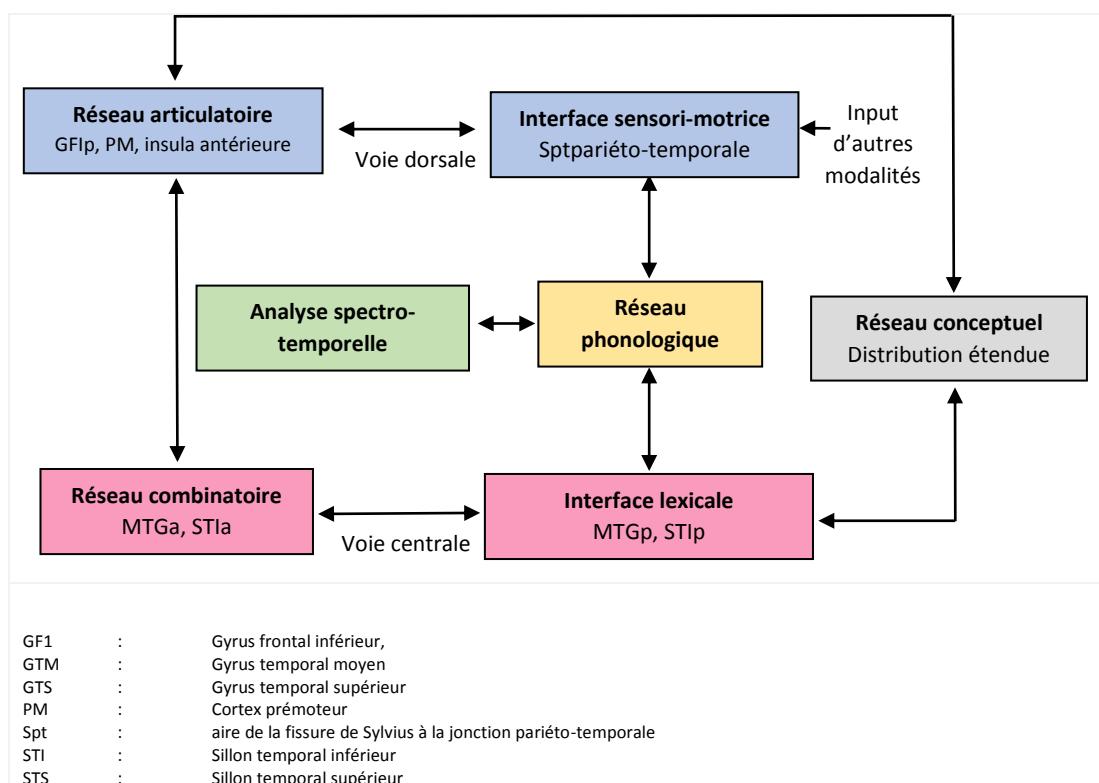


Figure 6 : Localisation anatomique des composantes du modèle anatomo-fonctionnel de Hickok et Poeppel. (Extrait de C. Dubois, 2009 ; les bases neurophysiologiques de la perception audiovisuelle syllabique)

Parmi l'ensemble de ces théories, nous souhaitons mettre en évidence celles qui concernent l'émergence du contrôle articulatoire et du système phonologique de MacNeilage et Davis (2004) qui expliquent que le rythme de l'oscillation mandibulaire permettrait l'émergence du babillage. Dans cette théorie, un meilleur contrôle des mouvements mandibulaires favoriserait l'apparition de la consonne, tandis qu'un meilleur contrôle de la langue favoriserait celle de la voyelle. Puis, à un babillage tardif, l'enfant se dégage des contraintes biomécaniques et parvient à diversifier ses patrons articulatoires (Meloni, 2014). D'après Hickok et Poeppel (Meloni, 2014), l'apprentissage des patterns articulatoires lors de la perception des messages verbaux est possible grâce à la connexion bidirectionnelle de la voie dorsale qui autoriserait l'émergence des nouveaux mots (Tableau 4).

Tableau 4 : Représentation schématique du modèle anatomo-fonctionnel de Hickok et Poeppel.

(Extrait de C. Dubois, 2009 ; les bases neurophysiologiques de la perception audiovisuelle syllabique)



De même, dans le modèle de patrons composites, les premiers mots de l'enfant naissent des routines articulatoires. En conséquence, l'évolution des compétences motrices prend une place prépondérante et intègre le complexe d'alimentation déglutition-mastication. Avant de développer le complexe d'alimentation-mastication, nous aborderons l'émergence du système phonologique et du contrôle articulatoire.

II.3.1.1.3 Emergence du système phonologique et du contrôle articulatoire

Canault (2007) affirme que l'acquisition du langage est un processus long et complexe au cours duquel le bébé doit faire émerger une compétence linguistique spécifique tout en développant ses performances motrices et que le babillage, que l'on situe généralement entre 6-12 mois, s'inscrit comme une phase transitoire, capitale de l'évolution du langage. Quant aux premières études consacrées au développement de la parole chez l'enfant prenant en compte le babillage, celles-ci « *remontent aux monographies célèbres du début du XX^{ème} siècle* » (Roussey, 1899-1900 ; Stern et Stern, 1928 ; Lewis, 1936 ; Leopold, 1939-1947 ; Gregoire, 1937, cité par Hallé, 1998, p. 1).

Cependant, c'est en 1941 que Roman Jakobson dans son livre intitulé « *Langage enfantin et aphasic* » qu'il postule un modèle :

L'ordre dans lequel les enfants acquièrent le système de contrastes phonologiques de leur langue est déterminé par la structure hiérarchique de ces contrastes dans la langue adulte, structure répondant à des principes d'organisation universels (Hallé, 1998, p.1)

Pour lui, le babillage est un stade prélinguistique, sans continuité avec la période suivante, marquée par la formation du lexique, où l'enfant acquiert les structures sonores de sa langue, il considère le babillage comme un jeu vocal, une sorte de « soliloque sans but égocentrique de l'enfant » (Hallé, 1998 ; Kail et Fayol, 2015). Mais la position de Jakobson a été remise en cause à partir des travaux d'Oller, (1980, 1988, 2011) ; Locke (1983) montrant que le babillage était une des premières étapes universelles du développement phonologique, et que celui-ci est lié à la perception de sons d'une langue (Oller et Eilers, 1988) se caractérisant par la production de syllabes correspondant à celles des langues naturelles. Toutefois, il existe une différence avec des enfants sourds puisque ceux-ci ne babilent pas (Oller, 1980 ; Kail, Fayol, 2015).

De même, les travaux (enfants de 5 à 6 mois dans une période de transition vers le babillage) de Whalen *et al.*, (2011) ont montré que l'on trouve des différences prosodiques (intonation et rythme) dans les babillages et que ceux-ci étaient en continuité avec la période précédente, dominée par la prosodie tant en production qu'en perception.

Quant au développement du langage oral, Oller et Lynch (1992) ont décrit cinq étapes du développement prélinguistique de l'enfant qui sont sous la dépendance de la maturation

neurologique et physiologique, du développement cognitif, des interactions environnementales et du développement psycho-affectif.

Ces cinq étapes sont :

Premièrement, les **vocalisations réflexes (0 à 2 mois)** où l'enfant crie et pleure, émet des vocalisations quasi-réflexes. Ce sont des sons végétatifs qui permettent une première élaboration de la coordination pneumo-phonique avec la mobilité bucco-linguo-faciale. En effet, la respiration va subir d'importantes modifications anatomiques au cours du développement et la phonation **entre 1 et 2 mois** sera continue « *sans articulation au cours d'un cycle respiratoire* » (Canault, 2015, p. 9). Le conduit vocal du nouveau-né que l'on pensait comme un modèle réduit de l'adulte est en réalité différent (Kent, 1982) et serait comparé à celui du primate (Lieberman, Crelin et Klatt, 1972). En effet, il possède des caractéristiques bien spécifiques : la taille serait de 8 cm à la naissance et de 17 cm chez l'adulte ce qui expliquerait l'absence de sons comme [u] (Goldstein, 2003; Kent et Murray, 1982) ensuite, le canal oro-pharyngé présenterait une courbure en pente douce au lieu de celui de l'adulte qui possède une courbure à angle droit (Boysson-Bardies, 1996) (Figure 7) et finalement, la position du larynx serait haute chez le bébé permettant à l'épiglotte d'être en contact avec le palais mou. Dans ce cas, le bébé peut déglutir et respirer simultanément (Boë, 2011), la masse linguale, située en avant de la cavité buccale est relativement imposante pour le volume buccal et les possibilités de déplacements linguaux sont limitées et contraints si bien que la langue est presque inerte (Canault, 2015). Aussi, les mouvements globaux seraient contrôlés avant les mouvements fins comme ceux de l'apex et des lèvres (Boysson-Bardies, 1996).

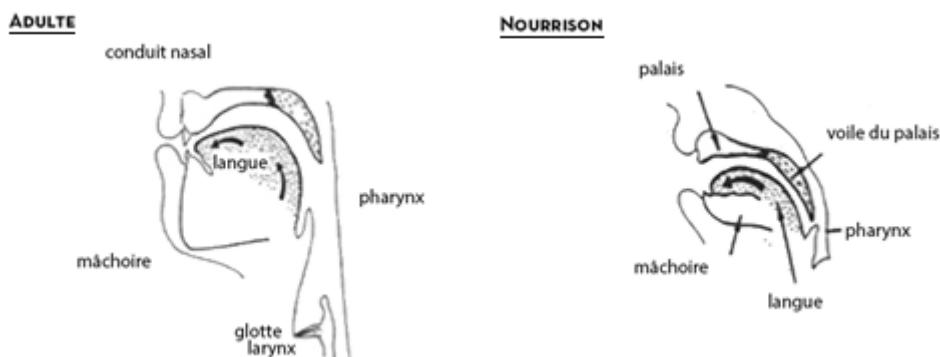


Figure 7 : Maturation du système phono-articulatoire et diversification phonologique : Comparaison du conduit vocal chez l'adulte et le nourrisson (adaptée de Boysson-Bardies, 1996, Comment la parole vient aux enfants, p. 46)

Deuxièmement, au fur et à mesure du développement de l'enfant, la configuration du conduit vocal influencera la motricité bucco-faciale qui aura des répercussions sur les productions précoces telles que les syllabes anarchiques (1 à 4/5 mois) où l'enfant, essentiellement en position couchée, commence à produire des sons principalement laryngés et vélaires (« arrheu »). Ensuite, le bébé commence à moduler la hauteur et l'intensité de ses émissions de voix avec les premières productions vocaliques qui émergeront vers 5 mois avec les sons [a j, a, ə] qui seront limités à cause de la morphologie du conduit vocal.

« Entre 2 à 3 mois, le bébé peut "interrompre sa phonation au cours d'un cycle phonatoire" et entre 3 et 5 mois, il peut superposer les mouvements articulatoires » (Canault, 2015, p. 9). A ce stade la phonation est maîtrisée, mais durant cette période, le thorax va s'abaisser au cours des trois premiers mois avec une fermeture de l'entrée d'air au nez par le velum (voile du palais) grâce à l'avancement du palais et l'ouverture du pharynx, (dès l'âge de 3 mois). A ce même moment, la langue s'allonge, la musculature se développe et l'ouverture du larynx lui donnera une plus grande liberté de mouvements sur le plan horizontal de la cavité buccale bien qu'elle soit encore un peu inerte. Le développement moteur de cet articulateur est dû à l'augmentation de ses déplacements et par l'acquisition d'une plus grande autonomie motrice. Les productions orales seront dues aux changements de position linguale d'un cycle mandibulaire à un autre mais également d'un « cycle syllabique » entre la consonne et la voyelle d'une syllabe.

Par conséquence, un nouveau patron associatif apparaîtra (LC : labial-coronal) avec un contrôle différentiel des gestes de la langue et de la mandibule. Les modifications anatomiques de l'appareil respiratoire ainsi que du conduit vocal lié à la maturité de la région pharyngale permettront d'accéder au **babillage rudimentaire (3 à 8 mois)** qui est la troisième étape.

Les productions syllabiques s'améliorent car le bébé possède un meilleur contrôle des articulateurs notamment entre 5 à 6 mois et les sons produits sont des combinaisons de consonnes et de voyelles grâce à l'intégration des patrons de constrictions permettant l'ouverture du tractus vocal dans les vocalisations (Kern, 2010 ; Canault, 2015). De ce fait, l'enfant peut jouer avec sa voix, en la faisant varier en hauteur tonale et en intensité, il joue avec sa bouche et sa langue. A la quatrième étape, les premiers comportements volontaires font leur apparition progressive avec le **babillage canonique (5 à 10 mois)** (Boysson-Bardies, 1996 ; Kail et Fayol, 2015). Selon Oller (1980), le babillage canonique est un assemblage

articulatoire qui se compose d'un noyau d'énergie, le son vocalique, et du son consonantique qui possède les caractéristiques temporelles de la langue cible. A cette période, les articulateurs sont plus fermes et les productions sont prédominées par des syllabes associant une consonne à une voyelle, les consonnes étant majoritairement des occlusives et des voyelles neutres [a] qui seraient rédupliquées (MacNeilage, 1995, 1998) et isochrones (même durée), (Konopczynski, 1986 ; MacNeilage et Davis, 1995).

Cette production de vocalisations s'opérera grâce à la construction et à l'ouverture du tractus vocal (Canault, 2015). En parallèle, la croissance du conduit vocal se développe au niveau vertical, avec une descente du larynx ayant un impact sur l'épiglotte et le velum présentera une courbure à angle droit.

Entre 6-8 mois, le contact de l'épiglotte et du velum apparaît uniquement lors de la déglutition pour disparaître vers 12-18 mois. Aussi, faut-il préciser que le contrôle du vélum n'est pas encore maîtrisé dans le babillage canonique jusqu'à 7 mois mais qu'au-delà de cet âge, il va s'affiner (Lalevee et Vilain, 2003) en passant par trois étapes décrites par Lalevee (2010). Jusqu'à 7 mois, le velum maintiendrait une configuration stable entre les consonnes et les voyelles successives permettant la production de consonnes nasales associées à des voyelles orales. Dès 7 mois, l'élévation du vélum permettrait à l'enfant de bloquer de l'air dans les fosses nasales lui permettant de produire des séquences de sons oraux et après 16 mois le velum pourrait s'abaisser suffisamment pour produire une voyelle perçue comme étant une nasale (Canault, 2015).

Egalement, c'est aux environs de 8-10 mois que le canal oro-pharyngé présentera une courbure avec l'apparition de la station debout. D'autres études telles que des études translinguistiques montrent que dans le babillage canonique d'enfants de différentes nationalités, on retrouve des tendances préférentielles qui sont la production de consonnes occlusives orales ou nasales avec un lieu d'articulation labial et coronal, une production de syllabes de type consonne et voyelle de la partie inférieure gauche du triangle vocalique avec des associations inter-syllabiques selon un changement de hauteur. Enfin, on retrouve une cooccurrence de babillage dupliqué et de babillage varié (Figure 8 & Figure 9, Kern 2008, 2010).

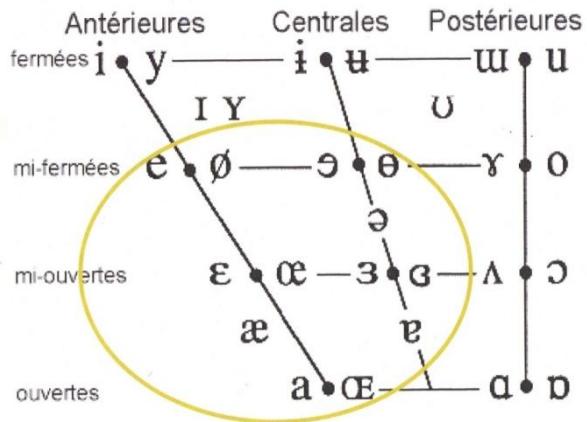


Figure 8 : Le triangle vocalique (Extrait de Kern - Les paroles sans musique : des premières syllabes aux premiers mots, actes de Mini-colloque-concert « de la musique au langage : prosodie et babillage » Lyon, 16 Mai (résumé 2008)

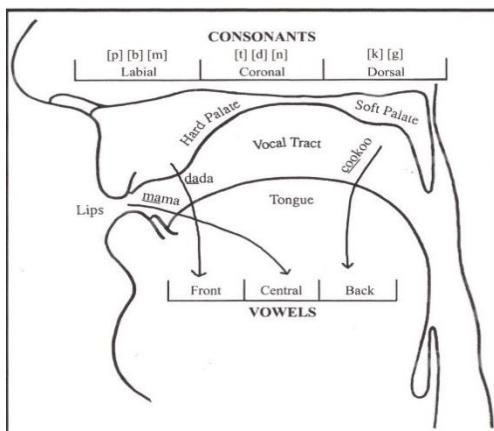


Figure 9 : Association intra-syllabique (Extrait de Kern - Les paroles sans musique : des premières syllabes aux premiers mots, actes de Mini-colloque-concert « de la musique au langage : prosodie et babillage » Lyon, 16 Mai (résumé 2008)

Finalement, arrive la **dernière étape** qui est le **babillage varié et les premiers mots de 9 à 18 mois** et qui impliquerait la différenciation des gestes d'ouverture et de fermeture de syllabes pour favoriser les variations articulatoires entre les consonnes et les voyelles des syllabes d'une séquence notamment à 10 et 12 mois. Vers 10 mois, le babillage varié se définit par un changement des consonnes et/ou de voyelles de syllabes à syllabes avec une faible influence mandibulaire. En conséquence, la variation étant associée au degré d'élévation et d'abaissement de la mâchoire inférieure, les consonnes subissent principalement une modification du mode, un degré de fermeture variable et les voyelles, une modification de l'aperture (MacNeilage, 1994, 1998). A 12 mois, les premiers mots apparaissent avec une certaine continuité du répertoire sonore et des associations entre le stade du babillage et celui des premiers mots (Kern, 2010) contenant des omissions et des substitutions de segments en

faveur des sons les plus simples à réaliser (occlusives substituées aux fricatives), suppressions de syllabes, simplifications de clusters consonantiques (par exemple : fr, gr, ...) duplications de syllabes et harmonisations consonantiques. L'introduction de la charge lexicale va entraîner une compensation cognitive et motrice et le schéma articulatoire va demander un effort moins important (MacNeilage *et al.* 2002 ; MacNeilage et Davis, 2004). A cet âge, le contrôle articulatoire s'accroît dans une théorie appelée « fronting » (MacNeilage et Davis, 2000) avec une prédisposition pour les séquences bisyllabiques dont la première syllabe contient une consonne labiale et la seconde une consonne coronale. Cette combinaison implique l'initiation de la séquence par un cadre pur qui est suivi d'un mouvement lingual lors de la production de la seconde syllabe (ex : [bade]) (MacNeilage et Davis, 2004). Selon la théorie de MacNeilage du « Frame/Content », le « frame » ou cadre correspondrait à l'oscillation mandibulaire et le « Content » ou contenu correspondrait aux mouvements de langue. Ainsi, l'ajout d'une charge cognitive notamment l'expansion lexicale entre 15-24 mois porterait l'intégration des patrons de gestes récurrents dans les segments consonantiques et vocaliques. Ce type d'association est important pour l'évolution et l'acquisition du langage car il élève la complexité ainsi que le nombre de patrons dissyllabiques possibles. Cela signifie que la réalisation du mouvement s'effectue après le premier cadre (au lieu de la positionner dès le début de l'énoncé), une discontinuité de l'output est provoquée ce qui permet d'aborder une étape supplémentaire pour le contrôle de la voyelle médiane qui peut se combiner avec la consonne précédente ou la suivante permettant des combinaisons inimaginables.

De plus, « *des gestes différentiels vont être introduits au sein d'un même cycle oscillatoire, les mouvements de la mandibule, articulateurs dominants vont intégrer les mouvements indépendants de la langue* » (Canault, 2015, p. 20).

Par ailleurs, il faut préciser que conjointement, la maturation et la réorganisation des organes phonatoires sont commandées par « un remodelage du crâne selon deux modes : une expansion radiale avec une rotation de la partie occipitale et de la base du crâne (rotation basicrânienne) qui est due à la poussée du cerveau » (Boë *et al.*, 2008, p.62)



Figure 10 : Production de protosyllabes par cyclicité mandibulaire dans la théorie du Frame/Content (Extrait de Boë et al., 2013, *L'émergence de la parole : aspects historiques et épistémologiques d'une nouvelle réarticulation*, p. 27)

A gauche, la mâchoire est en position haute produisant une occlusion au niveau des lèvres ou la zone alvéodentale, soit une proto-consonne de type [b] ou [d]. A droite, la mâchoire est en position ouverte, ce qui produit la proto-voyelle de type [a]

En effet, la rotation basicrânienne diminue l'angle sphénoïdal et la croissance mandibulaire permettrait l'abaissement du palais dur mais également celui de l'os hyoïde et par conséquent du larynx. La croissance mandibulaire s'accompagne d'une diminution de l'angle goniaque et d'une verticalisation de l'oropharynx. Aussi, c'est sous l'influence de la station debout que se développe la morphologie du pharynx en tube coudé. Donc, cette verticalisation libère de l'espace pour la base de la langue permettant un déplacement antéro-postérieur du corps de la langue et provoquant une relocalisation de l'ensemble des muscles (Meloni, 2014). Tout cela aboutira à la maturation du système phono-articulatoire et à la diversification phonologique.

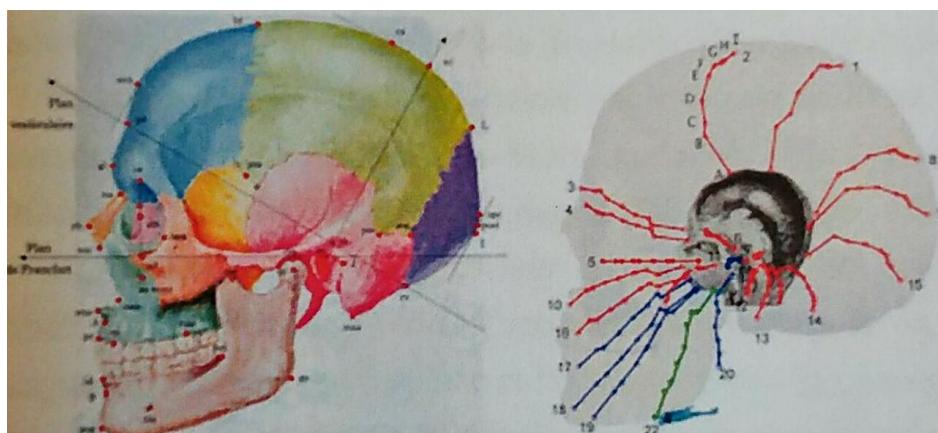


Figure 11 : Illustration du remodelage du crâne (Extrait de Boë, 2008, *la croissance de l'instrument vocal : contrôle, modélisation, potentialités acoustiques et conséquences perceptives*, p.62)

A gauche, illustration des points de repères (vue sagittale), à droite, évolution de ces points de repères à 9 stades (de A à I) pour des fœtus de 5 à 7 mois, à la naissance, à 8 mois 1/2, à 2 ans, à 4 ans, à 8 ans 1/2, à 14 ans, à l'âge adulte.

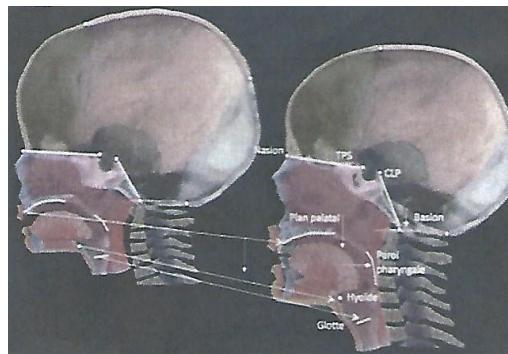


Figure 12 : Restructuration complète du crâne, du rachis et du conduit vocal de la naissance à l'âge adulte (Extrait de Boë et al., 2013, « L'émergence de la parole : aspects historiques et épistémologiques d'une nouvelle réarticulation » (2013, p.23)

Conclusions partielles

L'émergence du contrôle articulatoire suivrait un cheminement au cours duquel plusieurs phases s'enchaîneraient. « La première sous-tend la mise en place de patrons gestuels autonomes, la seconde implique l'assimilation de nouveaux patrons plus complexes et la dernière suppose que les modèles acquis se spécialisent et s'affinent pour se rapprocher des configurations cibles » (Canault, 2015, p.18). La coordination temporelle et spatiale entre les articulateurs est plus longue à se mettre en place notamment pour les lèvres ou le velum. Aussi, les mouvements linguaux et mandibulaires vont évoluer jusqu'à l'âge de 8-11 ans pour s'affiner jusqu'à l'adolescence, ainsi que la coordination entre la mandibule et les parties de la langue, la synchronie entre la pointe de la langue et la mandibule augmenteront avec l'âge. Egalement, le dos de la langue et la mandibule offriraient « des patrons cinématiques plus coordonnés, les patrons cinématiques ou la variabilité spatiale et temporelle des patrons de mouvements font partie des paramètres expliquant la précocité du contrôle mandibulaire. Que ce soit pour la mastication, la succion ou le babillage, ceux-ci se rapprochent de ceux de l'adulte dès l'âge de 9 mois » (Canault, 2015, p.18).

Grâce à sa structure rigide, la mandibule serait le premier articulateur à atteindre sa maturité, contrairement à la langue et les lèvres qui engendreraient plus de contraintes pour le système nerveux (Green et al., 2002). La maturation de cet articulateur interviendrait au cours de la première année (Green et al., 2000, 2002). Aussi, durant cette première année, les enfants développent simultanément les comportements oro-moteurs langagiers, alimentaires et les mouvements mandibulaires de base seraient prédominants dans les deux types d'activité. Donc, ce lien étroit serait dans une réponse phylogénétique de la théorie de Darwin (1859)

selon laquelle le processus d'évolution répond au principe de descendance avec modifications, en d'autres termes « *on ne construit pas de nouvelles structures à partir d'éléments non préexistants mais au contraire, on s'approprie ce qui est disponible et on le réaménage* ». Mac Neilage (1998) pense que l'ontogenèse (les grandes étapes psychomotrices de l'enfant rappellent les modes de vie et le déplacement des autres espèces vivant sur terre) associée à la phylogénèse (les systèmes nerveux se sont complexifiés pour permettre des déplacements de plus en plus grands et complexes) explique cette relation entre les cycles d'ingestion et de parole (alternance de l'ouverture et fermeture de la mandibule et la réorganisation des cycles d'ingestion des mammifères).

Suivant l'hypothèse de Mac Neilage (1995, pp.1199-1211) « les premières formes de structuration du langage ne seraient pas le résultat d'un développement moteur, mais plutôt celui des fortes contraintes imposées par la mandibule » et le contrôle de la mandibule serait le premier à atteindre sa maturité (Green *et al.*, 2000) au cours du processus d'acquisition de la parole et que la fonction de parole apparaîtrait quand le bébé serait en mesure de libérer ses mouvements mandibulaires du rythme intrinsèque de l'oscillation mandibulaire. La variation temporelle serait un indice de l'émergence du contrôle mandibulaire. Le modèle biomécanique à la base de la théorie motrice de MacNeilage (1998), MacNeilage et Davis (1990) « Frame/Content » ou « cadre /contenu » (1990) s'appuie sur le fait que le babillage apparaît à 6 mois chez tous les enfants « pseudo normaux » du monde (théorie universelle) quel que soit l'environnement linguistique (Lalevée et Vilain, 2006). Le babillage présente des caractéristiques universelles car les cycles mandibulaires sont identiques pour toutes les langues maternelles sauf pour les enfants sourds qui ont une production réduite (Mac Caffrey, Davis, MacNeilage, Von Hapsburg, 1998), ayant un babillage canonique tardif avec de nombreuses structures atypiques (Oller et Eilers, 1998), un inventaire consonantique réduit (Locke, 1983 ; Stoel-Gammon, 1998) ainsi que de nombreuses omissions consonantiques (Mac Caffrey, Davis, MacNeilage, Von Hapsburg, 1998) et un espace vocalique restreint (Mac Caffrey *et al.*, 1998).

D'après la théorie « Frame/content », le rôle de la motricité dans les productions du babillage est fondamental puisque le babillage est généré à la base par le système de contrôle neuromoteur de la mandibule qui permet le cycle d'oscillation mandibulaire (MacNeilage, 1998) en particulier par ses rythmes d'oscillations spontanés.

Au niveau moteur, les bébés répètent ces gestes d'abaissement et d'élévation de leur mandibule. Ainsi, ce cycle biphasique alternant des phases de fermeture et d'ouverture du tractus vocal (en continuité par des mouvements) permettra le processus de vocalisation, générateur de syllabes. Ce qui permettra de poser le cadre d'articulation. Au niveau acoustique, il existe un contraste entre des closants (patron consonantique) produits par la configuration du conduit vocal fermé et des vocants (patron vocalique) produits avec un conduit vocal ouvert, le rythme est ainsi sous le contrôle du geste mandibulaire. (Mennella, 2011).

Toutefois, Whalen (2011) réfute la théorie de MacNeilage et Davis (1998, 2004) dont l'hypothèse est que le babillage varié résulte d'une modulation libre du cadre dans sa dimension verticale et que seule la combinaison « Frame/Content » est génératrice de syllabes avec une variation associée au degré d'élévation et d'abaissement de la mâchoire inférieure ce qui permet la production de consonnes (due à la modification du mode, soit un degré de fermeture variable) et de voyelles (due à la modification de l'aperture) avec l'intervention de la langue. Or, Whalen (2011) pense d'une part que la langue est libre pour s'adapter à n'importe quelle position lors de la réalisation des voyelles et que d'autre part l'organisation motrice à la base du babillage et de la parole ne peut être liée à l'organisation de coordination des tâches liées à la nutrition, telles que de sucer ou de mâcher. Selon lui, il existerait un contrôle articulatoire entre le stade du babillage et l'apparition des 1ers mots en soutenant la théorie de Goldstein (2003) qui apporte un nouvel "éclairage" avec *la phonologie articulatoire* permettant des centaines d'association et de réalisations notamment, la combinaison de consonnes et de voyelles de façon synchronisée avec des gestes vocaliques impliquant la langue car celle-ci peut se mouvoir dans toutes les directions afin d'aboutir à son objectif. Cela permettrait d'arriver à la combinaison essentielle de trois types de syllabes présents durant le stade du babillage chez l'enfant telle que l'association de consonnes labiales avec une voyelle neutre [bababa], de consonnes coronales avec une voyelle antérieure [tə, də] et finalement, le couplage de consonne vélaire avec une voyelle postérieure. Selon lui, la phonologie articulatoire tient compte non seulement de la mâchoire mais également des interactions entre les articulateurs lors du babillage ce qui engendre « des gestes articulatoires » comme l'activité de l'appareil vocal ainsi que les différents organes vocaux organisés de manière temporelle (Browman et Goldstein, 1989 ; Goldstein et Fowler, 2003). Parmi ces gestes articulatoires, il y a les gestes individuels consonantiques ou vocaliques qui peuvent être coordonnés à l'aide d'oscillateurs associés à la planification de gestes et à la coordination

rythmiques (Haken, 1985 ; Turvey, 1990). Aussi, le développement de la motricité buccofaciale pour le développement du contrôle articulatoire est un processus qui demande la coordination spatiale et temporelle des différents articulateurs notamment, le développement vocal semble être essentiel pour le développement pertinent de la parole.

Donc la phonologie articulatoire est fondée sur une théorie « biomécanique » de la parole qui énonce que l'alimentation des nourrissons montre un contrôle important de la langue, des lèvres. D'où la réponse de MacNeilage (2011) à Wahlen : les associations consonantiques et vocaliques au sein d'une syllabe font partie des éléments témoignant du faible engagement des articulateurs et que ces schémas associatifs s'établissent sur la base du cadre biphasique de l'oscillation mandibulaire. Aussi, leur organisation montre peu de participation de la langue pendant la transition consonne/voyelle et la simple oscillation mandibulaire est responsable des associations de type consonne labiale et voyelle neutre.

A partir de cela, la combinaison de la théorie "du Frame/Content" de MacNeilage (2011) et celle de la phonologie articulatoire de Wahlen (2011) donnent naissance à l'existence de trois types d'association de consonnes avec les voyelles au sein de la syllabe pendant la période de babillage dont voici les descriptions (Canault, 2015) :

1. Les cycles de ces gestes sont appelés « **pure frame** » (MacNeilage, 1994), ou « cadre pur » désignant une absence totale de contraintes sur un quelconque contenu segmental. En pratique, le stade du babillage est la conséquence du déplacement vertical de la mandibule **uniquement du cadre en absence du contenu**. La simple oscillation mandibulaire serait responsable de l'association consonne labiale avec une voyelle neutre [bababa].

L'élévation de la mandibule suffirait à réaliser l'occlusion du conduit vocal dans la cavité buccale avec le maintien de la langue en position de repos en cours de son abaissement (Rousset, 2004 ; Canault, 2015).

2. Les cycles de gestes sont appelés « **fronted frame** » ou « cadre antérieur » lorsque la langue peut se positionner plus avant dans la cavité buccale produisant l'association de consonnes coronales avec une voyelle antérieure [tə, də].
3. Les cycles de gestes sont appelés « **backed frame** » ou « cadre postérieur » lorsqu'il y a une association consonne vélaire avec une voyelle postérieure, donc, le positionnement lingual est postérieur [k̬y, g̬y].

En conséquence, à partir de 6 mois, pendant le « babillage canonique », le bébé expérimente les modulations de sa voix en effectuant des cycles de mâchoires vocalisées qui produisent une majorité de réduplication dite protosyllabes qui sont en alternance avec des protovoyelles (bouche ouverte [da]) et de protoconsonnes (bouche fermée [ba]) correspondant au précurseur de la syllabe qui est présente dans toutes les langues (Rousset, 2004). Les protosyllabes canoniques [babab] sont plus présentes au début du « babillage canonique » que les protosyllabes variées [papoki] durant le « babillage non réitéré » mais celles-ci seront de plus en plus présentes au fur à mesure de l'évolution du langage. Donc, la parole se présente comme un flux sonore continu résultant de la mise en œuvre des organes de l'articulation qui produisent une suite de sons avec une anticipation articulatoire (Boë *et al.*, 2013) en associant les théories du « Frame/Content » de MacNeilage et de la phonologie articulatoire de Whalen en relation avec le développement des articulateurs.

II.3.1.1.3.2 Relation entre l'émergence de la parole et l'alimentation-déglutition

Boë *et al.*, (2008, pp. 59-80) se sont placés dans une démarche phylogénétique en émettant l'hypothèse que l'émergence de la parole et du contrôle articulatoire serait « *le résultat d'une conjonction remarquable entre l'existence d'un système auditif très sophistiqué et d'organes destinés à respirer, mastiquer et déglutir, également, entre l'utilisation et la spécialisation de ces organes comme instrument vocal capable de produire en coordination avec la respiration, des signaux sonores complexes et finalement, entre l'émergence de capacités cognitives* ». Ceux-ci défendent la théorie que l'émergence de la station debout aurait permis une modification du conduit vocal jusqu'à l'Homo Sapiens dont la morphologie du conduit vocal est similaire à celui de l'homme actuel. Toutefois, cette maturation du tractus vocal n'aurait pas suffi à produire des verbalisations, notre ancêtre, l'Homo Sapiens a dû évoluer et progresser dans le contrôle de son instrument vocal à travers l'alimentation-déglutition.

C'est par l'ingestion alimentaire que les primates hominidés auraient pu améliorer leur contrôle du conduit vocal avec l'évolution et le développement des capacités cognitives telles que des capacités d'adaptation au milieu environnemental par la fabrication d'outils pour se défendre et pour chasser.

Aussi, au niveau cérébral, grâce aux traces des cerveaux laissées sur les crânes, nous observons l'augmentation de la surface des aires associatives impliquant que ces changements cérébraux

pourraient être causés par des mutations génétiques permettant l'articulation comme celui du gène FOXP2 survenue après l'apparition d'*Homo Sapiens*.

Par ailleurs, les travaux de Gentilucci et Corballis (2006) émettent l'idée que la parole aurait évolué à partir des gestes manuels notamment chez les primates, en plus du traitement latéralisé des signaux acoustiques et des vocalisations se serait rajoutée une gestuelle de la main droite qui aurait renforcé la latéralisation gauche des processus du langage (la commande motrice de la main droite provient de l'hémisphère gauche). Pour ces auteurs, le langage émanerait de la mobilisation complexe main/bouche dans un contexte de l'alimentation et l'autonomisation de la parole serait intervenue tard dans l'évolution en faveur de mutations génétiques, celle du gène FOXP2 apparaissant bien après l'*Homo Sapiens*. Pour Giraud (2008), en observant les espèces animales, nous constatons que beaucoup d'espèces présentent une asymétrie droite/gauche dans le traitement auditif. Cette asymétrie constitutive du système auditif précède l'apparition du langage et sa latéralisation à gauche. Malgré cette théorie spéculative, les recherches observées chez Giraud (2008) démontrent que l'activité corticale correspondant aux différentes bandes de fréquence d'oscillation critique pour la perception et la production s'étend également aux régions motrices de la main. Ainsi donc, il existerait un lien étroit entre les objets vocaux et objets du monde par le biais du geste de pointage qui est plus qu'un geste co-verbal, car son émergence est liée aux étapes de développement langagier et permet une mise en relation multimodale (labial, manuel, facial, oculaire, vocal...) (Schwartz, Loevenbruck, 2013).

II.3.2 APPOINT NEUROLOGIQUE : RELATION PAROLE ET DEGLUTITION

Au niveau neurologique, la relation entre les cycles d'ingestion et la parole pourraient s'expliquer par l'existence en commun de propriétés cérébrales du fait que la région inférieure du lobe frontal recouvrant l'aire de Broca chez l'homme serait le principal lieu cortical de contrôle des processus d'ingestion chez les mammifères (Woolsey, 1958). Également, les aires 44 (Broca) et 6 de Brodmann seraient à la fois impliquées dans la mastication (Luschei et Goldberg, 1981) et la parole.

De plus, l'émergence soudaine du babillage vers 6-7 mois serait contrôlée par l'aire motrice supplémentaire (AMS) et non par l'aire de Broca (Abry *et al.*, 2001) située dans le cortex frontal inférieur (cortex cingulaire antérieur) (figures 13 à 16).

Cette aire motrice supplémentaire pourrait prendre en charge « le cadre » sans s'occuper du « contenu » de la syllabe (Mennella, 2011 ; Schwartz et Loevenbruck, 2013) cela signifie qu'elle serait impliquée dans la génération du cadre syllabique (Canault, 2015).

En effet, d'après MacNeilage (1994), la stimulation électrique de l'AMS susciterait la production de vocalisations syllabiques rythmiques rédupliquées. Par ailleurs, Locke (1993) émet l'hypothèse de l'existence d'un mécanisme commun dans le cortex périsylvien gauche qui contrôle les mouvements rythmés de la main et le tractus vocal avec des connexions dentrites qui sont plus importantes entre les aires manuelles et vocales motrices de l'hémisphère gauche que dans les aires homologues de l'hémisphère droit.

En pratique, ceci se manifeste par une facilitation d'attraper les objets qui sont posés à leur droite à distance égale en parallèle, la maîtrise d'un phonème ne peut être complète avant que l'enfant n'ait articulé ce phonème dans une variété d'environnements phonétiques qui concordent avec les environnements possibles de sa langue (Schmidt, 1975) et la perception de la parole, (Mac Leod, Brosseau-Lapre, Rvachew, 2008). Donc, cela pourrait expliquer, l'augmentation des contacts « main droite » / objets, au même moment durant le stade du babillage avec une augmentation de l'activité rythmique manuelle et une préférence pour les jouets sonores. Enfin, le lien existant entre développement du langage et celui des comportements alimentaires serait observable à travers l'étude des troubles de la sphère orofaciale. Notamment des enfants présentant un trouble de l'oralité alimentaire auraient plus de risques d'avoir un trouble de l'oralité verbale (Vannier, 2008 ; Palladino *et al.*, 2007). De plus, des études axées sur le développement d'enfants prématurés montrent des troubles du développement du langage oral parce que ceux-ci ont manqué de stimulations orales précoces. En conséquence, selon Le Reverend *et al.* (2014), il existerait une « réorganisation » de l'anatomie oro-faciale durant la période de la diversification alimentaire qui aurait des répercussions sur l'organisation temporelle du babillage de l'enfant tout venant (Hieulle et Moinard, 2015).

Aussi c'est au cours de la phylogénèse et de l'ontogenèse que la parole a été acquise à partir d'une spécialisation de gestes de mastication-déglutition avec toute une nouvelle réorganisation de leur contrôle.

Ainsi donc, le binôme mastication-déglutition serait fortement latéralisé à gauche, étant le siège de la production orale et les mouvements volontaires de la langue se situant au niveau du cortex pariétal antérieur.

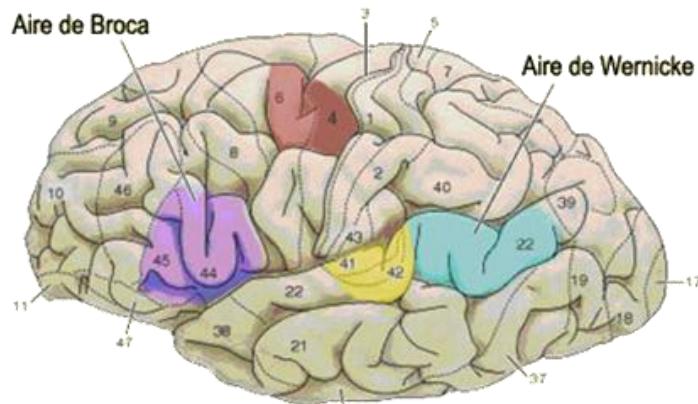


Figure 13 : Aire de Broca.

Source : <http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html>

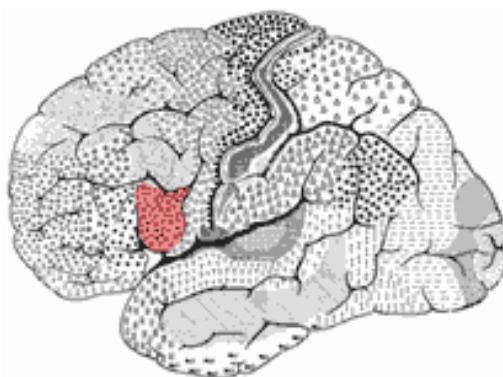


Figure 14 : Aire 44 de Brodmann

Source : <http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html>

L'aire 44 de Brodmann se situe dans le cortex frontal située en avant du cortex pré moteur (frontal et aire 6). Elle correspond à une partie du **gyrus frontal inférieur** et est impliquée dans des fonctions sémantiques (production du langage, hémisphère gauche) et dans le traitement phonologique et syntaxique.

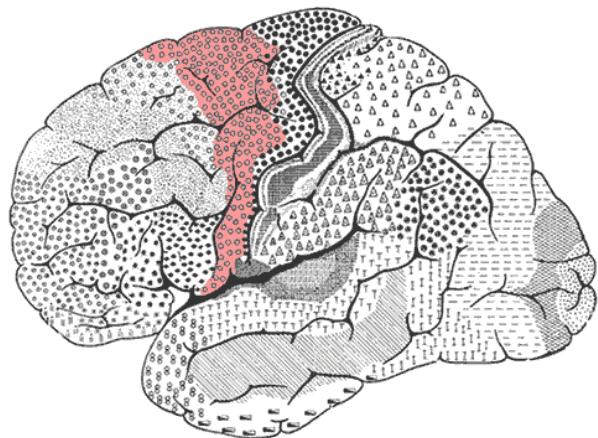


Figure 15 : Aire 6 de Brodmann.

Source : <http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html>

L'aire 6 de Brodmann se situe sur le cortex frontal et est composée de deux aires fonctionnelles qui sont le cortex pré moteur et l'aire motrice supplémentaire (AMS). Elle est impliquée dans la planification de tâches complexes et de mouvements coordonnés.

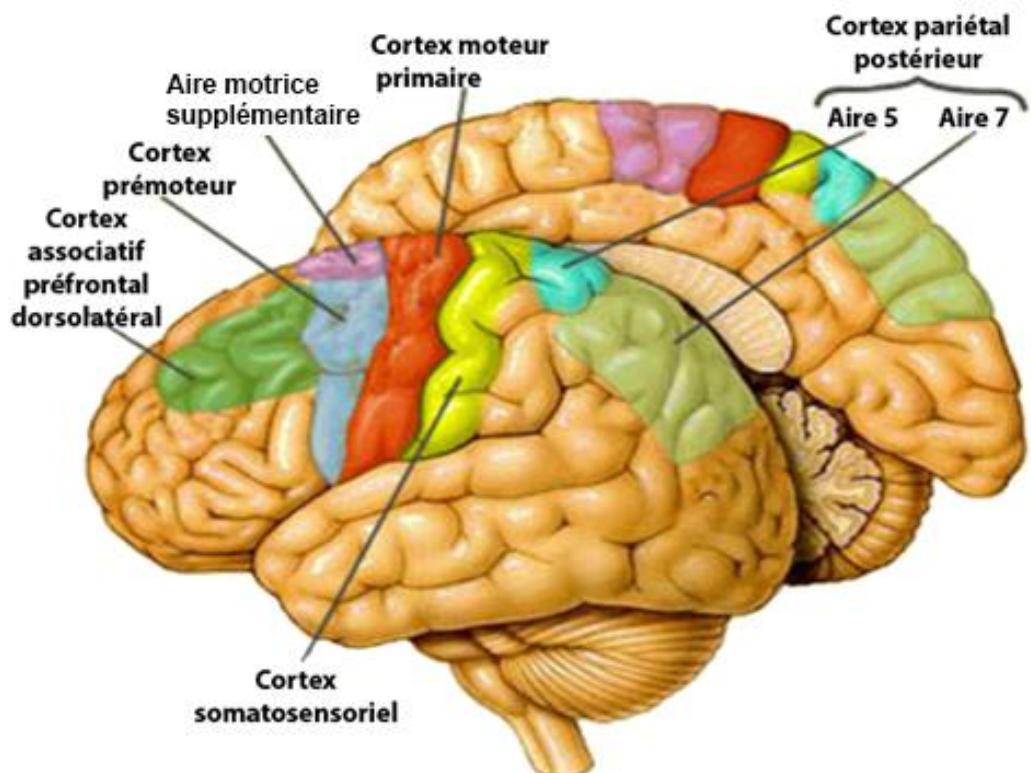


Figure 16 : Aire Motrice Supplémentaire (AMS) et le cortex pré moteur

Source : <http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html>

Conclusions partielles

En conséquence, suite à la littérature et aux progrès scientifiques tout particulièrement en neurosciences, il apparaît qu'il existe une corrélation entre le développement de la déglutition-mastication et l'émergence de la parole avec le développement du contrôle de la mandibule et des organes des articulateurs car nous savons que la parole est une fonction superposée, étant donné que nous utilisons les mêmes organes aussi bien pour « parler » que pour « manger ».

Le complexe tractus vocal et tube œsophagien étant au départ dédié uniquement aux fonctions de la respiration et de la déglutition, ceci nous amène à développer la quatrième section intitulée : "L'oralité alimentaire".

II.4 L'ORALITE ALIMENTAIRE

II.4.1 INTRODUCTION

Etymologiquement, le terme d'oralité provient du latin et signifie « au travers de la bouche », et a été utilisé dans un premier temps en psychanalyse. Ensuite, ce terme d'oralité s'est propagé à d'autres disciplines et actuellement, correspond à tout ce qui a trait à la bouche.

Selon Thibault (2007, p.5), « l'être vivant, tout au long de son parcours, est mû par l'oralité. Tout ce que fait un être vivant avec sa bouche, sucer, manger, communiquer, embrasser... dès l'état d'embryon et jusqu'à son dernier souffle, met en œuvre des enjeux d'oralité ».

La fonction orale étant fondatrice de l'être, Trost et Trouilloud (2011) décrivent « anatomiquement » la cavité orale qui est située entre les fosses nasales en haut et le plancher oral en bas. Sa charpente est formée par le palais osseux et le corps mandibulaire. De même, cette cavité orale est délimitée en arrière par l'isthme du gosier et communique avec l'oropharynx, en avant par la fente orale et les lèvres. Sa paroi latérale est formée par les joues et sa face supérieure est constituée du palais dur, du voile du palais, ensuite, sa face inférieure est composée d'un plancher buccal.

Aussi, le dictionnaire médical de l'Académie de Médecine (2016) définit la cavité orale comme un espace limité en avant et latéralement par les arcades dentaires.

Cette cavité orale fait partie d'une entité anatomique supérieure : le conduit ou tractus vocal, qui s'étend du pharynx à la ceinture labiale et constitue la partie initiale de l'appareil digestif

en réalisant l'insalivation, la mastication, la gustation, la déglutition des aliments, la communication, la respiration, la phonation, l'expression du visage en occupant le tiers inférieur de la face, située entre les maxillaires et la mandibule. Compte tenu de cette localisation, la cavité buccale est au carrefour de plusieurs fonctions notamment la déglutition, qui grâce à la coordination et la synchronisation des différentes structures anatomiques protège les voies respiratoires lors de l'alimentation (Puesch, Woisard, 2004).

En conséquence, le développement des fonctions pré-linguistiques comprenant la succion, la mastication, la déglutition, la respiration prépare l'articulation pour permettre la production de sons, de syllabes et de mots au regard des différentes étapes de l'ontogenèse et de la phylogénèse grâce la maturation du conduit vocal en se développant selon les contraintes biomécaniques de la mandibule. C'est pourquoi nous aborderons la fonction d'alimentation-déglutition ainsi que les changements de mode alimentaire qui pourraient engendrer un meilleur contrôle articulatoire.

II.4.2 EMERGENCE ET EVOLUTION DE LA DEGLUTITION

Nous décrirons les différents modes de déglutition depuis la vie fœtale jusqu'à l'âge adulte sachant que dans le développement, l'enfant aura dans un laps de temps court, trois types de déglutitions différentes : La déglutition fœtale de 12 à 40 semaines suivie de la déglutition du nouveau-né et du nourrisson de 0 à 6-8 mois pour aboutir à la déglutition adulte de 6-8 mois à 6 ans.

II.4.2.1 La déglutition fœtale (12 à 40 semaines)

La parole résulte d'un long processus de maturation qui débute « *in utero* » pour se poursuivre tout au long de la vie. Ainsi, le développement corporel joue un rôle important dans le développement de la bouche, également, la bouche joue un rôle important dans l'ensemble du corps.

II.4.2.1.1 L'embryogenèse

La phase de « préparation » débute au stade embryonnaire durant lequel les organes vont se différencier et se multiplier, (Abadie, 2004, pp. 57-68) "C'est au cours des deux premiers mois de l'embryogenèse que la cavité primitive orale ou buccale, aussi appelée stomadum, se met en place. Alors que le cerveau et les structures faciales sont constitués d'un tissu provenant d'une même structure embryonnaire, ils vont se différencier lors de la troisième semaine. Des

bourgeons se dessinent suite à la division active de cellules, donnant à la fin du premier mois les cinq bourgeons faciaux primordiaux : le bourgeon frontal, les bourgeons mandibulaires et les bourgeons maxillaires" (figure 19). Chacun de ses bourgeons fusionne et se structure, individualisant ainsi la tête. Le bourgeon frontal en s'épaississant permet à la bouche, au nez et aux yeux d'apparaître. Aussi, Le menton, la lèvre inférieure et une partie de joues se forment à partir de la fusion des deux bourgeons mandibulaires ainsi que les bourgeons nasaux internes donnent naissance au nez, à la lèvre supérieure, à l'arcade dentaire supérieure et au palais primaire, progressivement, la face se dessine (figure 20). La bouche embryonnaire et le nez sont constitués d'une même peau : l'ectoderme. A ce stade, nous percevons une « *unité d'origine de l'oralité buccale et gustative, et de la nasalité ventilatoire et olfactive* » (Thibault, 2007, pp. 5-13). Egalement, le pharynx possède une origine endodermique et communique avec la bouche ectodermique.

Finalement, la langue se forme au même moment que le palais ; elle se développe à partir de divers bourgeons sur le plancher du pharynx et les trois bourgeons issus de l'arc mandibulaire vont donner naissance aux deux tiers antérieurs de la langue qui est composée, à ce niveau, aussi bien de tissu d'origine ectodermique qu'endodermique. Son tiers postérieur est formé à partir de matériau issu de la fusion des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} arcs pharyngiens. Le tissu étant endodermique, donc, le développement de la langue est issu de la fusion de divers arcs pharyngiens, ceci ayant des conséquences sur son innervation complexe : innervations sensitive, sensorielle et motrice. Par ailleurs, la musculature de la langue provient des cellules musculaires mais avec des fonctionnements différents. « *Elle est recouverte d'une peau muqueuse linguale, avec différentes papilles, qui comporte tous les attributs spécifiques cutanés tels que l'organe de la douleur, du toucher, de la pression, du froid, du chatouillement, de la chaleur, de la traction et du goût* », (Thibault, 2007, pp. 5-13). Celle-ci descend de la fosse nasale pour se loger dans la bouche ; le palais secondaire peut commencer à se former.

Cette formation est assurée par les processus palatins des bourgeons maxillaires, qui, à la septième semaine, ont pivoté pour s'horizontaliser et fusionner entre eux (figure19). Durant cette période, la tête du fœtus se relève. Ces deux séquences associées permettent la fermeture du palais secondaire et c'est à ce moment que les fentes palatines peuvent apparaître en raison d'un défaut de fusion (Barthelemy, 2010). En conséquence, la langue est un organe clef de l'oralité en ce qui concerne son rôle ventilatoire indirect, sa participation dynamique à la déglutition, à la mastication ou à la phonation. Au cours de son

développement neurophysiologique, celle-ci est soumise à un degré croissant de complexité praxique et gnosique (Figure 17, Figure 18, Figure 19).

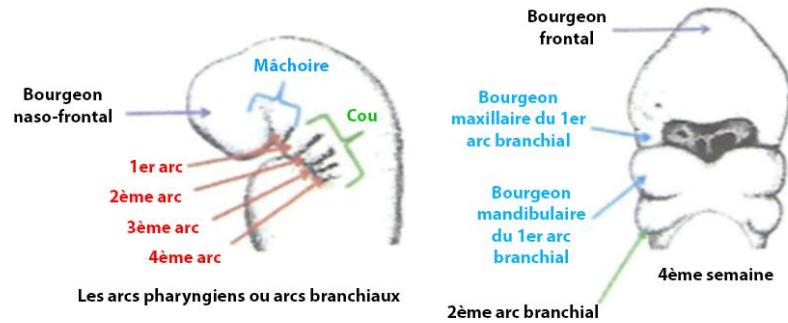


Figure 17 : « Orthophonie et oralité » : Extrait de : (Thibault, 2007, p. 154) A gauche, les arcs pharyngiens et à droite, la formation des cinq bourgeons faciaux primordiaux

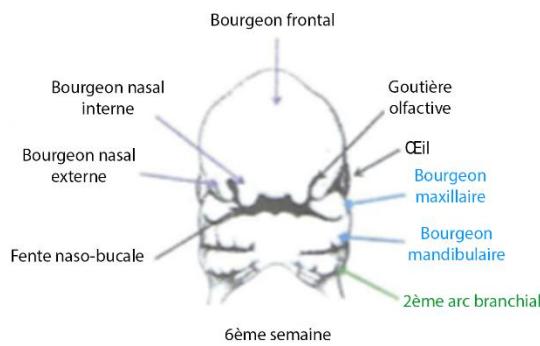


Figure 18 : (Thibault, 2007, p. 154) « Orthophonie et oralité » : Formation de la cavité bucco-nasale. Formation de la face et du cou (6^{ème} semaine de gestation)

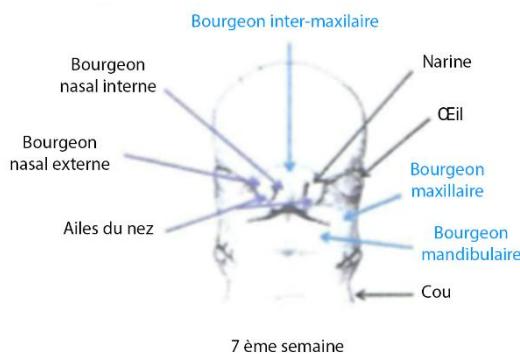


Figure 19 : (Thibault, 2007, p. 154) « Orthophonie et oralité » : Formation de la cavité bucco-nasale. (7^{ème} semaine de gestation.)

II.4.2.1.2 Les premiers réflexes oraux et le réflexe de Hooker

Au niveau du stade fœtal, au cours du 3^{ème} mois de l'embryogenèse, « l'oralité débutante » est marquée par l'apparition du réflexe de Hooker qui est la première exploration réflexe marquant le passage du stade embryonnaire au stade fœtal (Thibault, 2007, pp. 13-14).

A ce moment, les automatismes oraux apparaissent permettant à l'enfant d'ouvrir et de fermer la bouche ce qui entraîne les premiers mouvements respiratoires et des premières manifestations d'exploration de son propre corps (par exemple : la main touche les lèvres, la bouche s'ouvre et la langue sort pour toucher la main). Toutefois, selon Thibault (2010), c'est vers la dixième semaine que les premiers mouvements antéropostérieurs de succion apparaissent.

II.4.2.1.3 Les premières succions-déglutitions

D'après Senez (2002), il faudra attendre la onzième semaine pour que les premières déglutitions apparaissent. Celles-ci se traduisent par des petits mouvements de lapement de langue (propulsion et rétropulsion de la langue). Donc, la succion apparaît avant la déglutition (Thibault, 2010), vers la 28^{ème} semaine de gestation, la succion non nutritive apparaît alors que la succion nutritive est fonctionnelle vers la 33^{ème} et 34^{ème} semaine de gestation. Ces mouvements de langue vont permettre à l'enfant de goûter différentes saveurs par le biais du liquide amniotique et « *tout ceci montre que, entre la vie intra utérine et la vie néonatale, une continuité se fait par les canaux sensoriels olfactifs et gustatifs où l'enfant est imprégné des odeurs émises par la mère, lui permettant de se repérer dans son environnement post-natal* » (Senez, 2002, pp. 17-25).

Ensuite, arrivera la déglutition du nouveau-né ou du nourrisson avec le binôme succion-déglutition qui permettra à la succion nutritive d'être automatico-réflexe.

Le passage d'un milieu aqueux où la pression est constante, à un milieu aérien, modifie la stratégie de déglutition. Cela signifie que le lapement n'est plus efficace, mais il faut désormais aspirer le lait et le propulser vers l'estomac, c'est ce que l'on appellera : la succion-déglutition. Donc, à la naissance, la succion nutritive est automatico-réflexe et, la langue est en protrusion avec les lèvres qui s'avancent vers la source d'excitation, puis celle-ci se retire permettant aux lèvres de se fermer sur la tétine ou le mamelon. Ainsi débute la succion que nous appellerons "suction-déglutition nutritive" qui s'opérera à travers l'allaitement au sein et par l'allaitement

au biberon. Cependant, il existe une succion non-nutritive dont le rôle serait le perfectionnement de la commande motrice et des capacités musculaires présentes chez le nourrisson.

II.4.2.1.4 Description de la succion-déglutition nutritive

Après le déclenchement du réflexe de fousissement, les lèvres se contractent autour du mamelon et, la langue vient se placer au-delà de la gencive inférieure, en prenant la forme d'une gouttière sous l'aréole et le mamelon tout en effectuant des mouvements horizontaux. Aussi, le nourrisson maintient le mamelon bien au fond de sa cavité buccale semblable à un réservoir pour exercer une pression entraînant l'éjection du lait maternel grâce aux joues qui se contractent et les mouvements de la mâchoire. A ce moment-là, le lait n'est pas encore dégluti, cependant, durant cette phase, le nourrisson respire, son voile du palais est abaissé et la base de la langue sépare la cavité buccale de l'oropharynx. Tout ce mécanisme est impossible chez l'adulte, seule l'anatomie du nourrisson le permet car son larynx est en position haute jusqu'à 18 mois environ. Toutefois, lors de l'alimentation au biberon, le nourrisson exerce une pression sur la tétine et le pincement des gencives sur celle-ci permettra au trou de s'ouvrir et de laisser passer du lait. Dans ce cas, la langue se place derrière la gencive inférieure, légèrement en protrusion, réalisant des mouvements verticaux pour l'aspiration du liquide. Pour Senez (2002, pp. 22-25), « *la réussite d'une succion dépend de la capacité de l'enfant à faire ces variations de pression dans la cavité buccale* ». Quant aux mouvements mandibulaires, ils sont moins nombreux et moins énergiques.

En plus, durant la phase de préparation buccale commence une séquence de rythmée de trois à quatre coups de pression alternative correspondant à un mouvement de la langue qui propulse le lait en arrière. Ces séquences se déroulent rapidement faisant croire que le nouveau-né ne s'arrête jamais de respirer car une hyperpression se crée, entraînant le lait vers l'oropharynx et un arrêt bref de la respiration.

II.4.2.2 Période transitoire vers la déglutition adulte

Grâce à la maturation cérébrale, l'enfant passe d'une succion-déglutition primaire réflexe à une succion-déglutition volontaire permettant à l'enfant de déclencher ou d'arrêter sa succion lorsqu'il le souhaite (Senez, 2002). La succion ne sera stimulée que jusqu'à 4-5 mois, au-delà, on proposera de passer à la cuillère qui se fait conjointement avec le développement des acquisitions des habiletés oro-motrices et au moment où la diversification alimentaire

correspond à une variation progressive des goûts et de la texture alimentaire, c'est-à-dire passage de la texture lisse (liquide) vers la texture homogène lisse (mixée lisse), ensuite de la texture tendre en morceaux (mouliné) pour aboutir à la texture hachée et terminer aux morceaux entiers. Toutefois, l'introduction des premiers morceaux se fera en parallèle avec l'éruption des premières molaires qui se situe entre 12-17 mois, afin de répondre aux besoins accrus du nourrisson (en fer, en protéine, en calories...) associés à des signes montrant que l'enfant est prêt à manger lorsque celui-ci est insatiable (augmentation de fréquence de tétées de façon marquée, réflexes de déglutition qui se sont bien coordonnés, tonus suffisamment développé pour soutenir sa tête et se tenir assis, production suffisante de salive pour avaler facilement, tendance à moins expulser les aliments avec sa langue « *suckling* »). De ce fait, l'acquisition du schème de déglutition adulte s'effectuera qu'à partir de 24 à 36 mois pour devenir stable jusqu'à l'âge adulte.

II.4.2.2.1 Transition et diversification alimentaire

Au départ, l'alimentation du nourrisson est exclusivement lactée répondant aux besoins nutritionnels pour diminuer progressivement au profit d'une nutrition semi-solide puis solide avec le développement des systèmes digestif et mandibulaire qui s'adapteront à la diversification alimentaire.

Voici quelques points de repères qui sont donnés à titre indicatif et qui sont susceptibles de modifications selon l'évolution de l'enfant (Bandelier, 2015) associé au mode d'alimentation (Benabdesseam *et al.*, 2004) :

1. 0 à 4 mois : Alimentation lactée exclusive (liquide) au sein ou biberon
 2. 0 à 5 mois : Suction-déglutition (réflexe) au sein ou biberon
 3. 4 à 6 mois : Diminution du réflexe de succion-déglutition et début de la diversification alimentaire (liquide, semi-liquide, lisse)
 4. 4 à 7 mois : Passage à la cuillère
 5. 6 à 8 mois : Apparition des premières incisives et premiers mouvements de préhension (utilisation des doigts, initiation à utiliser la cuillère et au verre à bec)
 6. 6 à 9 mois : Alimentation semi-liquide et mixée
 7. 6 à 12 mois : Combinaison suckling-sucking (suction)
- 9 à 12 mois : Alimentation mixée et solide « mou » en utilisant les mains, la cuillère et boisson au verre

8. 12 à 17 mois : Apparition des premières molaires et premiers mouvements de mâchonnement avec une alimentation solide « mou » (ex : pain de mie, carotte cuite « fondante »...) et solide « dur » (biscuit, carotte crue...)
9. 12 à 24 mois : Complexification du geste mandibulaire
10. 18 à 24 mois : Alimentation solide « dur » et acquisition du schème de déglutition adulte.

Egalement, il faut préciser qu'avec la maturation neurologique, les modifications anatomiques et l'apparition des premières dents, le réflexe nauséux dont son rôle est d'inhiber la déglutition de toute substance autre que le lait, se traduisant par un vomissement est présent chez un grand nombre de nouveau-nés et diminue progressivement entre 0-7 mois.

Cependant, chez certains enfants paralysés cérébraux, ce réflexe se déclenche en réponse à une stimulation et complique la prise des repas (Senez, 2002).

II.4.2.2.2 Comparaison entre l'anatomie oro-faciale du nourrisson et du jeune enfant

Suite à la maturation neurologique permettant notamment le développement des systèmes digestif, mandibulaire, locomoteur (apparition de la station debout), sensori-moteur..., l'anatomie oro-faciale va se modifier progressivement chez le nourrisson jusqu'au jeune enfant (Bandelier, 2015) (Figure 20, Figure 21).

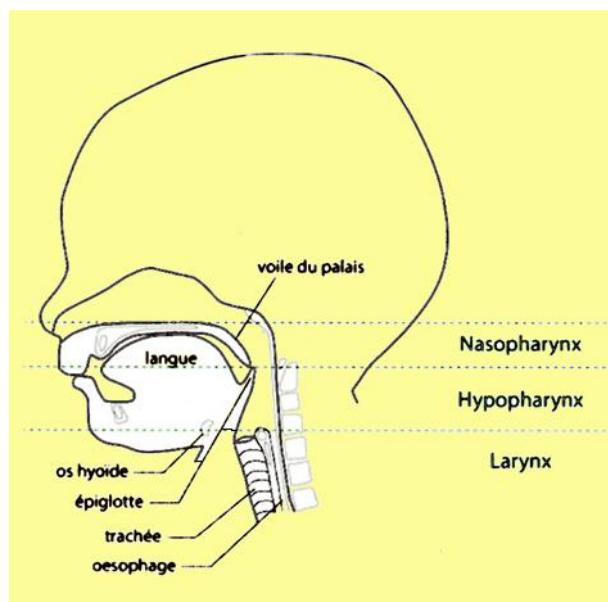


Figure 20 : Anatomie oro-faciale du nourrisson. (Extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.8)

La langue occupe la quasi-totalité de la cavité buccale limitant les mouvements latéraux de la langue et le larynx est situé plus haut au niveau du cou (au niveau de la 3^{ème} vertèbre). Quant à l'épiglotte, celui-ci est au contact du voile du palais lors de la déglutition, ce qui constitue une protection anatomique des voies aériennes supérieures. De plus, une rétrognathie mandibulaire est présente chez le nourrisson (Bandelier, 2015).

A partir de 6 mois, le cou s'allonge, entraînant *la création de l'oropharynx* se traduisant par une cavité buccale qui s'agrandit en laissant plus d'espace à la langue qui pourra commencer à bouger latéralement.

Lors de la déglutition, le voile du palais ne vient plus au contact du larynx, mais monte pour fermer le nasopharynx, et l'épiglotte bascule en arrière pour assurer la protection des voies aériennes supérieures (Bandelier, 2015, p.9).

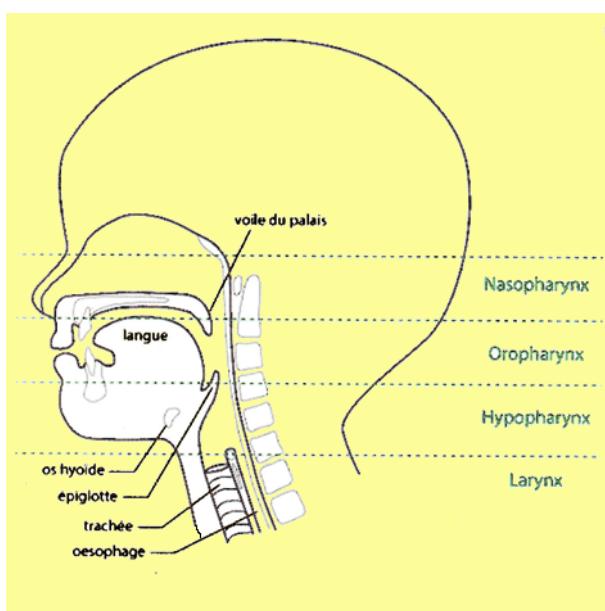


Figure 21 : Anatomie du jeune enfant. (Extrait adapté de Bandelier, 2015, *Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge.* p.9)

Conclusions partielles

Pendant le développement de l'enfant, les changements anatomiques, neurologiques et physiologiques s'accompagnent d'une succession de modifications fonctionnelles de la déglutition. Ainsi, l'évolution du comportement de succion-déglutition vers la déglutition adulte qui débute vers l'âge de 6 mois se poursuit jusqu'à 36 mois due à la maturation du système nerveux central permettant le contrôle volontaire de la phase buccale en même

temps avec des modifications anatomiques telles que l'éruption des dents, l'agrandissement de la taille de la cavité buccale et du pharynx afin de permettre la diversification alimentaire. Au fil des mois, la déglutition se « *postériorise* » avec une participation plus importante des muscles rétracteurs et élévateurs de la langue notamment les muscles styloglosses et palatoglosses pour la propulsion du bol alimentaire de la cavité buccale vers le pharynx. Après avoir expliqué la déglutition de l'enfant, la déglutition chez l'adulte sera développée.

II.4.2.3 La déglutition adulte

Chez l'adulte, la déglutition est une fonction stable et celle-ci comprend quatre temps.

II.4.2.3.1 Physiologie de la déglutition

Selon Bandelier (2015), la physiologie de la déglutition correspond à quatre temps (Figures 22, 23, 24, 25):

Premièrement, ***le temps buccal*** ou ***oral préparatoire*** qui est **volontaire** correspond à la mise en bouche des aliments qui sont mastiqués et insalivés pour être transformés en un bol alimentaire lisse et homogène, nécessitant la coordination de la fermeture du sphincter labial (a), du tonus jugal, des mouvements de la langue et ceux de la mandibule (figure 22).

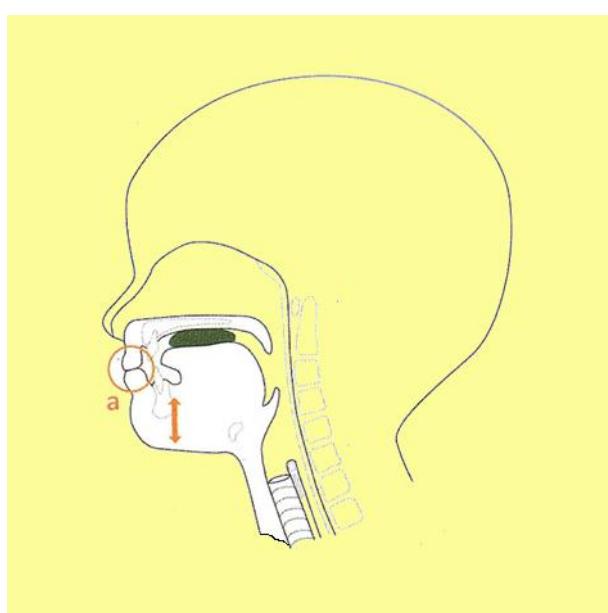


Figure 22 : Le temps oral préparation volontaire (extrait adapté de Bandelier, 2015, *Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.10*)

Deuxièmement, **le temps oral de transport** qui est **volontaire** permet au bol alimentaire de se situer au milieu de la langue, ce qui signifie que l'apex s'élève, prenant appui sur le palais dur, se place derrière les arcades dentaires supérieures, à ce moment, la langue initie un mouvement de l'avant vers l'arrière propulsant le bol alimentaire vers le pharynx. Lorsque le bol alimentaire franchit le sphincter glosso-vélique (b) ceci entraîne une stimulation sensitive déclenchant le réflexe de déglutition (figure 23).

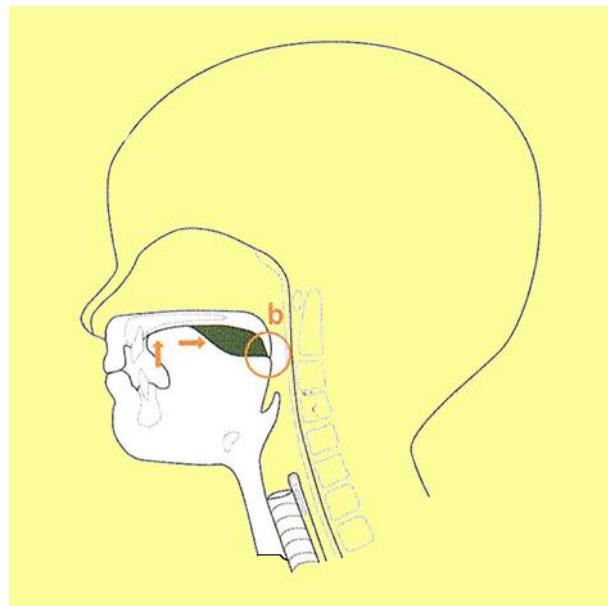


Figure 23 : Le temps oral de transport (volontaire) (Extrait adapté de Bandelier, 2015, *Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge.* p.10)

Troisièmement, **le temps pharyngé** qui est **réflexe** correspondant au réflexe de déglutition se traduit par la fermeture du sphincter vélo-pharyngé (**c**) et par la protection des voies aériennes supérieures grâce à l'accolement des cordes vocales, de l'ascension laryngée et à la bascule de l'épiglotte. Egalement, l'onde péristaltique assure la propulsion du bol alimentaire vers le sphincter supérieur de l'œsophage (figure 24).

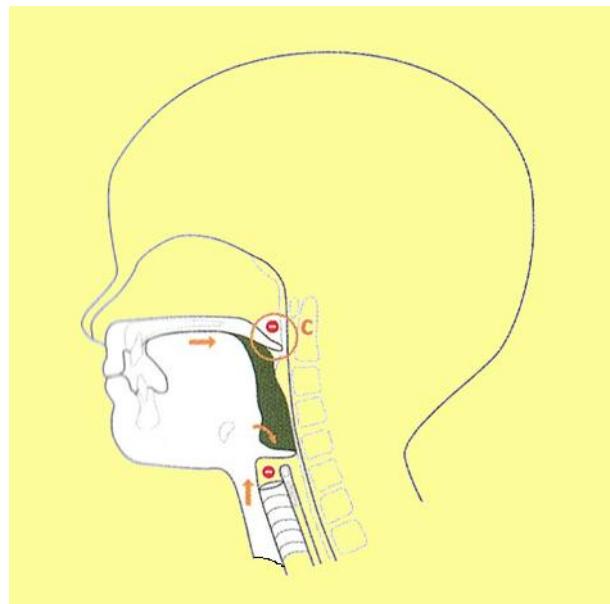


Figure 24 : Le temps pharyngé (réflexe). (Extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.11)

Quatrièmement, *le temps œsophagien* qui est **réflexe** se traduit par des structures pharyngiennes qui reprennent leur position de repos et l'onde péristaltique se poursuit dans le bol alimentaire. Finalement, l'ouverture du sphincter inférieur de l'œsophage permettra le passage du bol alimentaire dans l'estomac (figure 25).

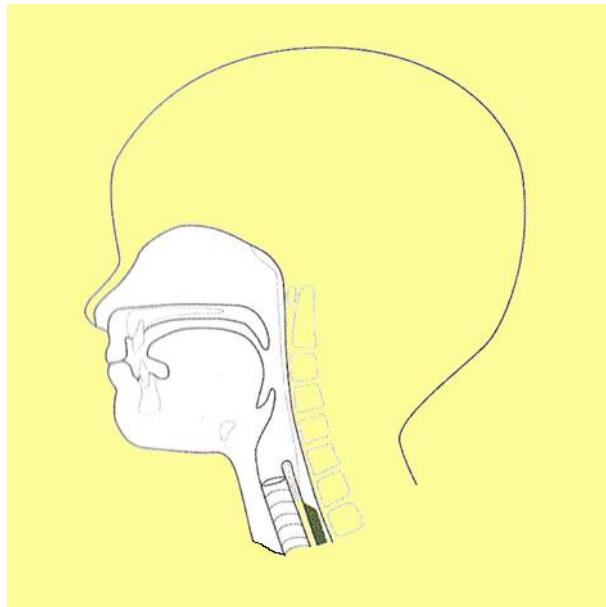


Figure 25 : *Le temps œsophagien (réflexe)* (Extrait adapté de Bandelier, 2015, *Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge.* p.11)

II.4.3 MATURATION NEUROLOGIQUE ET CORTICALISATION DE LA FONCTION DE DEGLUTITION

Selon Puesch et Vergeau (2004, p.126), la déglutition de l'enfant se construit parallèlement à son développement neurologique psychomoteur et perceptif dont voici le schéma qui représente les différents facteurs de progression du mode alimentaire et de déglutition (figure 27). Donc, La maturation neurologique, facteur d'une évolution du mode alimentaire se traduit par le passage de réflexes archaïques aux actes volontaires pour aboutir aux automatismes.

En effet, la motricité primaire va progressivement laisser place à une motricité volontaire et à l'acquisition d'automatismes fonctionnels précis, efficaces à cause de deux facteurs qui sont corrélés entre eux, d'une part la plasticité cérébrale et la myélogenèse qui sélectionnent et renforcent les circuits neuronaux et d'autres part la réitération d'expériences.

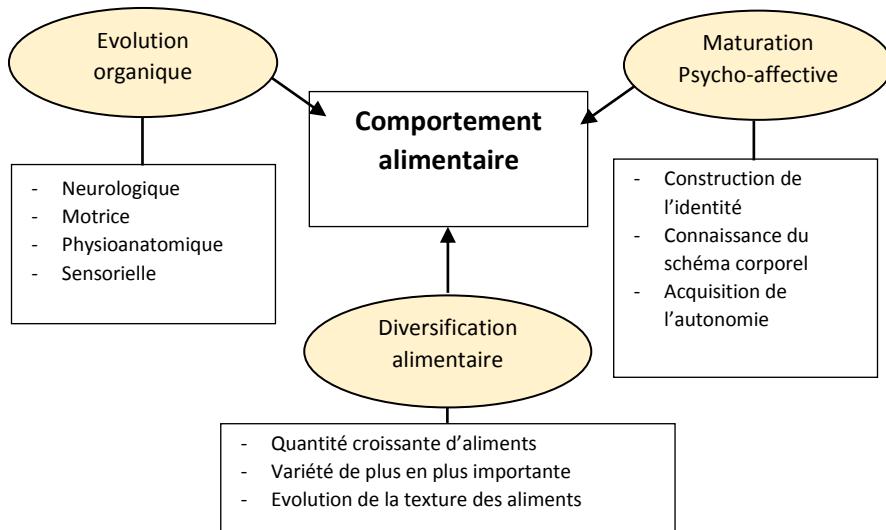


Figure 26 : Extrait adapté de Puesch et Vergeau ; 2004, Les troubles de l'oralité alimentaire. Dysoralité alimentaire : du refus à l'envie, p.126.

Le comportement alimentaire dépend de la maturation organique, du développement sensori-moteur, la maturation psycho affective et la diversification alimentaire.

II.4.3.2 Contrôle sous-cortical de la succion-déglutition

Les réactions motrices intervenant dans l'activité de la succion-déglutition trouvent leur origine au niveau du bulbe rachidien dans le tronc cérébral avec les paires crâniennes V, VII, IX, X, XII. Voici un bref rappel de leur rôle moteur et sensoriel :

1. Le nerf trijumeau (V) se partage en trois branches assurant l'innervation sensitive de la face et la motricité des muscles masticateurs et du tenseur du voile du palais.
2. Le nerf facial (VII) innerve l'ensemble des muscles de la face et a un rôle sensoriel dans l'innervation de la langue. L'atteinte de ce nerf provoque une paralysie faciale.
3. Le nerf glossopharyngien (IX) innerve les muscles du pharynx qui a un rôle dans l'innervation sensorielle de la langue, couplé avec le nerf facial.
4. Le nerf pneumogastrique (X) intervient dans l'innervation motrice du larynx, du pharynx et du voile du palais, et permet la sensibilité du voile du palais, du pharynx et de l'épiglotte.
5. Le nerf hypoglosse (XII) est le nerf moteur de la langue.

Egalement, d'après Senez (2002), l'entraînement à la succion et la maturation neurologique vont progressivement inhiber les réflexes oraux grâce à l'apparition d'une boucle sensori-motrice volontaire qui correspond à un réseau de neurones et de connexions synaptiques

reliant les noyaux bulbaires et les aires corticales de la motricité et de la sensibilité. Cette boucle qui permet l'activation ou l'inhibition volontaire de la déglutition est appelée le contrôle cortical. En conséquence, cette maturation du contrôle cortical permettra le développement d'une boucle sensori-motrice corticalisée en relation avec l'évolution des productions vocales de l'enfant.

Conclusions partielles

La succion est un mécanisme complexe dont les réactions réflexes sont possibles grâce à la myélinisation des voies sous corticales. En effet, la succion-déglutition apparaît sur l'échographie dès la 15^{ème} semaine de gestation avec un débit de déglutition qui augmente progressivement au cours du 3^{ème} trimestre pour atteindre des volumes quotidiens supérieurs à ceux que le nouveau-né ingérera dans les premiers jours de vie. Toutefois, chez le prématuré, la succion non nutritive que l'on peut appeler « oralité primaire est présente à un rythme de 2 à 3 mouvements par secondes (à partir de 32 semaines) et dépend des structures neurologiques sous corticales. Ce n'est qu'à partir de 5 à 6 mois, que l'alimentation va progressivement se corticaliser avec la maturation des voies descendantes venant de l'opercule rolandique, du faisceau cortico-nucléaire et des noyaux gris centraux. Egalement, le faisceau pyramidal jouera son rôle dans les mouvements moteurs volontaires. La deuxième phase qui est appelée « oralité secondaire » et qui devient volontaire correspond au passage de la succion à la déglutition avec la complexification et l'apparition des mouvements endobuccaux, latéraux, rotatoires de la langue. Bref, la langue « se délie » permettant une gestion de la propulsion du bol alimentaire vers les zones réflexogènes de la déglutition qui est une phase orale volontaire (Abadie, 2004). Aussi, c'est au cours de la phylogénèse que l'évolution parallèle des comportements alimentaires et des structures crano faciales ont permis d'augmenter les besoins tout en élargissant les différents aliments. En effet, chez les vertébrés, la modification essentielle est la mâchoire supérieure qui s'est fermement solidarisée au crâne tandis que chez les mammifères, de nouvelles modifications structurales favorisent la mastication avec la mandibule qui devient un os unique et la musculature crano-mandibulaire se réorganise permettant de développer plus de forces, avec les lèvres et les joues qui apparaissent, permettant à la langue de positionner le bol alimentaire entre les arcades dentaires. De même, le développement du palais secondaire ou palais mou ainsi que le mécanisme de protection du pharynx permettent de respirer pendant une mastication

prolongée. Donc, la morphologie des dents et des articulations temporomandibulaires (ATM) s'adaptent au régime alimentaire avec la mastication faisant suite à la succion-déglutition caractérisée par des mouvements mandibulaires symétriques, par rapport au plan sagittal médian, lents et quasi uniformes. De plus, la structuration et le remaniement des principaux muscles masticateurs conduisent à des mouvements mandibulaires rythmiques et variés avec une activité linguale coordonnée permettant le transport et la fragmentation de l'aliment. Cette mastication demande la coordination des motoneurones innervant les muscles impliqués (Boileau M-J, Sampeur-Tarrit M, Bazert C, 2006).

II.4.4 RELATION ENTRE ORALITE ALIMENTAIRE ET ORALITE VERBALE

Boë *et al.*, (2011) pensent que la déglutition a un intérêt de recherche du fait que celle-ci est complexe et qu'il existe un parallélisme entre le contrôle et la coordination de la déglutition et de la production de la parole et du langage (Lapointe et Mc Farland, 2004). En effet, les mouvements des articulateurs pour la production de la parole peuvent être considérés comme un sous ensemble de ceux que l'on peut observer pour la succion, mastication, déglutition. Cela supposerait que la parole utiliserait des organes qui initialement prévus pour d'autres fonctions se serait appropriée une partie des gestes de l'ingestion de liquide et de nourriture. L'équipe de Boë et collaborateurs (2011) émettent l'hypothèse de la mise en place du babillage à partir de la cyclicité de la succion et qu'il y a plusieurs millions d'années, le conduit vocal et son contrôle présentaient un état initial favorable à l'émergence de la parole. Cette hypothèse se fonde qu'au cours de la phylogénèse et de l'ontogenèse, la parole a été et est acquise à partir d'une spécialisation de gestes de mastication-déglutition avec toute une nouvelle réorganisation de leur contrôle.

Le binôme mastication-déglutition serait fortement latéralisé à gauche, étant le siège de la production orale et les mouvements volontaires de la langue se situent au niveau du cortex pariétal antérieur. Aussi, les études de Serrurier *et al.*, (2005) ont mis en évidence le recouplement des gestes de la succion, de la déglutition, de la mastication et de la parole grâce à une expérience qui consistait à disposer des capteurs de positions sur les lèvres, la mandibule la langue et l'os hyoïde pour enregistrer le positionnement de ces structures au moment où les sujets déglutissaient du liquide, mastiquaient des bols alimentaires de différentes textures et produisaient des séquences de paroles avec des résultats montrant que les mouvements des articulateurs de la parole peuvent être considérés comme un sous

ensemble de ceux que l'on peut observer pour la succion, la mastication et la déglutition (figure 28). Toutefois, développer la parole nécessite une maturation des différents mécanismes du conduit vocal ainsi que la maîtrise séquentielle des mouvements du larynx, de la mâchoire et de la langue. Tout ceci influence le répertoire vocal du jeune enfant (MacNeilage, 1998).

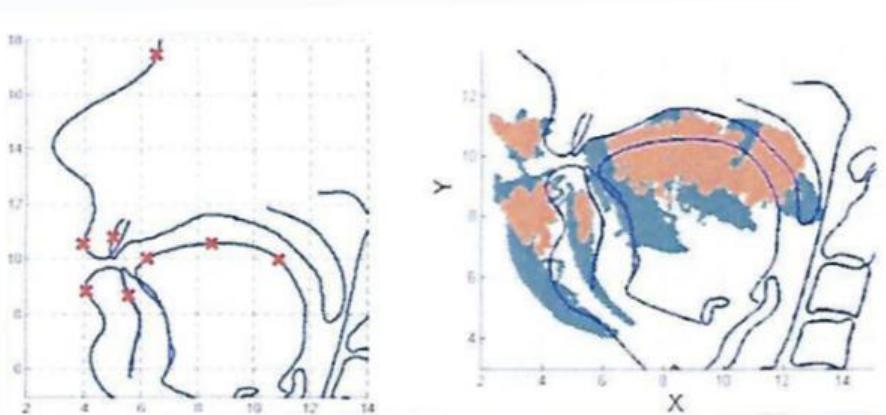


Figure 27 : Extrait de Boë et al., 2013, L'émergence de la parole : aspects historiques et épistémologiques d'une nouvelle réarticulation, p.26

Localisation des capteurs (à gauche) et superpositions de leurs déplacements pour la parole (orange) et pour la mastication déglutition en (bleu).

Par ailleurs, Le Metayer (1993, p.127) a trouvé des relations entre les acquis moteurs dans l'alimentation et les possibilités de contrôle articulatoire qui sont :

1. L'aplatissement de la langue au contact de la cuillère prépare la prononciation du [a].
2. Apprendre à décoller les aliments du palais, à les transporter d'un côté à l'autre prépare [d, t, l].
3. Serrer les lèvres sur la cuillère et sur le bord du verre prépare [p, b, m].
4. Saisir une carotte ou un gros morceau de pain avec les lèvres et en croquer une partie prépare [o, e].

De même, il a exploré les relations entre les troubles bucco-faciaux et les difficultés articulatoires (1993, pp.126-127) :

- Les troubles de la régulation des mouvements des parois du pharynx et de la partie postérieure de la langue entraînent des difficultés, voire une impossibilité à prononcer [k] et [g] ainsi que les autres voyelles. Des synergies peuvent exister entre le contrôle du voile et celui des muscles du pharynx. Les conséquences fonctionnelles se

traduisent par des difficultés à contrôler les élévations et les abaissements du voile [a/ã], [o/ɔ], [i/ɛ...].

- Le non-aplatissement de la langue gêne ou interdit la prononciation du [a] ainsi que des autres voyelles dont la prononciation dépendra en plus du contrôle de la forme donnée de l'orifice buccal [o, ə, e, i...]. De plus, le contrôle de l'ouverture de l'orifice buccal dépend pour une grande part du contrôle de l'abaissement du maxillaire inférieur.
- L'absence de contact de la langue avec le palais interdit la prononciation du [l, t, d].
- Si la partie antérieure de la langue ne peut venir s'appliquer sur l'arcade dentaire supérieure [t, d] ne peuvent être prononcés.
- Le non serrage des lèvres interdit la prononciation de [p, b, m].
- L'impossibilité d'étaler activement la langue et d'étirer les commissures labiales empêche la prononciation de [i].
- L'impossibilité de contrôler les mouvements en avant du maxillaire inférieur rend difficile la prononciation de [u] et de [y].
- Sans contrôle du mouvement du maxillaire vers l'arrière, difficulté de prononcer [f, v].
- La non-commande du pourtour de la partie antérieure de la langue empêche la prononciation de [s, z].

Nous pouvons schématiser les relations entre les acquis moteurs dans l'alimentation et les possibilités de contrôle articulatoire selon ce tableau :

Tableau 5 : (adapté) Guitton cité par Israel-Sarfati et Montaudon (Juin 2009).

ALIMENTATION	MOTRICITE	LANGAGE ORAL
- Approche de la cuillère/du verre.	Ouverture plus ou moins grande de la bouche.	Articulation des phonèmes et toutes les voyelles orales.
- Préhension buccale des aliments dans la cuillère	Rapprochement des 2 lèvres	[m, p, b]
- Malaxage et répartition des aliments entre les arcades dentaires. - Collecte du bol alimentaire sur le dos de la langue. - Collecte et envoi du bol alimentaire vers pharynx. - Décollement des aliments restés au palais ou sur la face interne des incisives supérieures.	Mobilisation : - du corps entier de la langue - de la base de la langue - de la pointe de la langue	[s, z, t, d, j, w] [k, gr] [l, t, d, n]
- Reprise des particules alimentaires sur la lèvre inférieure.	- Recul de la mâchoire inférieur	[f, v]
- Soufflement sur des aliments trop chauds.	- Projection des lèvres	[ʃ, ʒ]
- Déglutition des solides et surtout des liquides dans son stade pharyngien.	- Mobilisation du pharynx et du voile du palais.	[ɛ, o, a, n, m, ɔ̃, i, y]
- Boire à la paille	- Avancée de la mâchoire inférieure.	[u, y]
- Mastication	- Abaissements et élévations rapides de la mâchoire inférieure ainsi que des mouvements de circumduction	parole
- Passage du bol alimentaire dans la bouche de l'œsophage. - Maintien des aliments dans la bouche.	- Maintien postural correct : de la tête du tronc	- Emission vocale efficace - Soufflerie efficace
DIFFERENCE FONDAMENTALE Maintien des aliments dans la bouche.	DIFFERENCE FONDAMENTALE - Fermeture de la bouche - Ouverture de la bouche	DIFFERENCE FONDAMENTALE Emission vocale

Egalement, Puesch et Vergeau (2004, p.125) propose un tableau qui met en lien l'évolution des stratégies d'alimentation-déglutition en parallèle avec l'évolution des vocalisations de l'enfant, de la motricité, de la préhension des aliments avec leur texture. (Tableau 6) ainsi qu'un tableau synthétique de l'évolution des oralités depuis la conception embryonnaire jusqu'à l'âge de 1 an associé aux productions vocales de l'enfant (Figure 28).

Tableau 6 : Evolution motrice et fonctionnelle pour l'alimentation, déglutition, le langage et la motricité entre 0 et 24 mois (extrait adapté de Puesch et Vergeau, 2004, Les troubles de l'oralité alimentaire. Dysoralité : du refus à l'envie. p.125)

Âges (mois)	Motricité	Langage	Préhension des aliments	Évolution des schémas de succion-déglutition		Texture
0-4	Asym + flex tête médiane	Production de vocalisation, de syllabes archaïques	Aspiration sein ou biberon	Suckling (téter)	Succion – déglutition réflexe	Liquide
4-6	Tenu assis Contrôle de la tête	Babillage rudimentaire	Tétine + débuts à la cuillère + apprentissage boisson ou verre Malaxage	Suckling(téter)	Diminution du réflexe succion - déglutition	Liquide + semi-liquide/ lisse
6-9	Rotation 4 pattes debout	Babillage canonique	Tétine + cuillère + verre Malaxage + début de mastication	Suckling + début sucking (suction) Mouvements linguaux latéraux	Début de dissociation entre succion et déglutition	Semi-liquide + mixé
12-18	Marche	Proto-langage entre le babillage et les vrais mots	Cuillère + verre Malaxage <mastication	Suckling <sucking	Dissociation langue-mandibule	Solide mou + solide dur
18-24	Marche +++	Les premières phrases	Cuillère + verre Mastication + sucking	Succion déglutition indépendantes	Stabilité de la mandibule	Solide dur

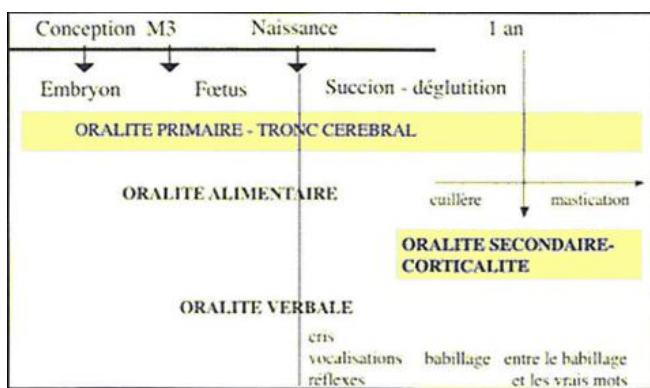


Figure 28 : Trouble de l'oralité alimentaire chez l'enfant (extrait adapté de Thibault, 2004, Orthophonie et oralité : la bouche, carrefour anatomique du verbe et de l'aliment, p. 3)

Ainsi donc, ces relations montreraient la nécessité d'envisager le dépistage des troubles orofaciaux le plus tôt possible dans le cadre d'une prise en charge en éducation précoce au stade

pré-linguistique (avant l'âge de 6 mois) notamment dans l'oralité alimentaire avant que n'apparaissent des troubles de l'oralité verbale. En conséquence, dans la perspective d'une orthophonie préventive actuellement en développement et visant à repérer les dysfonctionnements précoces, l'analyse des productions vocales pré-linguistiques est un élément pertinent dans les bilans du premier âge des enfants présentant des troubles du comportement alimentaire ou s'inscrivant dans un syndrome identifié ou non (Thibault, 2012).

Pour plus de clarté, nous pouvons schématiser le développement conjoint des deux oralités en lien avec le développement moteur et anatomique.

Tableau 7 : (adapté) développement conjoint des deux oralités en lien avec le développement moteur et anatomique d'après Thibault (2007) ; Puesch et Vergeau (2004) ; Coquet, Ferrand et Roustit (2010) (Citée par Gelas, Monier-Guillaumin, 2016)

	Âges (mois)	MOTRICITE	CAVITE BUCCALE	ORALITE ALIMENTAIRE			ORALITE VERBALE
ORALITE PRIMAIRE	0-4	asymétrie + flexion de tête médiane	Volume buccal réduit Langue au contact du plancher, du palais, du voile, des joues et des lèvres Mouvements linguaux antéro-postérieurs Abaissement puis relèvement des maxillaires Lèvres à fonction essentiellement préhensible	Préhension	Texture	Schèmes moteurs	Bruit végétatifs, cris indifférenciés, pleurs Vocalisations, lallations, syllabes archaïques Productions de bilabiales [p], [b], [m] Jeux vocaux Variation des productions en intensité et hauteur et au niveau de la trame prosodique
				aspiration sein ou biberon	liquide	suckling → tête sucction-déglutition réflexe	
ORALITE SECONDAIRE	4-6	Tenue assise, contrôle de la tête	Ventilation par la bouche Augmentation de l'espace intra-buccal La langue dispose de plus en plus de place et effectue des mouvements haut/bas	tétine, début de la cuillère, apprentissage de la boisson au verre	liquide, semi-liquide	suckling → tête diminution du sucction-déglutition réflexe	Babillage rudimentaire Naissance de l'attention conjointe, intentionnalité
	6-9	Rotation 4 pattes debout	Croissance de l'os alvéolaire et des dents (incisives) Langue au repos en retrait de l'arc alvéolaire Lèvres dégagées de leur fonction de préhension	tétine, cuillère, verre	semi-liquide-mixé	suckling et début du sucking → mouvements linguaux latéraux Début de la mastication Début de dissociation entre succion et déglutition	Babillage canonique Dentales [t], [d], [n] et des palatales [k], [g] Regard conjoint → construction de la communication
	9-12	Marche de côté	La mandibule descend (diduction mandibulaire) Le contrôle des lèvres et de la mâchoire s'affine.	cuillère et verre	mixé, solide mou	suckling < sucking à 12 mois : Bol alimentaire déplacé d'un côté et de l'autre. Interposition de la lèvre inférieure sur les incisives supérieures pour nettoyer des aliments	Babillage mixte Productions [f], [v], [l] Pointé du doigt
	12-18	Marche	dissociation langue-mandibule 4 premières prémolaires et canines	cuillère et verre	solide mou, solide dur	suckling < sucking Capacité à retirer un aliment de la bouche	onomatopées, jargon intonatif 1ers mots bisyllabiques
	18-24	Marche assurée	croissance des maxillaires	cuillère et verre	solide dur	suckling et mastication sucction-déglutition indépendantes	1ers mots pivots, mots-phrases, vocabulaire alimentaire productions [s], [z], [ch], [j]
	24-36	Marche assurée, court et saute, coordination œil/main/bouche efficace	4 deuxièmes prémolaires	cuillère, fourchette, verre	solide dur	mastication schèmes de déglutition adulte propreté orale, continence salivaire	juxtaposition de deux mots, puis 1ers marqueurs grammaticaux et verbes, phrases

Conclusions partielles

Le phénomène du développement de la parole, de la naissance à l'âge adulte, est primordial pour plusieurs domaines du langage oral. Aussi nous pouvons imaginer que la communication orale a évolué sous la contrainte des mécanismes de la perception et de la production de la parole grâce aux recherches actuelles qui montrent l'importance des couplages perceptivo-moteur aussi bien pour la production (caractérisation perceptive des unités du langage, feedback auditif, les mécanismes de contrôle et les programmes moteurs) que pour la perception (traitement perceptif et connaissance motrice). De même, la multi sensorialité au niveau de la vision et de l'audition pour l'aspect sensoriel est présent ainsi qu'au niveau de la face et de la main pour l'aspect moteur (Abry , 2001). A cela s'ajoutent les nouvelles techniques de neuroanatomie et de neurophysiologie qui apportent des éclairages sur les circuits corticaux (Schwartz et Loevenbruck, 2013). Par ailleurs, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'au cours de la phylogénèse et de l'ontogenèse, la parole a été acquise à partir d'une spécialisation de gestes de mastication –déglutition avec une « réorganisation » de leur contrôle et des mouvements des articulateurs pour la production de la parole qui peuvent être considérés comme un sous-ensemble de ceux que l'on peut observer pour la succion, mastication, déglutition. Cette cyclicité de la succion avec l'évolution du conduit vocal et de son contrôle a permis la mise en place du babillage (Böe, 2011 ; 2013 ; Schwartz et Loevenbruck, 2013). De ce fait, les observations et les expérimentations liées à la cyclicité de la succion, ont permis de mettre en évidence l'oscillation mandibulaire issue de la théorie motrice du « Frame/content » de MacNeilage et Davis (2000, 2001) au niveau de la production de parole. Quant au niveau perceptif, les enregistrements simultanés de l'électroencéphalogramme et de l'imagerie par résonance magnétique, ont mis en évidence dans la théorie de l'échantillonnage asymétrique de Poeppel une topographie de l'expression corticale des rythmes de la parole humaine soulignant l'interaction entre perception et production de parole (Giraud, 2008). De même, l'anatomie chez le tout petit enfant à sa naissance qui permet le « suckling » (vraie succion) se définit comme les mouvements antéro-postérieurs de la langue en rapport avec la posture de décubitus et de flexion du nourrisson. Ces mouvements de langue qui vont du haut vers le bas et qui sont possibles lorsque la musculature est suffisamment « solide » pour que l'enfant puisse se tenir en position verticale et permettant les mouvements de la mandibule pour la prise alimentaire (Puech et Vergeau, 2004). Ces deux types de mouvements se combinent dans la cavité buccale entre 6 et 12 mois

et préparent le bol alimentaire. A ce moment, grâce à la corticalité, les émissions sonores émises par le larynx vont changer, le larynx descend progressivement et libère un espace en arrière de la langue qui va servir de résonateur. La partie postérieure de la langue devient mobile et permet la production de nouveaux sons (Thibault, 2012). Donc, la succion-déglutition nécessite une force suffisante des muscles oraux et de la langue avec des cycles de l'ordre de 1Hz. L'oralité primaire correspondant à la déglutition primaire va durer pendant les six à huit premiers mois de vie puis va être progressivement remplacée par l'oralité secondaire (déglutition secondaire) qui débutera avec l'alimentation fractionnée à la cuillère et le changement de consistance alimentaire (Boë *et al.*, 2011). Aussi, le passage à la cuillère grâce au cortex pariéto-frontal, au faisceau géniculé et au système des gnosies-praxies (la corticalité) se met en place entre 4 et 7 mois et coexiste avec l'oralité succionnelle primitive pour assurer une sorte de passerelle entre l'oralité primaire et secondaire. Cette double stratégie alimentaire par succion et par cuillère dure de 1 à 2 ans, le passage à la cuillère est d'ordre neurologique (maturité du cortex cérébral) ainsi que la praxie de mastication (aires motrices corticales) qui se mettra en place vers la 2^{ème} année. En même temps et grâce à la maturité cérébrale, le tout petit enfant sera dans une période de développement psychomoteur ainsi que neurovisuel et du point de vue anatomique, l'allongement du cou va s'accompagner d'une descente du larynx ; la croissance de la cavité buccale va laisser plus d'espace à la langue. Le voile du palais ne vient plus en contact du larynx lors de la déglutition mais monte pour occire le nasopharynx.

A cette étape de la vie, le jeune enfant sera capable de dissocier le temps oral et le temps pharyngé. Toutefois, il devra coordonner la déglutition avec la respiration pour éviter les fausses routes (Boë *et al.*, 2011). Il faut souligner que les études actuelles montrent une relation très étroite entre l'oralité alimentaire et l'émergence de la parole puisque les praxies utilisées dans les deux oralités (primaire et secondaire) utilisent les mêmes voies neurologiques qui sont les zones frontales et pariétales (Thibault, 2007). Aussi, nous pouvons rajouter que l'acte de succion permet la production des phonèmes tels que [p, b, m] entre 2 et 3 mois, tandis que les premiers mouvements de mastication précèdent l'articulation des phonèmes [t, d, n] entre 8 et 10 mois selon Rondal et Seron (1999). Grâce à l'introduction des différentes textures, l'enfant sera obligé d'adapter et d'affiner son contrôle mandibulaire. Ceci lui permettra de développer de nouvelles compétences motrices au niveau de la sphère orofaciale (Gelas, Monier-Guillaumin, 2016). De même, toutes ces structures « anatomico-musculo » squelettiques seront le support de la parole qui apparaît avec le babillage vers 7

mois. Le babillage canonique apparaissant vers 6-7 mois en même temps où le jeune enfant tient sa tête droite, montre une coordination par le bébé de production de sons et de mouvements cycliques de sa mâchoire pour moduler le son (production de protosyllabes). Ces protosyllabes sont dénommés « cadres » (frames) par MacNeilage et Davis avant que ne se mette en place un contrôle indépendant des phases vocaliques et consonantiques qui est dénommé « contenu » (content) d'où le nom de la théorie « Frame then content » de MacNeilage et Davis (1990, 1994, 1998). Selon cette théorie, les voyelles privilégiées seraient [i, a, u, y, ə], des consonnes non voisées parmi les plosives, [p, t, k] ou [b, d, g] comme système de base (Boe *et al.*, 2008). D'après MacNeilage (1998), nous trouverons des syllabes qui seraient composées selon la combinaison proposée de vocants médians se trouvant dans l'environnement de closants labiaux [ba, ba, ba], de vocants antérieurs précédés de closants coronaux [de, de, de] et de vocants postérieurs produits lors de la production de closants vélaire [go, go, go]. Néanmoins, il faut préciser que l'émergence de la parole est possible non seulement avec la mandibule mais avec les autres articulateurs qui forment la cavité buccale de la sphère oro faciale.

II.4.5 LES AUTRES ARTICULATEURS DE LA SPHERE ORO-FACIALE

Le développement de la motricité bucco-faciale pour la fonction de parole implique l'émergence du contrôle des différentes structures articulatoires en parallèle aux aménagements cognitifs et anatomiques (Menard *et al.*, 2004). Dans ce cas, nous décrirons succinctement le développement du contrôle moteur de la mandibule, de la langue, des lèvres et du vélum.

II.4.5.2 La mandibule

Chez les mammifères, de nouvelles modifications structurales favorisent la mastication avec une mandibule qui devient un os unique et la musculature crano-mandibulaire se réorganise permettant de développer plus de forces, en plus, des lèvres et des joues apparaissent, permettant à la langue de positionner le bol alimentaire entre les arcades dentaires. Aussi, le développement du palais secondaire et le mécanisme de protection du pharynx permet de respirer pendant une mastication prolongée. Donc, la morphologie des dents et des articulations temporo mandibulaires (ATM) s'adapte au régime alimentaire. La mastication faisant suite à la succion-déglutition est caractérisée par des mouvements mandibulaires symétriques, par rapport au plan sagittal médian, lents et quasi uniformes. La structuration et

le remaniement des principaux muscles masticateurs conduisent à des mouvements mandibulaires rythmiques et variés avec une activité linguale coordonnée qui permettent le transport et la fragmentation de l'aliment. Cette mastication demande la coordination des motoneurones innervant les muscles impliqués. (Boileau M-J, Sampeur-Tarrit M, Bazert C., 2006). La figure 32 montre que l'articulation temporo mandibulaire est située entre le condyle de la mandibule et la partie antérieure de la fosse mandibulaire de l'os temporal. Cette articulation est soutenue par trois ligaments : le ligament temporo-mandibulaire qui est situé latéralement ; le ligament stylo-mandibulaire étant situé médialement et le ligament sphéno-mandibulaire qui est situé médialement. Egalement, sont associés à l'articulation temporo-mandibulaire, deux mouvements d'une part la translation qui est un mouvement de glissement (tous les points de la mâchoire vont bouger dans la même direction). Ce mouvement de translation peut être bilatéral (mouvement avant-arrière) ou unilatéral (mâchoire bouge d'un côté à l'autre) et d'autre part, la rotation qui est un mouvement d'ouverture et de fermeture (mouvement de charnière autour d'un axe horizontal entre les deux condyles (Mc Farland, 2006). En conséquence, l'alternance fermeture-ouverture de la mandibule est réalisée de manière biomécanique puisque l'enfant n'a pas encore de représentation segmentale, ni d'activité neuromusculaire spécifique.

Toutefois, contrairement à la langue, aux lèvres ou au palais mou, la mandibule est un articulateur osseux qui intègre le squelette visuo-spatial, dont les cavités de résonances sont corrélés à la taille de la structure crânienne et de la mandibule (Goldstein, 2003 ; Menard, 2002).

Celle-ci se modifiera avec la poussée de la croissance à partir de 6 mois jusqu'à 2 ans et bien au-delà de cet âge jusqu'à 20-25 ans avec une maturation de cet articulateur au cours de la première année notamment en mettant en évidence la stabilité des mouvements mandibulaires (Canault, 2015). Aussi, des études de Green et collaborateurs (2000, 2002) ont montré une antériorité du contrôle de la mandibule sur celui des lèvres en spéculant que chaque articulateur possède un programme de développement unique.

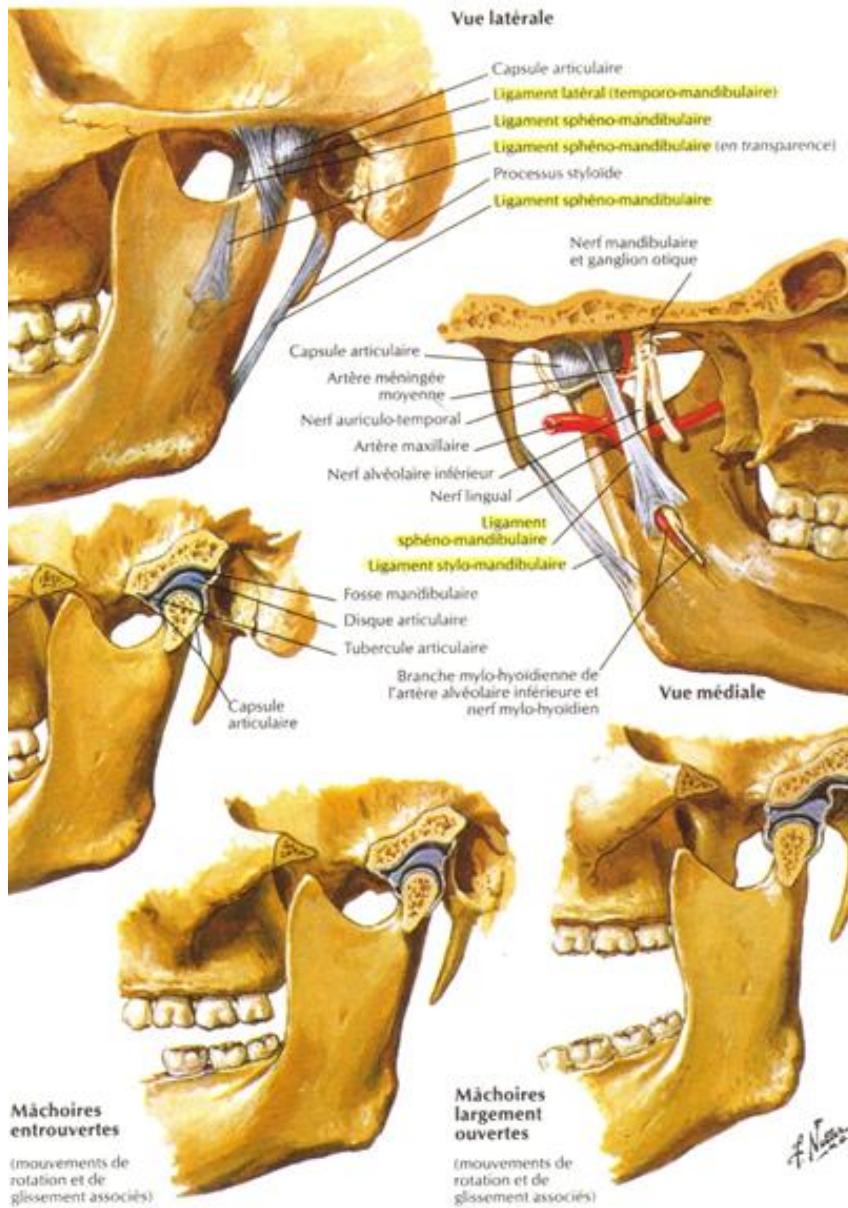


Figure 29 : L'articulation temporo-mandibulaire (extrait de l'anatomie en orthophonie de Mc Farland / Illustrations : Frank H. Netter, 2006; p.117)

II.4.5.3 La langue

La langue est un organe de forme ovale qui est située dans la cavité buccale. Cette cavité orale est limitée antérieurement par les lèvres et les dents, latéralement par les joues et les dents postérieurement par l'arc palato-glosse ou piliers antérieurs, limitée au niveau supérieur par le palais aussi, la langue et le plancher de la bouche délimitent la partie inférieure (McFarland, 2006). De même, elle est située dans la cavité buccale et forme avec la face supérieure de la région sus hyoïdienne le plancher de la bouche.

La face supérieure de la langue est appliquée à la voûte palatine et au voile du palais, dans sa partie verticale, elle répond au sommet de la luette. En arrière, elle est unie à l'épiglotte par trois replis, un médian et deux latéraux, dont le nom est glosso-épiglottique tandis que La face inférieure de la langue n'est libre que dans son tiers antérieur et les bords de la langue s'amincisent au fur et à mesure qu'ils se rapprochent du sommet. Au niveau de la pointe, celle-ci est en rapport avec la face postérieure des incisives supérieures, et la base étant fixée à l'os hyoïde. Quant à sa structure, la langue est un corps musculaire, recouvert d'un revêtement muqueux, sa muqueuse se continue avec la muqueuse buccale et on y trouve sur la surface, une multitude de papilles, comprenant des glandes. Au niveau musculaire, elle est constituée et contrôlée par deux groupes de muscles : les muscles intrinsèques qui ont une origine et une insertion à l'intérieur de la langue, qui sont responsables des petits mouvements et qui sont impliqués dans les ajustements délicats de la forme et de la position, de la déformation de la lame de la langue. Ces muscles se nomment le longitudinal supérieur, le longitudinal inférieur, le transverse, le muscle vertical. Ensuite, les muscles extrinsèques qui permettent à la langue d'effectuer des déplacements vers l'avant, vers l'arrière, vers le haut, vers le bas et de chaque côté qui ont une origine à l'extérieur de la langue avec une insertion dans la langue. Ces muscles sont palatoglosse, styloglosse, hyoglosse, genioglosse (McFarland, 2006) qui sont divisés en trois parties fonctionnelles : antérieure, médiane et postérieure permettant chez le tout petit enfant à sa naissance le « suckling » (vraie succion). Ces mouvements de langue qui vont du haut vers le bas sont possibles lorsque la musculature est suffisamment « solide » pour que l'enfant puisse se tenir en position verticale et puisse effectuer les mouvements de la mandibule pour la prise alimentaire (Puech, 2009). Par ailleurs, le développement moteur de cet articulateur passe par l'augmentation de ses déplacements et par l'acquisition d'une plus grande autonomie motrice permettant l'émergence de l'indépendance segmentale de consonnes et voyelles, se manifestant dans certaines configurations associatives par une augmentation de la coarticulation, et dans d'autres cas par sa réduction. Cela signifie que les déplacements verticaux de la mandibule sans gestes associés de la langue seraient prédominants au stade précoce du babillage alors que les mouvements horizontaux de la langue commencerait à se superposer à ceux de la mandibule (Canault *et al.*, 2008, 2015) alors que les gestes différentiels seront introduits entre 8 mois et 12 mois au sein d'un même cycle oscillatoire avec des mouvements de la mandibule qui vont intégrer des mouvements indépendants. La combinaison de ces différents travaux a permis de dégager plusieurs configurations linguales importantes pour la parole Acher (2014, p.6) affirme que : "Le

mouvement sagittal du corps de la langue (avant-haut/arrière-bas), tel que celui qui permet de passer de /i/ à /à/, est principalement exécuté par la partie postérieure du muscle génioglosse (GGP) et l'action du muscle hyoglosse (HP) aidés, pour l'élévation, par le styloglosse (SG), et, pour l'abaissement, par la partie antérieure du génioglosse (GGA) (Perrier et al., 2003), (Buchaillard et al., 2009). La contraction du GGP attire l'os hyoïde et la racine de la langue en avant et tend à éléver le dos de la langue du fait de l'incompressibilité des tissus linguaux. Pour le /i/, le styloglosse contribue à cette élévation, et l'action de la partie antérieure du génioglosse permet de creuser le sillon central nécessaire pour l'écoulement laminaire de l'air (Buchaillard et al., 2009). A l'opposé, lors de la production du /a/, la contraction du muscle hyoglosse (HP) recule et abaisse la lame de la langue. Le GGA peut contribuer à cet abaissement GGP et HG apparaissent donc antagonistes et font varier la position de la langue sur un axe antéro-postérieur. Ensuite, le mouvement vertical du dos de la langue (partie médiane de la langue) est exécuté par le styloglosse, qui le déplace vers le haut et l'arrière, et la partie médiane du génioglosse qui, en synergie avec les muscles longitudinaux inférieurs, l'abaisse (Dang et Honda, 2004). Finalement, le mouvement vertical de l'apex et de la lame permettant le contact avec les alvéoles et les incisives supérieures, est réalisé par le muscle longitudinal supérieur, en opposition avec le longitudinal inférieur, et les fibres antérieures du styloglosse. La configuration convexe/concave de la langue sur le plan transversal est réalisée par les muscles génioglosse antérieur, vertical, palatoglosse et transversal » (Acher, 2014, p.6) (figure 31). Par ailleurs, nous pouvons rajouter le rôle de la langue dans la déglutition et que d'après Thibault (2012), c'est entre 9 à 18 mois, lorsque l'enfant commence à produire des mots à l'intérieur du babillage, qu'il est au stade du protolangage, qu'il utilise de plus en plus les gestes et les changements d'intonation pour donner du sens à ses proto-mots. Avant 1 an, l'enfant commence à comprendre des mots et les produire. Ensuite, entre 9 et 12 mois, il se tient debout, la langue va commencer à s'accorder au palais tandis que la mandibule descend. Les mouvements de la langue et de la mandibule se dissocient permettant à ce stade alimentaire, de goûter des préparations mixées et de débuter son expérimentation d'aliments solides et mous. Après, entre 15 et 18 mois, l'enfant est capable de marcher, les mouvements linguaux sont possibles dans tous les sens, les mouvements mandibulaires sont effectués et coordonnés parfaitement, la dissociation langue-mâchoire est possible avec une langue qui repère toutes les positions de repos grâce à ses contacts sensoriels de plus en plus précis (pression des lèvres, présence du palais dur..). A cette étape, l'enfant mange des aliments durs. Vers 24 mois, les structures buccales sont mieux musclés, coordonnés, la langue est souvent

positionné en haut pour déglutir. L'enfant complexifie son geste mandibulaire lors de l'alimentation des solides, les schèmes de déglutition adulte (déglutition secondaire) sont atteints pour aboutir vers 36 mois, aux mouvements antéro-postérieur qui deviennent hélicoïdaux avec l'apparition des mouvements de latéralité. La mastication est caractérisée par l'hélicoïdalisation du geste mandibulaire qui sera opérationnel qu'à partir de 6 ou 7 ans. Finalement, la langue étant vascularisée et possédant des nerfs permet simultanément la mobilité, la sensibilité au goût, la succion, la déglutition, ainsi que la production de parole.

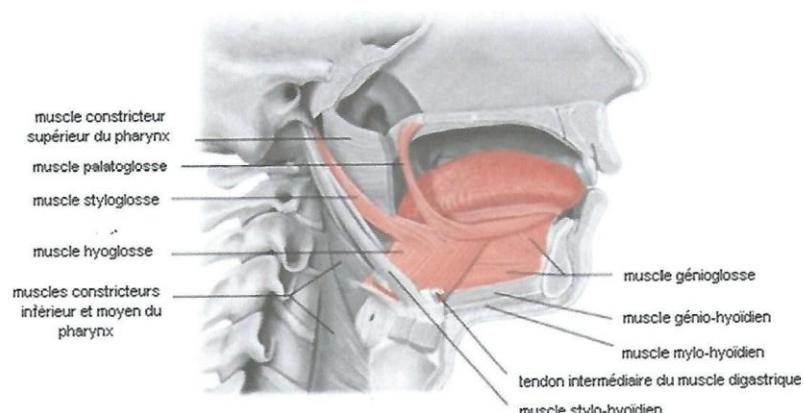


Figure 30 : La langue (Extrait de Tank et al., 2009, Lippincott Williams et Wilkins Atlas of Anatomy : Les muscles linguaux ; p.335)

II.4.5.4 Les lèvres

Si les mouvements labiaux au cours des productions précoces sont « une conséquence passive de l'oscillation mandibulaire, le développement moteur bucco-facial suppose que les lèvres se désolidarisent de l'influence mandibulaire et participent activement aux productions » (Canault, 2015, p. 21.). En effet, jusqu'à l'âge d'1 an, l'implication de la mandibule est très importante lors des productions orales avec une faible participation des lèvres (Green et al., 2002), tandis qu'à partir de 2 ans, poussée par la mandibule, la lèvre inférieure semble entrer « en collision » avec la lèvre supérieure mais l'implication de la mandibule va diminuer au fur et à mesure des mois pour permettre aux lèvres de participer davantage dans les productions vocales. Cela signifie que la coordination lèvres-mandibule apparaît vers l'âge de 1 an avec des mouvements opposés (la mandibule s'élève lorsque les lèvres descendent), ce processus d'acquisition du contrôle moteur exige un accroissement de la coordination spatiale et temporelle des gestes linguaux et mandibulaires (Canault, 2015) (Figure 31). Aussi, la propreté orale, la continence salivaire due à la fermeture labiale seront efficaces qu'à partir de 3 ans.

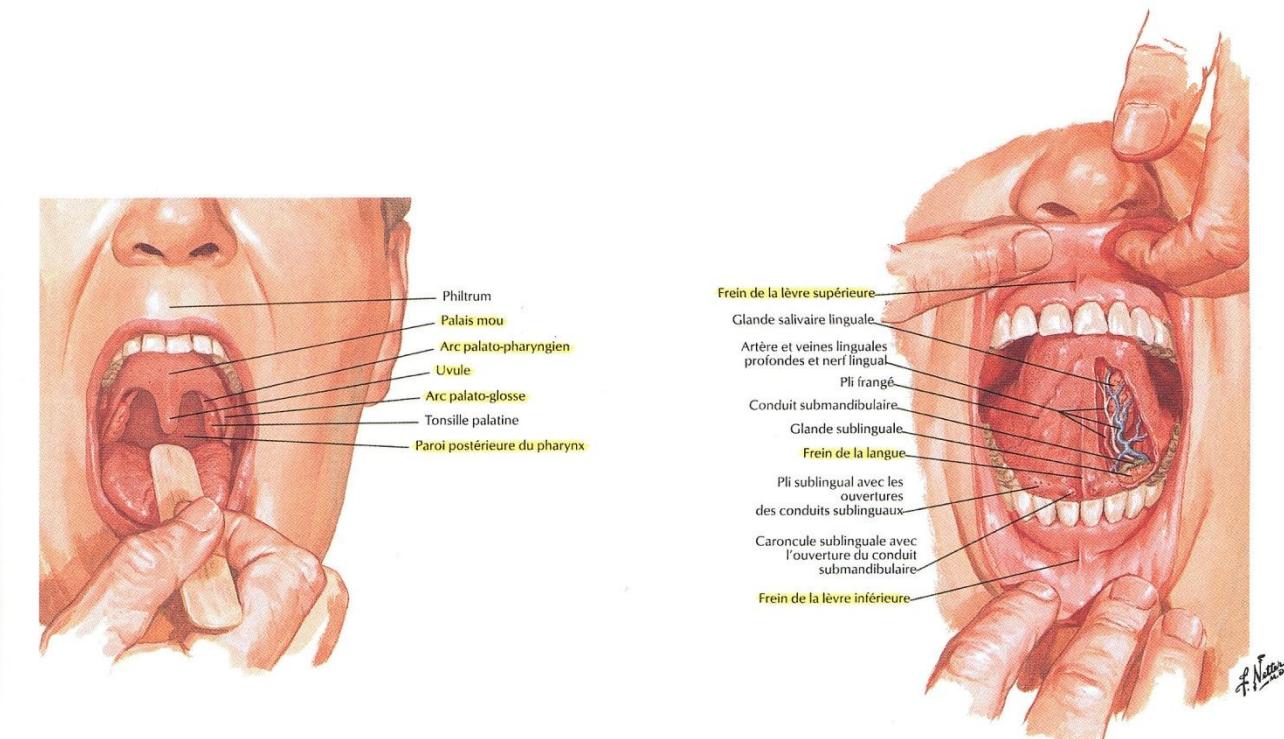


Figure 31 : Anatomie des lèvres (Extrait de l'anatomie en orthophonie de Mc Farland / Illustrations : Frank H. Netter, 2006, p.125)

II.4.5.5 Le vélum ou voile du palais

Cet articulateur intervient dans la production des sons notamment dans la description « classique » articulatoire, c'est-à-dire dans l'opposition entre oralité et nasalité avec une position différente du voile du palais. Celui-ci est en position haute obstruant le passage de l'air dans la cavité nasale, ce qui permet de produire des sons oraux tandis que la position est basse pour permettre le passage simultané de l'air dans la cavité buccale et nasale. Le contrôle du velum n'est pas encore maîtrisé lors du babilage canonique vers 7 mois mais s'affine au cours des mois à venir (Lalevee et Vilain, 2003) suivant trois étapes (Lalevee, 2010). Tout d'abord, jusqu'à 7 mois, le velum maintiendrait une configuration stable entre consonnes et les voyelles successives permettant la production de consonnes nasales associées aux voyelles orales, ensuite, dès 7 mois, l'enfant est capable de bloquer le passage de l'air dans les fosses nasales grâce à l'élévation du velum et peut produire des sons oraux (Figure 32). Finalement, vers 16 mois, l'abaissement du velum est suffisant pour produire une voyelle perçue comme nasale.

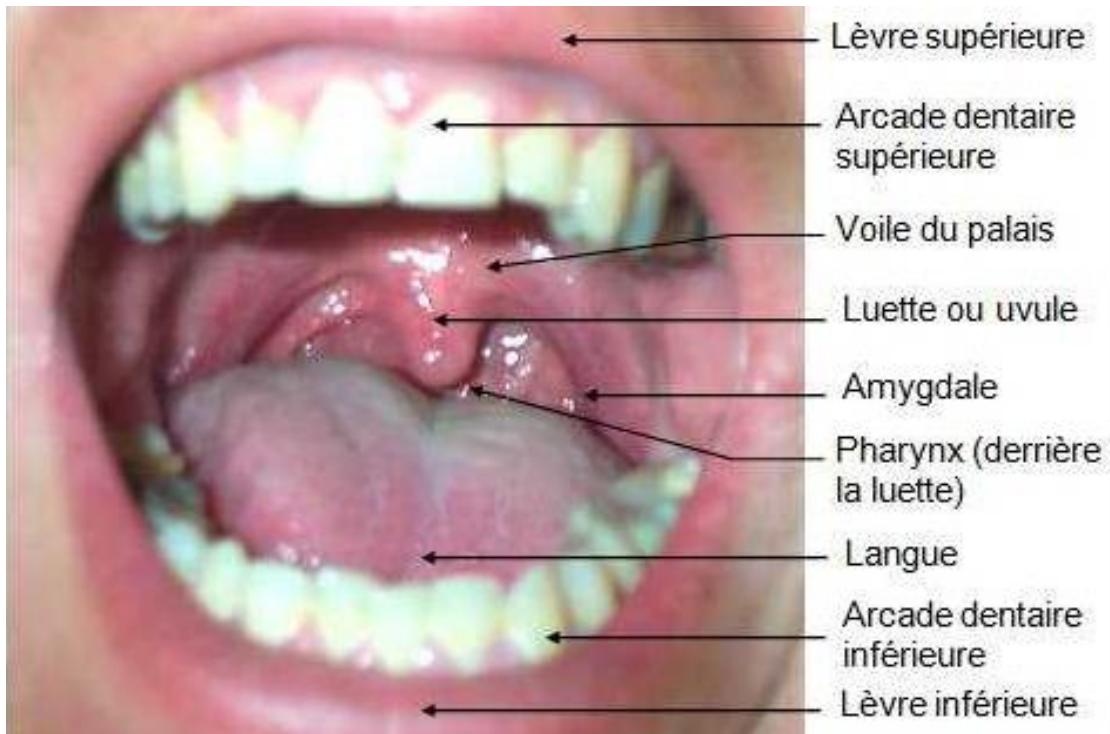


Figure 32 : Biotop Terminologie médicale (Extrait de www.bio-top.net)

Le velum ou voile du palais

Conclusions partielles

Si l'enfant semble accéder à un contrôle moteur de ses articulateurs qui s'affinent au fur et à mesure de son développement psychomoteur, ce n'est que vers l'âge de 1 an que sa motricité bucco-faciale se développe considérablement à cause des changements anatomiques et cognitifs.

En conséquence, c'est pour cela que les deux premières années baignées dans un environnement linguistique sont décisives pour le développement de la parole puisque d'après la littérature et d'après tous ces auteurs, la parole est intrinsèquement perceptivo-moteur et multi sensorielle.

II.5 CONCLUSIONS FINALES

Dans les handicaps neurologiques de l'enfant, il existe trois groupes dont les IMC ou IMOC, les polyhandicapés et les traumatisés crâniens. Mais la paralysie cérébrale (PC) est définie au sens de « *cerebral palsy* » (CP) des anglo-saxons comme un ensemble de troubles du mouvement et/ou de la posture et de la fonction motrice, ces troubles étant permanents mais pouvant avoir une expression clinique changeante dans le temps, dus à un désordre, une lésion ou une anomalie non progressive d'un cerveau en développement ou immature, durant la période néo ou périnatale, Ingram (1955) ; Bax (1964) ; Truscelli *et al.*, (2006) et Rosenbaum (2007). Cette définition a été adoptée par SCPE (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe) (2000). Donc, l'infirmité motrice cérébrale (IMC) n'est pas un diagnostic mais une abréviation désignant un regroupement syndromique ; son dénominateur commun est la reconnaissance de séquelles motrices après lésion(s) cérébrale(s) de la période néo ou périnatale. Ainsi le terme « **Cerebral Palsy** » comprend **tous les enfants et adultes ayant une atteinte motrice en lien avec une atteinte cérébrale non évolutive, quelles que soient leurs capacités intellectuelles et l'étiologie de l'atteinte cérébrale**. Dans ce groupe, nous aurons l'infirmité motrice cérébrale (IMC) et l'infirmité Motrice d'Origine Cérébrale (IMOC). Actuellement, les différents courants théoriques sont les suivants : Premièrement, le courant francophone dominé par Tardieu (1954) instaure un cadre théorique à la prise en charge de cette pathologie. Pour lui, l'Infirmité Motrice Cérébrale regroupe des troubles moteurs prédominants et non évolutifs, dus à une lésion cérébrale, conséquence d'une lésion pré-péri ou post-natale précoce pouvant s'accompagner d'atteintes partielles de fonctions supérieures à l'exception d'une déficience intellectuelle ce qui permettrait à ces enfants de suivre une scolarité dite « ordinaire ». (Tardieu, 1984). Si à l'époque de Tardieu, les incompatibilités fœto maternelles étaient l'étiologie la plus fréquente, actuellement, les complications d'une naissance prématurée sont le plus souvent responsables d'une infirmité motrice cérébrale, sachant que les lésions cérébrales ne sont pas toutes identiques selon l'étiologie et selon le degré de l'atteinte de la fonction intellectuelle. Donc on parle d'Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale (IMOC) lorsqu'il y a un déficit intellectuel pour faire la distinction avec l'Infirmité Motrice Cérébrale (IMC). Dans cette "école" de Tardieu, nous pouvons citer d'autres auteurs tels que : Le Metayer (1993) qui a mis en place une évaluation clinique factorielle permettant de distinguer les anomalies motrices transitoires des anomalies pathologiques. Dans les cas pathologiques, les données du bilan cérébromoteur contribuent à l'établissement du diagnostic médical et l'élaboration d'une stratégie éducative et thérapeutique à moyen et long terme ainsi que la mise en œuvre d'un

traitement orthopédique précoce. Aussi, la nature et l'étendue des troubles aident à mieux comprendre leurs conséquences fonctionnelles pour l'alimentation et la déglutition et plus tard pour le contrôle salivaire et l'articulation dans le langage parlé. Egalement, l'identification d'anomalies motrices bucco-linguaux repose sur l'évaluation comparée des aptitudes motrices innées. Tout cela déterminera les modalités d'une éducation thérapeutique précoce (Le Metayer, 1993). Un autre chercheur, Lespargot (1984) par ses travaux a approfondi l'étude de l'incontinence salivaire ou le bavage chez ces enfants. De même, Truscelli, Leroy-Malherbe, Le Metayer (2006) se sont penchés sur le diagnostic précoce chez le bébé IMC axant sur les troubles associés somatiques et cognitifs permettant la prise en charge thérapeutique vis-à-vis de l'enfant mais également vis-à-vis des parents, ce que l'on appellera « l'accompagnement psychologique et social ». Finalement, la pensée « cognitive » apparaît avec Mazeau (2005), qui décrit des troubles neuropsychologiques motrices et/ou cognitives. Deuxièmement, le courant allemand avec Krägeloh-Mann (2002) axe ses recherches sur l'imagerie cérébrale et les progrès venant de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) montrent que le cerveau subit des changements organisationnels complexes à la période du développement précoce.

Certaines études mettent en évidence la valeur diagnostique de l'IRM pour les lésions de substance blanche (transmissions des informations) par rapport à l'échographie transfontanellaire (ETF).

Ce dépistage est fiable pour les dépistages des hémorragies mais plus difficile à interpréter pour le diagnostic précoce des lésions de la substance blanche notamment pour les prématurés, les enfants issus de grossesse gémellaire ou nés avec un retard de croissance intra-utérin. Dans ces cas, on recherchera des hémorragies intracrâniennes et des leucomalacies péri ventriculaires (lésions plus ou moins diffuses de la substance blanche au niveau de l'anneau péri ventriculaire cérébral). Mais au-delà de la naissance, l'identification des lésions cérébrales périnatales se fait par la constatation d'anomalies neuro-motrices précoces. Aussi, les travaux de Grenier (2000) et de Le Metayer (1993) sur le dépistage des troubles précoce du développement moteur ont été approfondis en montrant l'existence des aptitudes motrices innées qui sont définitivement programmées, observables dès les premiers mois de vie et tout au long de l'évolution motrice de l'homme. Cette étude clinique de ces aptitudes a élargi les conceptions de l'organisation motrice sur lesquelles on peut s'appuyer pour l'évaluation des troubles dus aux atteintes cérébrales, ainsi que pour entreprendre et orienter l'éducation thérapeutique de l'enfant. Mais, retenons que les deux plus importants

facteurs de risque de la paralysie cérébrale sont le fait d'être né très prématurément (avant 32 semaines d'aménorrhée) et/ou d'avoir un très petit poids de naissance (sous 1500 grammes), Cottalorda *et al* (1997).

Dans le cadre de cette recherche de l'émergence de la parole auprès des enfants paralysés cérébraux ayant comme pathologie des troubles moteurs, nous nous sommes basés sur la théorie motrice de MacNeilage (1998) MacNeilage et Davis (1990). Ce modèle biomécanique à la base de la théorie « Frame/Content » s'appuie sur le fait que le babillage apparaît à 6 mois chez tous les enfants « pseudo normaux » du monde (théorie universelle) quel que soit l'environnement linguistique (Lalevee et Vilain, 2006). Le babillage présente des caractéristiques universelles car les cycles mandibulaires sont identiques pour toutes les langues maternelles sauf pour les enfants sourds qui ont une production réduite (Mc Caffrey, Davis, MacNeilage, Von Hasburg, 1988).

D'après la théorie « Frame/content », le rôle de la motricité dans les productions du babillage est fondamental puisque le babillage est généré à la base par le système de contrôle neuromoteur de la mandibule qui permet le cycle d'oscillation mandibulaire (MacNeilage, 1998) en particulier par ses rythmes d'oscillations spontanés (ouverture et fermeture de la mandibule). Aussi, des fonctions prélinguistiques se développeront telles que la succion, la mastication, la déglutition ainsi que la respiration qui seront « les socles fondamentaux » à la production de l'articulation. Au niveau acoustique, grâce aux travaux de Whalen (2011) et de Mennella (2011) sur la phonétique articulatoire, il existe un contraste entre des closants (consonnes) produits par la configuration du conduit vocal fermé et des vocants (voyelles) produits avec un conduit vocal ouvert. Le rythme est ainsi sous le contrôle du geste mandibulaire grâce à l'évolution des contrôles moteurs, le conduit vocal est ouvert pendant la phonation des voyelles, tandis que celui-ci est fermé pendant la phonation des consonnes. L'oscillation mandibulaire fournirait le « cadre » (frame) articulatoire dont le « contenu » (content) serait donné par les mouvements de la langue.

Donc, d'après Boë (1997), les sons produits privilégiés seraient les voyelles [i, a, y, ə, o] et les consonnes occlusives non voisées ainsi que voisées [p, t, k, b, d, g].

En 1998, MacNeilage pensent que les liens articulatoires vocants/closants donnent naissance à la production de syllabes telles que bababa, dédédé, gogogo. Quant au niveau neurologique, l'émergence soudaine vers 6-7 mois serait contrôlée par l'aire motrice supplémentaire (SMA)

et non l'aire de Broca (Abry *et al.*, 2001) située dans le cortex frontal inférieur. Cette aire motrice supplémentaire pourrait prendre en charge « le cadre » sans s'occuper du « contenu » de la syllabe (Schwartz et Loevenbruck, 2013).

Dans notre étude, nous vérifierons l'hypothèse selon laquelle existerait-il une corrélation entre le développement de la succion-déglutition-mastication et l'émergence de la parole avec le développement du contrôle de la mandibule et des autres articulateurs (langue, lèvres, voile du palais) sachant que la déglutition est une fonction stable mais que pendant le développement de l'enfant les changements anatomiques, neurologiques et physiologiques s'accompagnent d'une succession de modifications fonctionnelles de la déglutition.

La méthodologie consiste en une étude longitudinale de cinq enfants paralysés cérébraux dont trois garçons et deux filles qui sont âgés de 2 ans 2 mois à 4 ans 10 mois. Lors des enregistrements, nous avons utilisé un matériel d'enregistrement numérique (MARANTZ ; SOLID STATE RECORDER) et d'un micro directif. Les enregistrements ont été effectués en cabinet libéral, les sessions d'enregistrement durent entre 15 et 30 minutes avec des fichiers enregistrés au format « .wav ». L'analyse acoustique des productions sera établie à partir des éléments cycliques et comparables à l'aide du logiciel PRAAT qui est un logiciel de phonétique qui a été conçu par Paul Boersma et David Weenink de l'Institut des Sciences Phonétiques de l'Université d'Amsterdam (1996). Notre analyse ciblera sur l'étude des durées des consonnes comme indice de l'évolution du contrôle articulatoire à partir de l'extraction des sons occlusives non voisés et voisés [p, b, t, d, k, g] en relation des différentes phases de la déglutition ainsi que l'étude des formants (F1 et F2) pour les sons [i, u, a].

Donc, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'au cours de la phylogénèse et de l'ontogenèse, la parole a été acquise à partir d'une spécialisation de gestes de mastication-déglutition avec une « réorganisation » de leur contrôle. Les mouvements des articulateurs pour la production de la parole peuvent être considérés comme un sous-ensemble de ceux que l'on peut observer pour la succion, la mastication et la déglutition. Cette cyclicité de la succion avec l'évolution du conduit vocal et de son contrôle a permis la mise en place du babillage (Böe, 2011, 2013 ; Schwartz et Loevenbruck, 2013) ainsi que la mise en évidence de l'oscillation mandibulaire issue de la théorie motrice du « Frame/content » de MacNeilage et Davis (2000, 2001, 2004) et de la théorie de la phonétique articulatoire de Whalen (2011) au niveau de la production de parole. Grâce à la corticalité, les émissions sonores émises dans le larynx vont changer, le

larynx descend progressivement et libère un espace en arrière du résonateur. La partie postérieure de la langue devient mobile et permet la production de nouveaux sons (Thibault, 2012). Cette mobilité linguale corrobore également avec le « passage » nécessaire de la déglutition primaire à la déglutition secondaire selon une évolution dans la diversité mais aussi dans la texture alimentaire, c'est à dire le passage de la texture lisse (liquide) vers la texture homogène lisse (mixée lisse), ensuite de la texture tendre en morceaux (mouliné) pour aboutir à la texture hachée et finalement aux morceaux entiers. L'anatomie oro-faciale du nourrisson montre que la langue occupe la quasi-totalité de la cavité buccale ce qui limite les mouvements latéraux de la langue. Le larynx est situé plus haut au niveau du cou (au niveau de la 3^{ème} vertèbre cervicale). L'épiglotte est au contact du voile du palais lors de la déglutition, ce qui constitue une protection anatomique des voies aériennes supérieures, tandis qu'à partir de 6 mois, le cou s'allonge, entraînant la création de l'oropharynx. La cavité buccale s'agrandit, laissant plus d'espace à la langue qui pourra commencer à bouger latéralement. Lors de la déglutition, le voile du palais ne vient plus au contact du larynx, mais monte pour fermer le nasopharynx, et l'épiglotte bascule en arrière pour assurer la protection des voies aériennes supérieures. Simultanément, la diversité alimentaire permet à la langue d'être plus mobile en recherchant les aliments situés dans la cavité buccale et à l'apex de s'élever, de prendre appui sur le palais dur, derrière les arcades dentaires supérieures. Donc, la langue initie un mouvement de l'avant vers l'arrière et propulse le bol alimentaire vers le pharynx (Bandelier, 2015). A ce stade, la déglutition secondaire est opérationnelle.

En conséquence, nous pouvons observer le lien étroit entre la phonation et la déglutition dans les réalisations simultanées de gestes articulatoires pour produire des catégories phonétiques et linguistiques. L'apparition graduelle des différents sons du langage correspondrait à la nature consécutive de l'évolution linguistique, qui permettrait l'émergence de la parole.

Par ailleurs, le phénomène du développement de la parole, de la naissance à l'âge adulte, est primordial pour plusieurs domaines de la communication parlée et nous pouvons imaginer que la communication orale a évolué sous la contrainte des mécanismes de la perception et de la production de la parole.

Actuellement, les recherches montrent l'importance des couplages perceptivo-moteur aussi bien pour la production (caractérisation perceptive des unités du langage, feedback auditif, les mécanismes de contrôle et les programmes moteurs) que pour la perception (traitement

perceptif et connaissance motrice), la multisensorialité au niveau de la vision et de l'audition pour l'aspect sensoriel et au niveau de la face et de la main pour l'aspect moteur A cela s'ajoutent les nouvelles techniques de neuro anatomie et de neurophysiologie qui apportent des éclairages sur les circuits corticaux (Schwartz et Loevenbruck, 2013).

Du côté perceptif, grâce aux enregistrements simultanés de l'électroencéphalogramme et de l'imagerie par résonance magnétique, la théorie de l'échantillonnage asymétrique de Poeppel a permis de mettre en évidence une topographie de l'expression corticale des rythmes de la parole humaine soulignant l'interaction entre perception et production de parole (Giraud, 2008). De même, l'anatomie chez le tout petit enfant à sa naissance permet le « suckling » (vraie succion) qui se définit comme les mouvements antéro-postérieurs de la langue en rapport avec la posture de décubitus et de flexion du nourrisson. Ces mouvements de la langue qui vont du haut vers le bas sont possibles lorsque la musculature est suffisamment « solide » pour que l'enfant puisse se tenir en position verticale et permettent les mouvements de la mandibule pour la prise alimentaire (Puech et Woisard, 2004). Ces deux types de mouvements se combinent dans la cavité buccale entre 6 et 12 mois et préparent le bol alimentaire. A ce moment, grâce à la corticalité, les émissions sonores émises par le larynx vont changer, le larynx descend progressivement et libère un espace en arrière de la langue qui va servir de résonateur. La partie postérieure de la langue devient mobile et permet la production de nouveaux sons (Thibault, 2012). La succion-déglutition nécessite une force suffisante des muscles oraux et de la langue avec des cycles de l'ordre de 1Hz. L'oralité primaire correspondant à la déglutition primaire va durer pendant les six à huit premiers mois de vie puis va être progressivement remplacée par l'oralité secondaire (déglutition secondaire) qui débutera avec l'alimentation fractionnée à la cuillère et le changement de consistance alimentaire (Boë *et al.*, 2011).

Le passage à la cuillère (grâce au cortex pariéto-frontal, au faisceau géniculé et au système des gnosies-praxies (la corticalité) se met en place entre 4 et 7 mois et coexiste avec l'oralité succionnelle primitive pour assurer une sorte de passerelle entre l'oralité primaire et secondaire. Cette double stratégie alimentaire par succion et par cuillère dure de 1 à 2 ans, le passage à la cuillère est d'ordre neurologique (maturité du cortex cérébral) ainsi que la praxie de mastication (aires motrices corticales) qui se mettra en place vers la 2^{ème} année. En même temps et grâce à la maturité cérébrale, le tout petit enfant sera dans une période de développement psychomoteur ainsi que neurovisuel et du point de vue anatomique,

l'allongement du cou va s'accompagner d'une descente du larynx ; la croissance de la cavité buccale va laisser plus d'espace à la langue. Le voile du palais ne vient plus en contact du larynx lors de la déglutition mais monte pour occire le nasopharynx.

A cette étape de la vie, le jeune enfant sera capable de dissocier le temps oral et le temps pharyngé et il devra coordonner la déglutition avec la respiration pour éviter les fausses routes (Boë *et al.*, 2011). Toutes ces structures « anatomico-musculo »-squelettiques seront le support de la parole qui apparaît avec le babillage vers 7 mois. Le babillage canonique apparaissant vers 6-7 mois en même temps où le jeune enfant tient sa tête droite, montre une coordination par le bébé (production de sons) et de mouvements cycliques de sa mâchoire pour moduler le son notamment la production de protosyllabes .

Ces protosyllabes sont dénommés « cadres » (frames) par MacNeilage et Davis avant que ne se mette en place un contrôle indépendant des phases vocaliques et consonantiques qui est dénommé « contenu » (content) d'où le nom de la théorie « Frame then content » de MacNeilage et Davis (1990, 1994, 1998). Selon cette théorie, les voyelles privilégiées seraient [i, a, u, y, ə, o] des consonnes non voisées parmi les plosives, [p t k] ou [b d g] comme système de base (Boë *et al.*, 1997).

Donc, avec la synthèse des théories de MacNeilage (1998) et de Whalen (2011), nous trouverons des syllabes qui seraient composées pendant le stade du babillage selon la combinaison suivante : association de vocants médians qui se trouvent dans l'environnement de closants labiaux [ba, ba, ba], de vocants antérieurs qui sont précédés de closants coronaux [de, de, de], et finalement, de vocants postérieurs qui sont produits lors de la production de closants vélaires [go, go, go].

En conclusion, suite à la littérature, nous constatons que les organes qui sont nécessaire à la « succion-déglutition-mastication » sont un sous ensemble de ceux que nous observons lors de la production de parole. Aussi, il existerait une corrélation entre le développement de « la succion-déglutition-mastication » avec l'émergence de la parole de manière spatio-temporelle suite au développement du contrôle de la mandibule ainsi que des articulateurs de la sphère oro-faciale (langue, lèvres, voile du palais). De plus, l'évolution du système respiratoire, digestif, locomoteur et de la dentition s'effectueront avec les changements anatomiques, neurologiques, physiologiques de manière successive et simultanément avec les modifications fonctionnelles de la déglutition. Egalement, la saisie et la prise alimentaire à travers sa

diversité et sa texture permettront l'évolution du développement pré linguistique et linguistique chez l'enfant. Par ailleurs, nous pouvons souligner que les enfants présentant des troubles de l'oralité alimentaire ou oralité primaire auront tendance à développer des troubles de l'oralité secondaire correspondant aux troubles de parole. Grâce à la synthèse de la théorie phonétique articulatoire de Whalen (2011) et de la théorie du Frame/Content de MacNeilage (1994), nous pouvons affirmer que les deux fonctions sont étroitement liées et imbriquées l'une dans l'autre permettant la production infinie de syllabes durant le stade du babillage pour accéder aux premiers mots. Après avoir développé quelques concepts théoriques, nous proposons de passer à la méthodologie.

III PARTIE EXPERIMENTALE

III.1 METHODOLOGIE

Liminaires : rappel

Les connaissances actuelles sur l'émergence de la parole mettent en évidence des tendances préférentielles dans les productions des enfants tout-venants (Kern, 2010). Elles correspondent à une prédilection pour :

- Les syllabes de type Consonne-Voyelle (C-V),
- Les consonnes occlusives orales /nasales et les semi-consonnes,
- Les consonnes labiales et coronales (ou apico-alvéolaires),
- Un changement de hauteur dans le degré d'aperture du conduit vocal, lors des changements vocaliques intersyllabiques,
- Une cooccurrence des babillages rédupliqués et variés. Ces tendances préférentielles conforteraient l'hypothèse de l'oscillation rythmique de la mandibule (MacNeilage, Davis, 2004) qui seraient en lien avec l'émergence du contrôle articulatoire. En effet, la mandibule interviendrait principalement dans le développement du babillage, car les premières syllabes seraient produites sur un mode rythmique lié au mouvement d'oscillation mandibulaire. Lors de la phonation, la phase d'ouverture coïnciderait avec l'émission de voyelles tandis que la phase de fermeture permettrait la réalisation de consonnes. Celui-ci serait sous la dépendance de la maturation du tractus vocal. Et de plus, la croissance du massif facial engendrerait une relocalisation musculaire, couplée à un progrès dans la maîtrise du contrôle de l'instrument vocal dans un contexte d'alimentation-déglutition (Boë, 2008). A partir de cette théorie, les questions que nous nous posons sont les suivantes : 1) Dans quelle mesure une éducation précoce de l'alimentation-mastication-déglutition peut-elle favoriser l'émergence du contrôle articulatoire et la diversification phonologique chez l'enfant paralysé cérébral, en tenant compte de son développement physiologique et anatomique ? 2) Cette prise en charge précoce permettrait-elle de soutenir l'acquisition du contrôle articulatoire et, à terme, l'émergence de la parole ? Afin de vérifier la pertinence de ces questions, nous procéderons à une étude des productions verbales chez cinq enfants paralysés cérébraux et/ ou souffrant de pathologies associées.

III.1.1 LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL DE L'ETUDE ACOUSTIQUE

III.1.1.1 Présentation des sujets : enfants-patients

L'étude des productions verbales s'effectue auprès de cinq enfants ayant des pathologies diverses, dont le dénominateur commun est le cas d'enfants paralysés cérébraux et/ou souffrant de pathologies associées.

Les patients sont cinq enfants qui m'ont été adressés par le Centre Action Médico-Sociale Précoce Spécialisé – Association des paralysés de France (C.A.M.S.P.S–APF) d'Illzach (Haut Rhin), dans le cadre de l'éducation précoce pour des troubles de l'oralité axés essentiellement sur les troubles de la mastication et de la déglutition. Parmi les cinq enfants, nous avons deux filles et trois garçons, dont les pathologies sont différentes mais dont le dénominateur commun est le trouble de l'oralité axé sur les troubles alimentaires, de mastication et de déglutition.

Pour chaque enfant, nous effectuerons trois phases d'enregistrement qui correspondent aux âges précis, en relation avec le développement anatomique et physiologique, en lien avec l'évolution de la déglutition.

Dans notre corpus, il faut souligner que quatre enfants ont baigné dans un bilinguisme (français/arabe, français/turc, français/albanais). Ce choix du bilinguisme était secondaire à la « sélection » de ma population puisqu'au départ, ces enfants ne pouvaient pas oraliser et que mon travail orthophonique étant d'orienter les séances sur l'éducation précoce en présence des parents.

Voici la description de ma « population » qui comprend des filles et des garçons, avec des âges et des troubles de « succion-déglutition-mastication » différents pour chacun. Le terme de « population » est, bien entendu, à relativiser ici, étant donné le nombre réduit de sujets étudiés. Il faut souligner la non production de certains sons tels que le [k] chez Ebrar, le [t, d] chez Noah à cause d'une incapacité à effectuer les schèmes moteurs, et de la période de rééducation qui était limitée dans le temps.

Etant donné les différences de pathologies et les stades de déglutition, ainsi que les *background* ou bains linguistiques variés, il a été décidé de ne pas effectuer de comparaison

avec des locuteurs-témoins. Nous n'aurions pas pu apparter chaque enfant-patient en âge et en genre sur des bases cohérentes.

III.2 CORPUS

III.2.1 « POPULATION » DES FILLES

Cette « population » comprend deux filles qui ont baigné dans un bilinguisme (français / arabe et français / turc). Nous pouvons noter que les âges de début et de fin de prise en charge sont différents pour chaque enfant, ainsi que la période de rééducation qui varie de 4 mois 8 j à 9 mois 27 jours, étant donné que les pathologies sont différentes. Nous vous présentons les enfants qui ont bénéficié de rééducation orthophonique, divisée en trois stades. Ces stades correspondent à des séances (1 à 3) qui sont datées.

a) Ajar (née le 11/11/09) Présente une leucodystrophie et a baigné dans la langue française / arabe.

- 07/02/13 : 5^{ème} séance = 3 ans 2 mois 26 j
 - 20/02/14 : 42^{ème} séance = 4 ans 3 mois 9 j
 - 04/12/14 : 90^{ème} séance = 5 ans 2 mois 2 j
- } Période de 9 mois 27 j (85 séances)

b) Ebrar (née le 20/12/10) Présente une souffrance fœtale aigüe avec une hydrocéphalie et a baigné dans la langue française / turque.

- 18/12/13 : 7^{ème} séance = 2 ans 11 mois 28 j
 - 21/03/14 : 17^{ème} séance = 3 ans 3 mois 1 j
 - 26/05/14 : 29^{ème} séance = 3 ans 5 mois 6 j
- } Période de 4 mois 8 j (22 séances)

III.2.2 « POPULATION » DES GARÇONS

Cette « population » comprend trois garçons, dont deux qui ont baigné dans un bilinguisme (français / arabe et français / albanais). Ici aussi, on constatera que les âges de début et de fin de prise en charge sont différents pour chaque enfant, ainsi que la période de rééducation qui varie de 2 mois 2 jours à 4 mois 9 jours, puisque les pathologies sont également différentes. Nous vous présentons les enfants qui ont bénéficié de rééducation orthophonique, divisée en trois stades. Ces stades correspondent aux séances (1 à 3) qui sont datées.

a) Atiens (né le 02/08/10) Présente une malformation de Chiari de type 1, associée à une hydrocéphalie avec une dysmorphie crânio-faciale, et a baigné dans la langue française / albanaise.

- 31/10/12 : 13^{ème} séance = 2 ans 2 mois 29 j
 - 21/11/12 : 14^{ème} séance = 2 ans 3 mois 19 j
 - 03/01/13 : 17^{ème} séance = 2 ans 4 mois 1 j
- Période de 2 mois 2 j (4 séances)

b) Noah (né le 09/07/08) Présente une quadriplégie avec une maladie de Lesch-Nyhan (trouble du métabolisme), et a baigné dans la langue française.

- 21/01/13 : 70^{ème} séance = 4 ans 6 mois 12 j
 - 07/03/13 : 78^{ème} séance = 4 ans 7 mois 28 j
 - 30/05/13 : 90^{ème} séance = 4 ans 10 mois 21 j
- Période de 4 mois 9 j (20 séances)

c) Ryan (né le 02/10/08) Présente une neuropathie centrale et périphérique progressive, et a baigné dans la langue française / arabe.

- 09/01/13 : 29^{ème} séance = 4 ans 2 mois 7 j
 - 06/02/13 : 32^{ème} séance = 4 ans 4 mois 4 j
 - 13/03/13 : 35^{ème} séance = 4 ans 5 mois 11 j
- Période de 2 mois 4 j (4 séances)

III.3 ANAMNESE

III.3.1 « POPULATION » DES FILLES

d) Ajar :

Bilan Médical (07/01/2011) :

Antécédents néonataux :

Ajar est née le 11/11/2009 avec un poids à la naissance de 3370 g, une taille de naissance de 51 cm, un périmètre crânien de 37 cm et un Apgar (l'évaluation de la vitalité d'un nouveau-né au moment de sa naissance) de 9-10, avec une grossesse qui s'est bien déroulée chez la maman. Dès la naissance est apparue une hypotonie axiale qui a été bilanée au CHU de Besançon. L'IRM (Imagerie par Résonance

Magnétique) cérébrale réalisée en 2009 montrait des hypersignaux de la substance blanche périventriculaire en pondération en T2, avec une dilatation des ventricules latéraux, prédominée à gauche à caractère évoquant une leucodystrophie.

Un bilan métabolique et des recherches génétiques étaient normaux. Les PEA (Potentiels Evoqués Auditifs) étaient également normaux. Le 30/05/2011, l'IRM montrait une stabilité des lésions et l'EEG (Electro-EncéphaloGramme) était normal. Des difficultés sont présentes dans la manipulation, ainsi que dans la coordination de la motricité fine.

Antécédents familiaux :

Nous pouvons signaler une consanguinité au 2^{ème} degré. Il n'y a pas de pathologie familiale notable, et les parents parlent français/arabe. Sur le plan du développement psychomoteur, la position assise a été acquise à l'âge de 10 mois. A cette date, elle se retournait du dos sur le ventre et vice versa. Elle attrapait les objets et les passait d'une main à l'autre pour les porter à la bouche. Sur le plan du langage, on observait un babillage et une légère hypertonie périphérique prédominante à gauche et au niveau des extrémités.

Bilan orthophonique (03/12/2012-3 ans) :

La batterie d'évaluation psycholinguistique (BEPLA-Forme courte) de Chevrie-Muller (1977) montre un résultat nul aux épreuves d'articulation, de phonologie-dénomination, de rétention de phrases, de préposition, du bonhomme de Mc Carthy (une échelle permettant d'évaluer la coordination sensori-motrice). Toutefois, elle obtient un score de 1/20 à l'épreuve de vocabulaire-compréhension (image de « culotte »). Quant au langage spontané, les syllabes et/ou sons émis sont : [da], [e], [la]. La propreté n'est pas acquise, elle boit encore au biberon, mais commence à utiliser le gobelet.

Les objectifs thérapeutiques : développer l'appétence à la communication tout en permettant le passage de la déglutition primaire à la déglutition secondaire.

e) **Ebrar :**

Bilan médical (27/09/2013)

Antécédents néonataux :

Ebrar est née le 20/10/2012 à 40 semaines d'aménorrhée sur pré-éclampsie, avec un poids de naissance de 4150 g, une taille à la naissance de 53 cm, un périmètre crânien de 37 cm et l'Apgar de 4-8-9. La grossesse a été obtenue par FIV (Fécondation in vitro).

A la naissance, nous pouvons signaler une souffrance fœtale aigüe, avec réanimation néonatale et la découverte d'une malformation ano-rectale, ainsi que d'une agénésie sacrée à la radiologie (Spina bifida qui n'a pas été opéré). Ebrar présente donc, une hydrocéphalie stable non drainée, avec une épilepsie caractérisée par des crises généralisées à type d'absence atypique apparue en Janvier 2012 (traitement par Dépakine suspension buvable de 200 mg), mais avec une diminution du traitement en raison d'une chute de cheveux. De ce fait, il y a eu une modification du traitement de Dépakine, avec un nouveau dosage de 100 mg le matin et 200 mg le soir (2014).

Antécédents familiaux :

Le couple est consanguin de première lignée. Le père est devenu paraplégique suite à un AVP (Accident de la Voie Publique). La maman « parle un peu » le français, le papa ne parle que le turc, et la sœur, née en 2000, parle français/turc. Au niveau neurologique (2014), il n'y a pas de crises d'épilepsie depuis Décembre 2012. La marche s'est bien améliorée depuis le port de chaussures orthopédiques, les chutes sont nettement moins fréquentes. Les potentiels évoqués auditifs ont montré des anomalies avec élévation des seuils audiométriques objectifs à 30 dB à droite et 40 dB à gauche. Les réponses recueillies aux fortes intensités de stimulation sont caractérisées par d'importantes difficultés d'identification, en particulier aux stimulations gauches et un allongement de latences plaident en faveur d'une atteinte rétro cochléaire bilatérale (peut-être en rapport avec l'hydrocéphalie). Sur le plan ophthalmologique, une hypermétropie a été mise en évidence, et au niveau psychomoteur, la marche a été acquise en Novembre 2012. Quant au langage, la maman lui parle turc et la grande sœur parle le français. L'enfant dirait quelques mots en turc et commencerait à essayer de les répéter.

Bilan orthophonique (01/10/2013-2 ans et 11 mois) :

Observation clinique :

L'enfant est capable de faire rouler les balles et les voitures, de prendre le téléphone, d'appuyer sur les touches du clavier et de le porter à l'oreille. Elle utilise les couverts et les porte à la bouche, place la cuillère dans la tasse et place la sous-tasse sous la tasse. Elle prend également la brosse et le peigne pour se coiffer. Finalement, elle essaie de souffler sur les bulles de savon. Il n'y a pas de bavage, mais présence une respiration buccale avec la langue qui sort un peu. Les séquences de sons produites en spontané sont : [meme] et les séquences de sons produites en répétition sont : [lala], [papa], [tata]. L'enfant a mis en place son propre code de communication qui est de tourner la tête pour le « non », mais n'a pas encore de code oral, ou un autre moyen pour le « oui ». Quant à la mastication/déglutition, la maman allaite encore Ebrar, alors qu'elle serait capable de boire au verre d'après la maman.

Les objectifs thérapeutiques : aborder ce trouble de déglutition (passage de la déglutition primaire à la déglutition secondaire), avec la mise en place de la communication dans le cadre de l'éducation précoce.

III.3.2 « POPULATION » DES GARÇONS

f) Atiens :

Bilan médical (27/06/2011)

Antécédents néonataux :

Né le 02/08/2010 à 37 semaines, Atiens a un poids de naissance de 3000 g, une taille à la naissance de 47,5 cm et un Apgar de : 10. L'enfant, âgé de 4 mois, est porteur d'une valve de dérivation ventriculo-péritonéale, suite à la découverte d'une hydrocéphalie. Il présente une dysmorphie crânio-faciale avec une fente palatine, un retard de développement, de malvoyance et des kystes rénaux. L'IRM réalisée en Mars 2011 mettait en évidence la présence d'une malformation de Chiari de type 1, avec une compression du cervelet dans la fosse postérieure du crâne qui est trop petite. Il présente une hypotonie axiale assez marquée, avec des difficultés à tenir sa tête. Au niveau ophtalmologique, il présente un nystagmus, surtout à droite.

Antécédents familiaux :

Les parents parlent albanais/français, et Atiens a un frère plus âgé de 3 ans.

Bilan orthophonique (07/06/2011-10 mois) :

La sphère ORL est très « encombrée » avec la tête souvent en hyper extension, et la présence d'un nystagmus de l'œil. Malgré cela, Il a la capacité de prendre les objets et de les saisir. Il est capable de boire du lait au biberon.

Les objectifs thérapeutiques sont de diversifier progressivement les liquides au niveau du goût et de la texture, tout en étant attentif à la posture lors des repas. Il faut signaler que cet enfant ne produit aucun son durant le bilan.

g) **Noah :**

Bilan médical (19/06/2014)**Antécédents néonataux :**

Né le 09/07/2008 à 38 semaines, Noah a un poids de naissance de 3400 g, une taille à la naissance de 49 cm. Il a été opéré à 15j de vie d'un rétrécissement pulmonaire découvert en post natal, à l'examen du 8^{ème} jour. L'IRM cérébrale réalisée en 2011 montre une discrète anomalie de signal à la partie postérieure du tronc. L'enfant présente une quadriplégie, avec dystonie des membres supérieurs et inférieurs associée à une hypotonie du tronc. La maladie de Lesch-Nyhan (trouble du métabolisme des purines, mutation du gène HPRT1) a été diagnostiquée en Mai 2014. Au niveau développemental, Noah présente un retard de développement et un trouble de la déglutition qui semble s'être amélioré.

Antécédents familiaux :

Les parents parlent français et ont une fille, née en février 2004.

Bilan orthophonique : (13/10/2011-3ans et 3 mois) :

Noah présente une hypotonie axiale avec une capacité de redressement de la tête. Il est en poussette jusqu'au 29 Avril 2013, date à laquelle un fauteuil coquille est mis en place. En préhension, il utilise les 2 mains, et est capable de ramener les objets vers lui et de les donner à un tiers. Au niveau de la communication, Noah produit le [i] pour dire « oui », et tourne la tête à droite pour exprimer le « non ». Ce code de

communication mis en place n'est pas utilisé de manière systématique. Quant au niveau linguistique, il est au stade « déictique », et associe le pointage avec le [la]. Finalement, nous remarquons un bavage à petites gouttes.

Les objectifs thérapeutiques sont les stimulations oro-faciales, la diminution du bavage, l'accompagnement parental avec la diversification alimentaire et l'appétence à la communication avec le développement du langage oral, si cela est possible.

h) **Ryan :**

Bilan médical (18/10/2011)

Antécédents néonataux :

Né le 02/10/08 à 38 semaines, Ryan a un poids de naissance de 3240 g, une taille à la naissance de 48 cm, un périmètre crânien de 35,5 cm et un Apgar : 10/10. L'IRM cérébrale, réalisée le 06/09/2011, montre une neuropathie centrale et périphérique progressive depuis 2,5 mois. Nous pouvons noter une absence de lésions évocatrices de trouble démyélinisant, mais une dysgénésie hippocampique bilatérale. Ce constat suppose un doute sur la jonction bulbo-protubérantielle.

Antécédents familiaux :

Les parents sont cousins germains et dans la fratrie, Ryan a deux frères dont l'aîné présente la leucodystrophie (né le 20/12/2006), le plus jeune semble se développer sans problèmes (né le 05/08/2011).

Bilan orthophonique (01/03/2012-4ans et 6 mois) :

Batterie psycholinguistique A, « Forme courte » de Chevrie-Muller (1997) montre :

- I. **Langage-Expression :** Articulation (répétition de syllabes) : 62,5/100, Phonologie-Dénomination : 3/25, Couleur-Dénomination : 5/6, avec des troubles d'articulation.
- II. **Langage :** Réception-Compréhension, Couleur-désignation : 5/6, Vocabulaire-compréhension : 35/100, Préposition : 0/100, Syntaxe-compréhension : 0/100, Rétention-mémoire : 4/26.
- III. **Langage spontané :** L'enfant est capable de répondre par « oui / non » aux questions posées.

Après avoir décrit la population ainsi que l'anamnèse pour chaque enfant, nous proposons de passer maintenant à la présentation des résultats expérimentaux, commençant tout d'abord par une description du bilan de la sphère oro-faciale et de la rééducation de la déglutition-mastication.

III.4 PRESENTATION DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

III.4.1 REEDUCATION ORTHOPHONIQUE : LE TRAVAIL DE LA DEGLUTITION ET DE LA MASTICATION

Après avoir réalisé l'anamnèse avec les parents, nous complétons notre bilan par l'observation de l'état général et de l'éveil psychomoteur de l'enfant. Aussi, nous interrogeons les parents sur le « quotidien » de l'enfant au sein de la famille (famille proche, éloignée, la fratrie...) et extra familial (comment se comporte-t-il à l'extérieur, peut-il communiquer, comment communique-t-il avec autrui ? ...).

Ensuite, nous recherchons la présence ou non d'un réflexe hyper-nauséieux, ainsi que le niveau alimentaire avec l'existence éventuelle de fausses-routes de déglutition (Senez, 2002, p.85), sachant que les principales fausses-routes sont liées au trouble du tonus et de la posture, ainsi qu'au trouble du temps buccal.

Nous axerons notre travail sur les perturbations de la sphère oro-faciale. Tout d'abord, par rapport à la sensibilité, il s'agira de savoir si l'enfant est hypo sensible, (absence ou altération de la transmission des informations sensorielles dans la bouche et le pharynx) ; cette perturbation engendrera le bavage, l'absence de réaction de la sphère buccale, lors de l'introduction d'aliments, l'absence de réflexe de toux... Si celui-ci est hypersensible, cette perturbation déclenchera des réponses motrices massives lorsque nous stimulerons la cavité buccale et /ou les zones péribuccales (Senez, 2002, p.90). Par la suite, nous évaluerons les perturbations motrices avec la présence des réflexes oraux primaires. Si ceux-ci sont présents, l'enfant ne pourra pas diriger sa langue dans la cavité buccale lors de l'introduction de la nourriture. Aussi, l'introduction d'un corps étranger (doigt, cuillère..) peut déclencher un vomissement ou l'expulsion des aliments en dehors de la bouche. Puis, nous analyserons les différentes phases du temps buccal réparties en phase masticatoire (capacité de mastiquer la nourriture), le temps buccal pour la déglutition d'un aliment mixé, la phase préparatoire pour les liquides (avaler sa salive), ainsi que les troubles du temps pharyngien (reflux des aliments

et/ou boisson par le nez, sensation de picotement...), aboutissant à une fausse-route et, finalement, les troubles du temps œsophagien (vomissement, régurgitation, reflux...). Une fois tous ces éléments observés, nous passons à l'étape de la rééducation de la sphère oro-faciale avec un travail de déglutition – mastication. Il faut noter que les bilans et les séances de rééducation ou d'éducation se font toujours en présence des parents (un des deux ou les deux parents), afin de les guider, de les conseiller pour pouvoir poursuivre les gestes moteurs au domicile avec leur enfant. Aussi, faut-il souligner que les parents venant avec leur enfant n'ont pas encore « fait le deuil du handicap » et sont souvent pris en charge simultanément par l'équipe psychologique du C.A.M.S.P.S-A.P.F. En conséquence, la plainte des parents se traduit par : « Mon enfant ne mange pas et/ou bave, alors, nous ne pouvons plus sortir ou inviter des amis à la maison. ». Une telle plainte est souvent associée, à « Pensez-vous qu'il parlera un jour » ? Devant ce contexte, notre rôle n'est pas simplement d'effectuer un travail « purement orthophonique » mais d'aborder les séances en « dédramatisant » la situation, en montrant que leur enfant est capable de réaliser « quelque chose » aussi infime qu'elle soit. C'est-à-dire, de leur montrer que leur enfant peut être « acteur » de ses gestes et de ses choix en fonction évidemment de ses possibilités cognitives.

Avant d'aborder le travail de déglutition, nous proposons un travail passif qui se traduit par des stimulations tactiles et/ou à l'aide de matériels (dans la plupart des cas, nous proposons des stimulations tactiles en veillant toujours à placer l'enfant dans une bonne posture (éviter les schèmes d'extension, flétrir légèrement la tête,...) avec une installation adaptée afin, de sécuriser l'enfant, mais aussi les parents.

Avant de démarrer les stimulations qui sont des massages vers les zones hyper-sensibles du palais et de la langue, nous proposons d'effectuer des massages ou de légères pressions en partant du front pour arriver graduellement vers les ailes du nez, le pourtour des lèvres, ainsi que l'orbiculaire, en effectuant des légers « taping » et des pressions sur les lèvres supérieures, ainsi que sur les joues. Ensuite, nous introduisons progressivement le « petit » doigt (auriculaire) trempé ou non dans une boisson, appréciée de l'enfant, dans la bouche afin d'effectuer les massages de Senez en commençant par un ordre déterminé. D'après Senez (2002, p.107), « quel que soit le stade d'excitabilité du nauséieux, on procédera toujours ainsi » : nous masserons avec trois passages aller-retour et dans l'ordre suivant : la gencive supérieure (à droite et à gauche à partir du point de repère), ensuite la gencive inférieure droite, puis gauche à partir d'un point de repère ; puis, nous masserons la région apicale et

médiane du palais (à droite et puis à gauche), en partant de la région apicale derrière les incisives supérieures. Ensuite, nous terminerons par un appui énergique sur la pointe de la langue en essayant de la plaquer sur le plancher, en veillant à ne jamais déclencher de réflexe nauséux, d'effectuer les massages en fonction de l'état de santé de l'enfant, en expliquant que ce moment doit être ludique et convivial entre les parents et l'enfant. La durée préconisée pour effectuer les massages par Senez (2002, p.110) est de 7 mois, mais nous pensons qu'il faut arrêter lorsque nous avons atteint notre objectif. Il faut rappeler que nous demandons aux parents de poursuivre les stimulations à leur domicile, de préférence avant chaque repas, afin que l'enfant puisse associer les stimulations orales avec l'alimentation durant 1 à 1,5 mois. Par la suite, nous suggèrerons aux parents de nous contacter lorsque l'enfant ne présente plus de réflexe nauséux, et que celui-ci accepte l'introduction d'un corps étranger dans la bouche comme le doigt. Nous rappelons toujours aux parents qu'il faut avancer au rythme de l'enfant et avec son enfant car « Rien ne sert de courir... ».

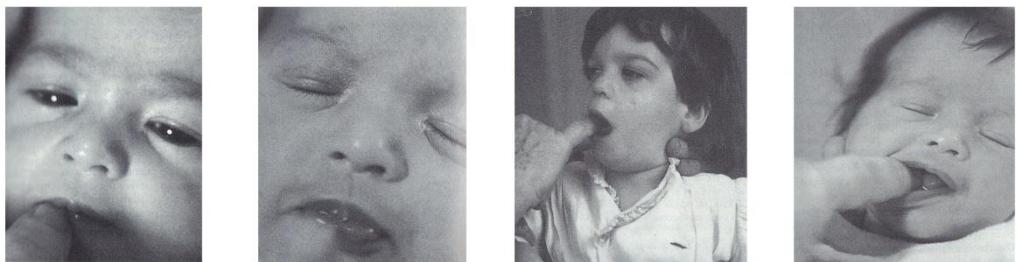


Figure 33 : Exemple de stimulations de la sphère oro-faciale. (Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, pp. 115-119).

Vient maintenant la rééducation de la déglutition-mastication. Lorsqu'il y a diminution du réflexe de succion-déglutition, la diversification alimentaire (liquide, semi-liquide, lisse) peut apparaître. Dans ce cas, nous proposons de respecter les différentes étapes avec l'introduction des aliments liquides, semi-liquides et lisses avec le doigt. Après, nous utiliserons la cuillère, en évitant de la vider en contact des gencives et des dents. Pour permettre le serrage des lèvres durant la saisie de l'aliment, nous placerons le dos de la cuillère en contact avec la partie médiane de la langue.

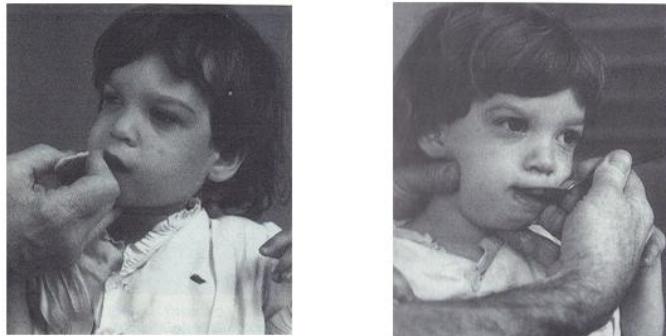


Figure 34 : La cuillère est sortie de la bouche en glissant entre les lèvres serrées de telle manière qu'elle n'occasionne pas de stimulations intempestives. (Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, p.122).

Simultanément et en fonction de l'évolution neurologique, nous aborderons la déglutition des liquides en proposant une paille pour l'aspiration. Ensuite, nous utiliserons le verre de telle manière que les lèvres se serrent sur le bord du verre et que l'enfant avance la tête en regardant dans le fond, en sachant que « l'eau n'est jamais versée dans la bouche » (Le Metayer, 1993, p. 123).

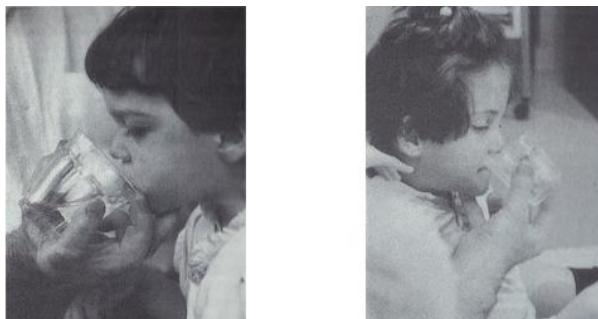


Figure 35 : Technique de boisson au verre. (Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, p.123).

Progressivement, nous constatons souvent à ce stade, que les enfants utilisent les doigts pour manger, qu'ils veulent utiliser la cuillère. Nous proposons un verre à bec muni d'anses pour développer et faciliter la préhension pour ceux qui ne présentent pas de troubles moteurs trop importants au niveau des membres supérieurs. Arrivé à ce stade, les premières incisives font leur apparition, et nous en profitons pour introduire graduellement de l'alimentation semi-liquide et mixée, tout en tenant compte des goûts et des couleurs alimentaires des enfants. A cette période, nous conseillons aux parents que le repas soit un moment de plaisir avec leur enfant en suggérant petit à petit de mettre en place un code de communication orale et /ou gestuelle, afin que les enfants puissent effectuer un choix de dessert, de boisson... par une réponse « oui » et « non » à partir de la question : « Veux-tu de l'eau, veux-tu un dessert ...? ».

La réponse venant des enfants peut être verbale ou gestuelle mais, nous insistons auprès des parents pour que leurs enfants deviennent « acteur » de leur choix avec une réponse fiable dans le temps. En parallèle, les enfants grandissant avec l'apparition de nouvelles dents, nous introduisons de l'alimentation mixée. Finalement, lorsque les premières molaires apparaissent, nous diversifions l'alimentation avec des aliments solides « mous » comme, par exemple, le pain de mie, la carotte cuite « fondante », des frites, des Curly..., et solides « durs » comme des biscuits, des carottes crues, des bâtonnets de légumes crus..., tout en plaçant les aliments au niveau des molaires pour favoriser la mastication.

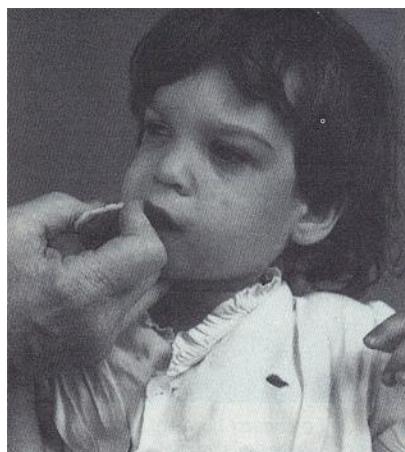


Figure 36 : Le pain est introduit dans la bouche en le plaçant au niveau de l'emplacement des molaires. Une légende adaptée de Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, p.120).

Souvent durant la rééducation « atelier alimentaire », les parents participent tout en mangeant avec leur enfant, afin de leur montrer les gestes de mastication et de déglutition. Dans certains cas, si certains enfants ne peuvent accéder à l'acte de mastication, nous leur proposons d'utiliser des jouets de mastication (figure 37).

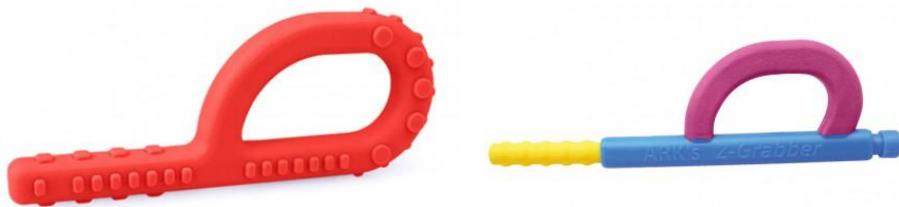


Figure 37 : Jouets de mastication du site spécialisé www.hoptoys.fr

Finalement, vient le stade où les enfants peuvent mastiquer des aliments solides « durs », tels que des pommes, des chips,... car les enfants ont complexifié les gestes mandibulaires et ont acquis les schèmes de la déglutition de l'adulte. En conséquence, la diversité alimentaire permet à la langue d'être plus mobile en recherchant les aliments situés dans la cavité buccale, et à l'apex de s'élever, de prendre appui sur le palais dur, derrière les arcades dentaires supérieures. Donc, la langue initie un mouvement de protrusion, soit de l'avant vers l'arrière et propulse le bol alimentaire vers le pharynx, ce qui signifie que la déglutition secondaire est opérationnelle. N'oublions pas de préciser qu'un travail spécifique dans la diversification alimentaire, en relation avec la déglutition, permettrait de stimuler l'aire motrice supplémentaire. Ainsi, nous insistons pour dire que durant la rééducation, nous ne proposons aucun exercice praxique « classique », trouvé dans la littérature, comme « tirer la langue, gonfler les joues... ». De ce fait nous pensons que les exercices praxiques s'effectuent à travers la rééducation de la déglutition-mastication. Si dans certains cas, nous jugeons qu'il faut travailler davantage la mobilité linguale, nous inviterons les enfants à chercher, par exemple, « le chocolat liquide », situé derrière les arcades dentaires supérieures, avec l'apex de la langue. Dans ce cas, ces mouvements permettront de préparer la production des sons coronaux [t, d, l]. La prononciation du [a] s'effectuera grâce à l'aplatissement et le recul de la masse de la langue au contact de la cuillère, et à force de saisir un morceau de pain, une carotte... avec les lèvres, ce geste permettra la production des sons [o]. Egalement, serrer les lèvres sur la cuillère ainsi que sur le bord du verre préparera à la production des consonnes bilabiales [p, b, m]. Ce type d'exercice est appelé les « praxies de la mastication » (Thibault, 2010, n°244, pp.63-75).

C'est ainsi que nous pouvons observer le lien étroit entre la phonation et la déglutition dans les réalisations simultanées de gestes articulatoires pour produire des catégories phonétiques et linguistiques. Il est important de dire que durant la rééducation, certains enfants bénéficient de la méthode Bobath pour permettre la facilitation de l'introduction alimentaire. « Cette méthode est un concept de rééducation développé dans les années 1940 grâce aux travaux et recherches de Madame Berta Bobath, physiothérapeute et de son mari, le docteur Karel Bobath, neurologue » (AMTEF BOBATH, 2004, p.1). Cette méthode neuro-développementale permet de développer des capacités et des compétences motrices, malgré les difficultés posturales et de coordination motrice chez les jeunes enfants atteints de paralysie cérébrale.



Figure 38 : Mode d'alimentation incorrect.

(www.researchgate.net/publication/228673173_Infirmite_motrice_cerebrale)



Figure 39 : Bonne position et technique manuelle correcte (Méthode Bobath).

(www.researchgate.net/publication/228673173_Infirmite_motrice_cerebrale)

Enfin, après avoir axé sur le travail de déglutition-mastication dont ce binôme serait fortement latéralisé à gauche, nous posons que celui-ci permettrait la production orale des mouvements volontaires de la langue. Nous poursuivons avec une « rééducation plus classique », où nous demandons aux enfants, à partir des objets concrets tels que des animaux domestiques de la ferme (cheval, vache, mouton...) de produire les bruits d'animaux (par exemple : « u » pour le cheval », « meu » pour la vache, « bè » pour le mouton...). Cet exercice, très ludique, permet d'aborder non seulement les productions de séquences de sons monosyllabiques mais également d'effectuer un travail praxique. De plus, l'enfant doit progressivement mémoriser le « stock » lexical, réaliser des associations « bruit-animaux », afin d'accéder à la relation « signifiant/signifié », aux mots par une activité de désignation, de dénomination, de répétition... Il faut souligner que nous sollicitons les parents durant les activités pendant les séances, lorsque nous demandons à l'enfant de donner le jouet et/ou l'image à tel parent (ce qui permet de travailler la coordination œil-tête-main, en introduisant des activités neurovisuelles).

Une fois que les enfants commencent à combiner les sons entre-deux, démarrent les productions diversifiées pour arriver aux premiers mots. Avant de passer à l'acquisition des données, il convient de souligner les difficultés à obtenir la production de la « parole » auprès de ces enfants, ce qui fait que ces données revêtent un caractère particulièrement rare.

III.4.2 CONDITIONS D'ENREGISTREMENT ET ACQUISITION DES DONNEES

Ces enfants ont été enregistrés de 2 à 10 mois durant les séances d'orthophonie, hebdomadaires ou bi-hebdomadaires. Nous tiendrons compte des enregistrements sur une période de 2 ans et 1 mois, ou sur 25 mois pour l'ensemble de nos patients.

Ceux-ci ont été enregistrés sur une période plus ou moins longue, en fonction des caractéristiques des enfants. En effet, dans certains « cas », les séances se sont arrêtées : soit l'enfant était intégré dans une Institution d'Education Motrice, soit il présentait d'autres troubles associés empêchant la poursuite de la rééducation. Parfois, les parents jugeant que leur enfant avait suffisamment évolué en langage oral et/ou en déglutition-mastication ont mis fin à la prise en charge.

Les enregistrements ont été effectués en cabinet d'orthophonie. Les sessions d'enregistrement durent entre 15 et 30 minutes, à l'aide d'un matériel d'enregistrement numérique (MARANTZ,

SOLID STATE RECORDER) et d'un microphone directionnel Senheiser e845S. Les fichiers ont été enregistrés en format « WAV ». Toutefois, un enregistrement vidéo des productions de l'enfant nous aurait permis d'explorer d'autres axes de recherches, tels que l'influence de la posture sur l'émergence de la parole. Nous nous sommes limitées aux enregistrements acoustiques, sachant qu'à partir de l'analyse des données acoustique du signal, il est parfois possible d'en extraire des informations articulatoires. Il s'agit là d'une approche articulatori-acoustique (Abry *et al.*, 1991 ; Sock ,1998).

Ces enregistrements correspondent aux productions quasi-spontanées de l'enfant pendant la séance d'orthophonie. Nous retenons l'expression « quasi-spontanée » étant donné que c'est souvent l'expérimentatrice qui suscite les productions « verbales » des enfants.

Lors des séances, sont présents l'orthophoniste, le ou la stagiaire orthophoniste et un parent de l'enfant.

Notre premier travail a été de découper les signaux acoustiques temporels, afin de n'obtenir que les productions des enfants, excluant ainsi les productions résultant des interactions avec les autres intervenants, les pleurs, les cris, diverses autres manifestations émotives de l'enfant, ainsi que les bruits parasites, ou lorsque l'enfant parle en même temps que l'orthophoniste.

Les sons retenus et analysés sont ceux qui, selon nous, avaient été correctement produits par nos enfants-patients. Reste maintenant à les analyser afin de savoir si les données obtenues se rapprochent de celles habituellement attestées dans la littérature.

Nous proposons de présenter, dans ce qui suit, les analyses acoustiques des consonnes et des voyelles de nos enfants-patients.

III.4.3 ANALYSES ACOUSTIQUES DES CONSONNES ET DES VOYELLES

L'analyse acoustique des productions de nos enfants a été effectuée à l'aide du logiciel PRAAT. Signalons que pour toutes les figures montrant le signal acoustique temporel, le « panneau 3 » correspond au mot cible, sollicité souvent par l'orthophoniste, et le « panneau 2 » correspond à la production effective de l'enfant (voir plus loin).

L'étude se veut une approche de l'organisation spatiotemporelle du signal de parole, puisque elle examine les productions des enfants, aussi bien sur le plan temporel que sur le plan

fréquentiel (spectral). Tout d'abord, notre analyse ciblera l'étude des durées des consonnes et celles des voyelles, puis celle des formants (F1 et F2) de ces dernières.

Pour ce qui concerne les consonnes non voisées [p, t, k], nous les étudierons en position intervocalique, là où elles sont plus aisées à mesurer. Par rapport aux consonnes voisées [b, d, g], elles sont mesurables en positions initiale et intervocalique ; c'est dans ces deux positons que nous les analyserons, en conséquence.

Nous avons décidé de ne pas mesurer la durée des voyelles parce qu'une grande majorité des productions vocaliques était réalisée de façon « extra-longue », un phénomène lié à leurs troubles moteurs bucco-linguo-faciaux. Cela n'a pas été le cas des consonnes, du moins des occlusives, puisque celles-ci sont plus contraintes sur le plan de l'exécution motrice temporelle.

La mesure des deux premiers formants (F1 et F2) des voyelles a été prise au centre de la réalisation de celles-ci, soit à l'endroit où la structure formantique était relativement stable, à l'aide du logiciel PRAAT (fonction « *Get...bandwidth* »).

Ensuite, nous présenterons le travail orthophonique et le lien entre l'évolution de l'alimentation-déglutition avec l'évolution de la durée des consonnes, ainsi que l'étude de la production des voyelles. Aussi, nous rappelons que les sons analysés sont ceux qui, selon nous, avaient été correctement produits par nos enfants-patients.

III.4.3.1 Mesures prélevées

Dans le cadre de la théorie du « Frame / Content » de MacNeilage et Davis (2004), la rythmicité de l'oscillation mandibulaire permettrait l'apparition et l'évolution du babillage. *De facto*, nous nous intéresserons aux éléments cycliques de fermeture et d'ouverture du conduit vocal.

Nous segmenterons donc le signal acoustique *temporel*, lorsque cela est possible, en séquences Voyelle-Consonne-Voyelle, pour une appréciation des gestes d'ouverture et de fermeture du conduit vocal lors des productions verbales de nos enfants. Nous retiendrons pour nos analyses, les éléments fermant du conduit vocal, à savoir les réalisations consonantiques, et les éléments ouvrant du conduit vocal, à savoir les productions vocaliques. Le fait de pouvoir détecter ces phases consonantiques et vocaliques, et de pouvoir les

mesurer, pourrait nous fournir des renseignements cruciaux sur les capacités des enfants à effectuer les gestes critiques d'élévation, d'abaissement, de protrusion... des articulateurs, requis pour produire les sons de la parole.

Un autre paramètre temporel retenu, le VOT (Voice Onset Time), ou délai d'établissement du voisement, devrait permettre d'apprécier les capacités des enfants à coordonner de manière adéquate les gestes supraglottiques et glottiques, lors de la production de certaines consonnes. Ce délai d'établissement du voisement correspond, sur le signal acoustique temporel, à l'intervalle entre l'explosion consonantique (dû au relâchement d'une occlusion supraglottique) et l'apparition des premiers signes de périodicité sur le signal acoustique (début de la mise en vibration des plis vocaux). Il s'agit là du VOT tel qu'il a été défini par Lisker et Abramson (1964). Une autre spécification du VOT, celle de Klatt (1975), correspond à l'intervalle qui sépare l'explosion consonantique de l'apparition d'une structure formantique vocalique clairement définie (grâce à un conduit vocal suffisamment dégagé pour permettre l'émergence de zones de résonances renforcées dans ce conduit, c'est-à-dire les formants). Ce délai est défini uniquement pour les occlusives. Le VOT est un indice majeur de l'identification et de la classification des occlusives voisées et non voisées (Lisker & Abramson, 1964).

Il est difficile d'obtenir des valeurs temporelles (vocaliques, consonantiques, du VOT...) de références aussi bien pour les enfants que pour les adultes. Cela est dû essentiellement à la grande élasticité temporelle du signal temporel de la parole. En effet, ce signal peut être comprimé ou allongé en fonction de divers facteurs tels que : la vitesse d'élocution adoptée, une vitesse d'élocution propre à chaque locuteur, des caractéristiques intrinsèques spécifiques aux productions de chaque locuteur, le contexte des sons avoisinants, etc. Nous nous contenterons donc d'analyser les différentes durées segmentales, et d'évoquer leurs durées absolues éventuellement remarquablement trop longues ou remarquablement trop courtes, en fonction des données qui sont habituellement attestées dans la littérature, sans pour autant que celles-ci soient des valeurs de références. *In fine*, ces données relatives, exprimées en pourcentage de variation d'une séance de rééducation orthophonique à une autre, qui nous permettront d'apprécier l'émergence et la mise en place des différents sons dans le système consonantique et vocalique de nos enfants-patients. Nous serons aussi attentive à la variabilité lors des productions linguistiques. L'étude de cette variabilité nous offrent la possibilité d'estimer le degré du contrôle (ou du non contrôle) des gestes articulatoires que l'enfant a acquis, en tâchant de réaliser les différents sons du langage.

Sur le plan spectral, notre analyse acoustique se focalisera sur les deux premiers formants (F1 et F2) des voyelles détectées. F1 correspond, plus ou moins, au degré d'élévation de la langue (l'aperture), avec un F1 élevé correspondant à une aperture mi-ouverte ou ouverte, et un F1 bas renvoyant à une aperture mi-fermée ou « fermée ». F2, quant à lui, peut renseigner sur le degré d'antériorité de la masse de la langue, réparti en un F2 élevé correspondant globalement à une voyelle antérieure, et un F2 bas suggérant une voyelle postérieure. Il convient, toutefois, de souligner que les relations articulatori-acoustiques entre formants et configurations du conduit vocal sont loin d'être linéaires. Cela dit, l'analyse des valeurs des formants peut nous renseigner sur la bonne réalisation des gestes des articulateurs pour obtenir les timbres ou les qualités vocaliques adéquates des réalisations vocaliques de nos enfants-patients.

Quelques valeurs spectrales de références sont disponibles dans la littérature. Par rapport aux enfants, nous retiendrons celles publiées par Ryalls *et al.*, (1990) en tant que « normes » (c'est nous qui mettons les guillemets) phonétiques de base pour l'enfant franco-qubécois. Ici aussi, il convient de relativiser de telles données, non seulement à cause de la plasticité du signal temporelle de la parole (évoquée *supra*) qui peut avoir des effets sur les données spectrales, mais aussi à cause de la très haute variabilité caractéristique des productions des enfants.

Nous proposons, dans la partie suivante, de présenter nos analyses et résultats expérimentaux. La première démarche consiste à identifier et à transcrire les productions de l'enfant, avec une présentation des observations cliniques orthophoniques. Ensuite, nous expliquerons le recueil des données pour chaque étude des paramètres qui sont l'étude des consonnes, des voyelles et des VOT.

III.5 PRESENTATION DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

III.5.1 EXPLOITATION ET ETUDE DES CONSONNES

Nous nous sommes basée sur le signal acoustique que nous avons segmenté par consonne et avons pris les mesures à partir du logiciel PRAAT que nous avons reportées dans un tableau.

Nous adoptons dans nos recherches une approche articulatori-acoustique. Elle consiste à inférer le comportement des gestes des articulateurs, ainsi que les différentes configurations adoptées par le conduit vocal, en analysant minutieusement le signal de parole, acoustique temporel et spectral (cf., par ex. Abry ; Sock, 1998)

Etant donné la difficulté à obtenir suffisamment de données auprès de nos enfants-patients, nous n'avons pas pu conduire des analyses statistiques avancées. Nos analyses se limiteront, en conséquence, au calcul de moyennes (lorsque le nombre d'échantillons le permet) et de leurs écarts-types. Les enseignements que nous pourrons tirer de telles analyses se présenteront donc plutôt sous forme de tendances.

Après avoir pris les mesures pour les consonnes sourdes [p, t, k] et les consonnes sonores [b, d, g] pour chaque enfant, nous avons réalisé la somme et la moyenne pour chaque durée des consonnes en fonction de chaque séance. Les écarts-types seront utiles pour évaluer le taux de variabilité, lors de la production de la tenue consonantique des consonnes cibles. Nous savons que le phénomène de la variabilité est prégnant dans les données pathologiques. Cela ne nous empêchera pas, toutefois, de tâcher de mettre au jour quelques régularités dans la réalisation des objets consonantiques et vocaliques, produits par nos enfants-patients.

Ensuite, nous avons effectué les graphiques pour les données absolues et relatives. Nous présentons l'exploitation et l'étude des consonnes divisées en deux parties avec l'étude de la durée des consonnes, en fonction des positions initiales et intervocaliques. Ensuite, nous présentons l'étude du nombre de consonnes produites par enfant et pour les cinq enfants. La troisième partie sera consacrée à l'étude de la relation entre l'échelle de la déglutition et la durée des consonnes.

III.5.2 LES CONSONNES : LA DUREE DES CONSONNES

Le Tableau 8, ci-dessous, donne les valeurs moyennes et les écarts-types des tenues consonantiques de nos 5 enfants-patients, toutes séances de rééducation orthophonique confondues.

Globalement, le tableau indique les faits suivants :

- a) Toutes les consonnes ne sont pas réalisées par tous les enfants dans les deux positions étudiées, à savoir la position initiale (compte tenu du fait que les consonnes non voisées ne soient pas mesurables dans cette position) et la position intervocalique.
- b) La consonne vélaire [k] est la plus rare parmi les occlusives non voisées.
- c) Les consonnes linguales sonores [d g] sont moins produites que la labiale sonore.
- d) Les labiales, de manière générale, semblent être préférées aux linguales, coronales et vélaires.

e) Les écarts-types sont relativement élevés, ce qui révèle une grande variabilité dans la production des consonnes de nos enfants-patients.

Il s'agit ici d'appréciations générales qui seront examinées de plus près, et que nous allons tenter de rationaliser au cours du travail.

Tableau 8 : valeurs moyennes et écarts-types des tenues consonantiques de nos 5 enfants-patients

Tenue Consonantique (en ms)													
	Position	Moyenne	Ecart Type										
Ajar ♀	Intervocalique	[p]		[t]		[k]		[b]		[d]		[g]	
		120	39	134	82	131	49	105	41	103	86		
Ebrar ♀	Initiale	[b]		[d]		[g]							
		156	80	158	89								
Atiens ♂	Intervocalique	[p]		[t]		[k]		[b]		[d]		[g]	
		176	106	98	26			178	80				
Noah ♂	Initiale	[b]		[d]		[g]							
		143	45										
Ryan ♂	Intervocalique	[p]		[t]		[k]		[b]		[d]		[g]	
				117	35								
	Initiale	[b]		[d]		[g]							
	Intervocalique	[p]		[t]		[k]		[b]		[d]		[g]	
		123	41			171	56	122	51				
	Initiale	[b]		[d]		[g]							
		132	64			146	71						
	Intervocalique	[p]		[t]		[k]		[b]		[d]		[g]	
		190	135	106	16			169	74	130	52		
	Initiale	[b]		[d]		[g]							
		135	60	121	61								

Rappelons que notre recherche repose sur des productions verbales de cinq enfants ayant des pathologies diverses. Dans cette optique, notre approche sera davantage des études de cas qui tâcheront de mettre au jour les idiosyncrasies de chaque enfant lorsqu'il tente de produire le langage. Cela dit, étant donné l'existence d'un dénominateur commun, c'est-à-dire, le cas d'enfants paralysés cérébraux et/ou souffrant de pathologies associées, nous essayerons de trouver, malgré les spécificités des uns et des autres, ces aspects phonétiques, voire phonologiques, qui seraient généralisables à toute la « population » de nos enfant-patients.

Pour l'instant, nous proposons d'analyser les productions de nos enfants, locuteur par locuteur dans ce qui suit.

III.5.2.1 Analyse intralocuteurs

Pour le calcul de la durée des consonnes (valeurs absolues des tenues consonantiques), ainsi que le calcul de la variation de la durée des consonnes (valeurs relatives des tenues

consonantiques), suivant les séances de rééducation orthophonique, nous avons effectué les opérations suivantes pour les cinq enfants-patients, dont voici un exemple.

III.5.2.1.1 Calcul de la durée des consonnes

Exemple : Production du [k] intervocalique (Ajar) :

Exemple des opérations effectuées pour le calcul des valeurs moyennes (données absolues) :

- Séance 1 : 21ms (1 mesure)
- Séance 2 : $(84+145+132+139+125+152+94+124+105+173+150+154)/12$ valeur = 131ms en moyenne
- Séance 3 : $(101+130+193+88+117+110+240+121+145+83)/10$ valeur = 132ms en moyenne

III.5.2.1.2 Calcul de la durée des consonnes en pourcentage

Exemple : Production du [k] intervocalique (Ajar)

Exemple des opérations effectuées pour calculer la variation d'une séance à l'autre, en pourcentage :

- $(131-21)/21 \times 100 = 523$: +523 % entre la 1^{ère} séance et la 2^{ème} séance
- $(132-21)/21 \times 100 = 528$: +528 % entre la 1^{ère} séance et la 3^{ème} séance
- $(132-131)/21 \times 100 = 528$: +0,7% entre la 2^{ère} séance et la 3^{ème} séance

Lorsque les données sont disponibles, nous procédons à l'analyse des consonnes non voisées [p, t, k] en position intervocalique, et celle des consonnes voisées [b, d, g] en positions initiale et intervocalique.

III.5.2.1.3 Analyse des données des 5 enfants

III.5.2.1.3.1 Analyse des données d'Ajar

Ajar (née le 11/11/09) présente une leucodystrophie (bain de bilinguisme français / arabe).

Nous n'analysons quantitativement ici que les productions des sons qui ont été réalisées de façon plus ou moins systématique lors des trois séances de rééducation orthophonique.

Production du [b] initial

1 ^{ère} séance : 101ms	Augmentation de 55 ms (54%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 156ms	Augmentation de 45 ms (44%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 146ms	Diminution de 10ms (7%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Production du [b] intervocalique

1 ^{ère} séance : 86ms	Augmentation de 10 ms (11%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance 96ms	Augmentation de 15ms (17%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 101ms	Augmentation de 5 ms (5%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Production du [d] initial

1 ^{ère} séance : 42ms	Augmentation de 176 ms (419%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 218ms	.

Production du [d] intervocalique

1 ^{ère} séance : 69ms	Diminution de 13 ms (19%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 56ms	Aucune production à la 2 ^{ème} séance.

Production du [t] intervocalique

1 ^{ère} séance : 82ms	Augmentation de 73 ms (89%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 155ms	Augmentation de 66 ms (80%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 148ms	Diminution de 7 ms (5%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Production du [p] intervocalique

1 ^{ère} séance : 106ms	Augmentation de 4 ms (3%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 110ms	Augmentation de 75 ms (70%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 181ms	Augmentation de 71 ms (64%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Production du [k] intervocalique

1^{ère} séance : 21ms Augmentation de 110 ms (523 %) entre la 1^{ère} séance et la 2^{ème} séance

2^{ème} séance : 131ms Augmentation de 111ms (528 %) entre la 1^{ère} séance et la 3^{ème} séance.

3^{ème} séance : 132ms Augmentation de 1 ms (0,7%) entre la 2^{ème} séance et la 3^{ème} séance.

Enseignements à partir des productions d'Ajar :

Ajar produit les sons suivants que sont : [p] intervocalique, [t] intervocalique, [k] intervocalique, [b] initial et [b] intervocalique durant les 3 séances, mais avec une production du [d] initial uniquement à la 1^{ère} et 2^{ème} séance, et une production du [d] intervocalique à la 1^{ère} et 3^{ème} séance (voir Figure 40 et Figure 48, ci-dessous, à titre indicatif).

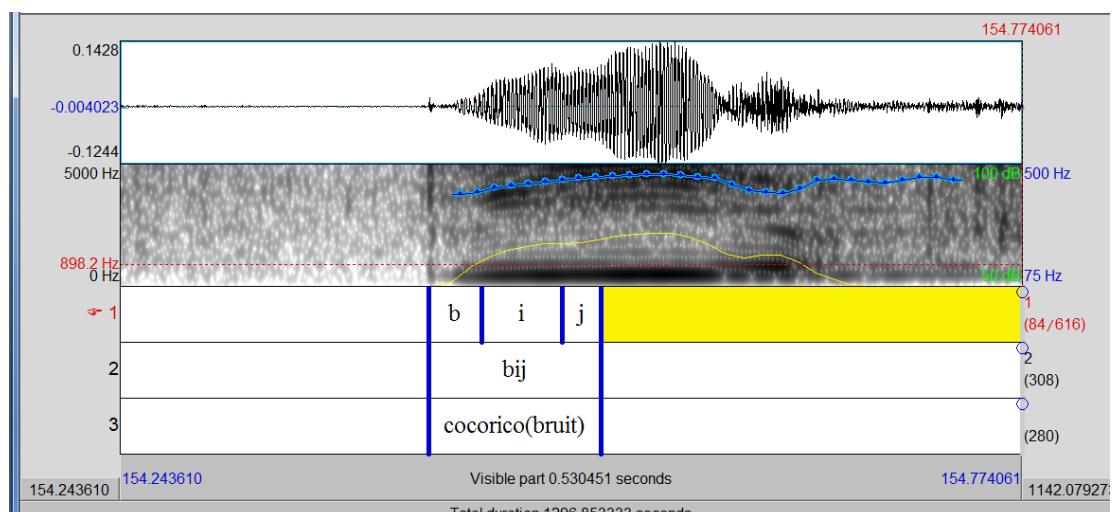


Figure 40 : Ajar [b] initial, séance 1 du 07/02/2013

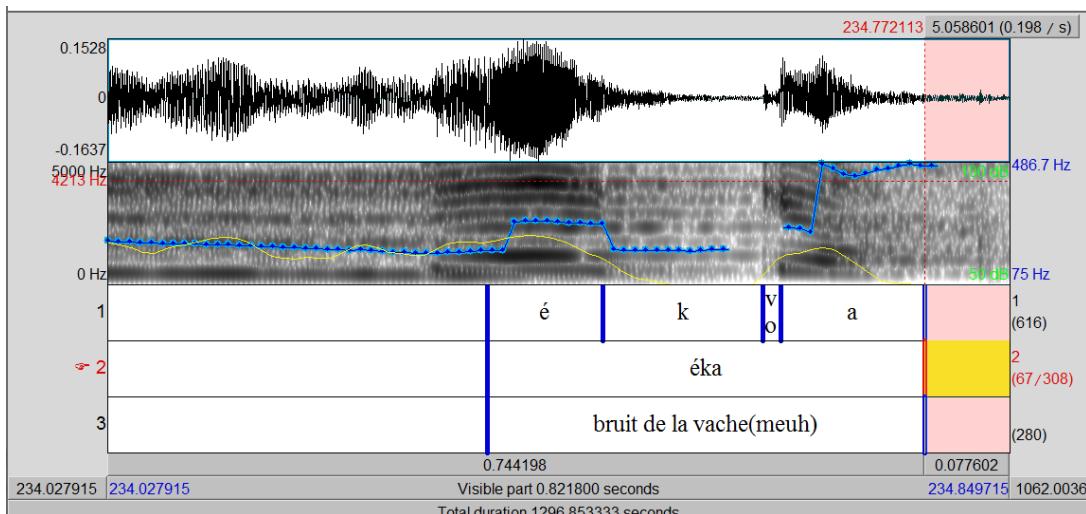


Figure 41 : Ajar [k] intervocalique, séance 1 du 07/02/2013

Les enseignements principaux que nous pouvons tirer de ces observations sont les suivants pour Ajar :

- a) Ce patient semble pourvoir explorer le long de son conduit vocal pour produire, plus ou moins correctement, des consonnes bilabiale, apico-alvéodentale et dorso-vélaire, non voisées, [p, t, k], de façon régulière.
- b) Lorsqu'il s'agit de combiner le voisement à la tâche articulatoire supraglottique du lieu d'articulation, ce n'est que le geste bilabial qui est produit avec constance, puisqu'il est réalisé lors des trois séances. Le geste apico-alvéodental, lui, apparaît avec moins de régularité. Quant au geste dorso-vélaire, il semble problématique à réaliser concomitamment avec le geste glottique du voisement, puisque le [g] n'est produit qu'une seule fois par cet enfant.

Pour cet enfant, les gestes labial et coronal semblent être installés, du moins d'un point de vue de leurs émergences durant la production de la parole. Qu'en est-il du contrôle temporel de la tenue consonantique de ces occlusives en contextes vocaliques ? De telles données devraient nous renseigner sur la coordination précise des gestes des articulateurs pour produire ces sons. C'est ce que nous proposons d'examiner ci-après.

Le contrôle des gestes consonantiques en position initiale

Pour Ajar, en position initiale, nous constatons que la durée de la consonne [b] initiale augmente de 52 % de la 1^{ère} à 2^{ème} séance (avec la rééducation) pour diminuer à la 3^{ème} séance de 7 %. Cette consonne est dotée de caractéristiques voisées durant sa tenue. Les valeurs

absolues pour la durée de cette consonne en position initiale sont « acceptables ». Il en va de même de la variabilité d'une séance à une autre qui reste relativement stable. La production de cette consonne peut être considérée, en conséquence, comme étant adéquate (voir Figure 42 pour les valeurs absolues, et Figure 43 relatives).

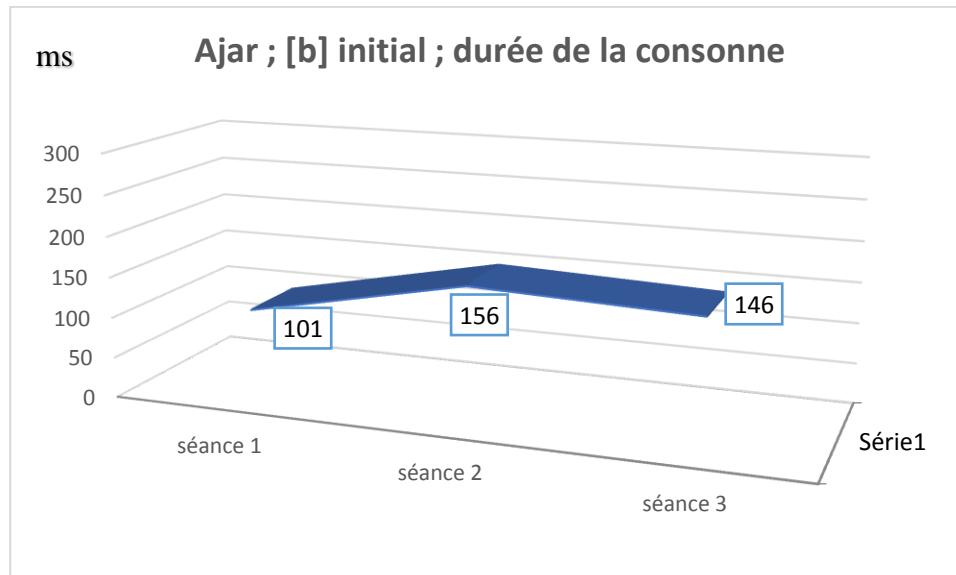


Figure 42 : Ajar : [b] initial : durée de la consonne

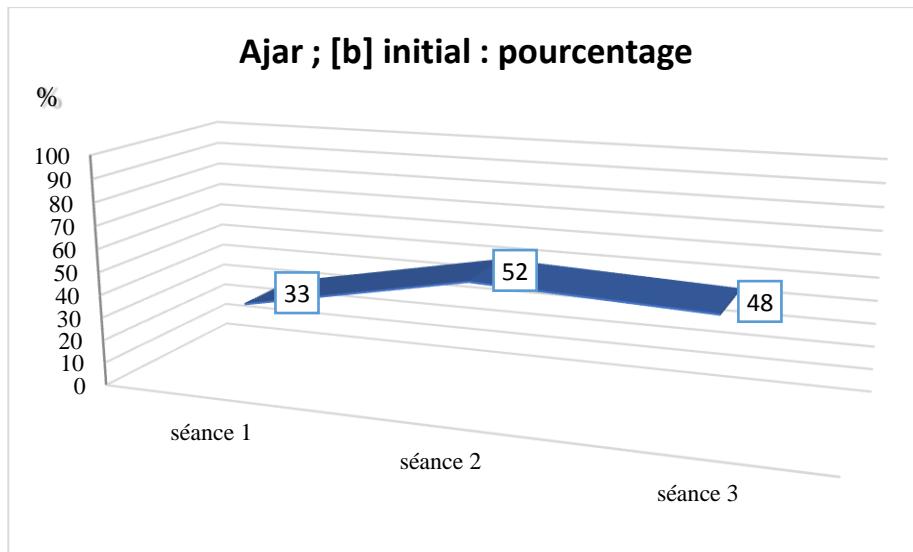


Figure 43 : Ajar : [b] initial : pourcentage

Pour le [d] initial, nous remarquons que la durée consonantique augmente considérablement de la 1^{ère} à la 2^{ème} séance. Cette augmentation va d'une valeur remarquablement faible (42 ms) à une valeur notoirement élevée (218 ms). Est-ce un « ratage » de cible dans les deux cas, alors qu'il n'y a aucune production à la 3^{ème} séance ? Il est à croire que la réalisation de cette

consonne coronale se fait de manière moins contrôlée et donc moins robuste que la consonne bilabiale.

Le contrôle des gestes consonantiques en position intervocalique :

Pour le [b] intervocalique, la durée augmente de 11 % de la 1^{ère} à la 2^{ème} séance, et cette augmentation se poursuit de la 2^{ème} séance à la 3^{ème} séance de manière continue, puisque l'augmentation est de 5 % avec une consonne qui se trouve encadrée par deux voyelles.

Par rapport au [d] intervocalique, la durée diminue de 19 % de la 1^{ère} à la 3^{ème} séance, malgré le fait qu'il n'y ait pas de productions en 2^{ème} séance, nous constatons que la courbe reste stable, grâce à une tenue consonantique voisée tout au long de sa réalisation.

Au niveau du [p] intervocalique, la durée de la consonne reste stable autour de 3 % de la 1^{ère} à la 2^{ème} séance, pour augmenter de 64 % à la 3^{ème} séance. Malgré cette forte augmentation, la durée de la tenue consonantique reste dans les « normes ». Nous pouvons dire pour cette consonne non voisée, que c'est la partie voisée de la tenue, provenant de la voyelle précédente (un délai d'arrêt du voisement assez élevé en durée) qui contribue à cette augmentation importante de ce paramètre, à la dernière séance.

Quant au [t] intervocalique, la durée augmente de 89 % de la 1^{ère} à la 2^{ème} séance, pour se stabiliser à la 3^{ème} séance. Cette consonne non voisée, se situant entre deux voyelles, a un intervalle voisé provenant de la voyelle précédente, et qui augmente à la 2^{ème} séance, pour se stabiliser ensuite.

Il en va de même de la consonne [k]. Sa tenue consonantique augmente de manière remarquable de la 1^{ère} à la 2^{ème} séance, pour se stabiliser de la 2^{ème} à la 3^{ème} séance, en position intervocalique (voir Figure 44 et Figure 45).

Ajar ; [k] intervocalique ; durée de la consonne

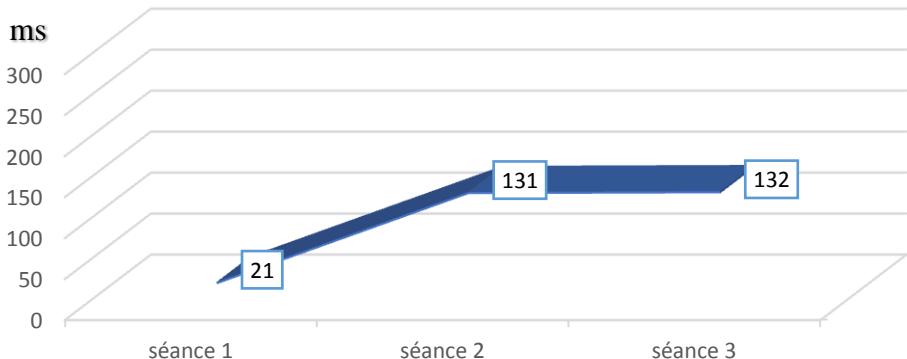


Figure 44 : Ajar : [k] intervocalique : durée de la consonne

Ajar ; [k] intervocalique : pourcentage

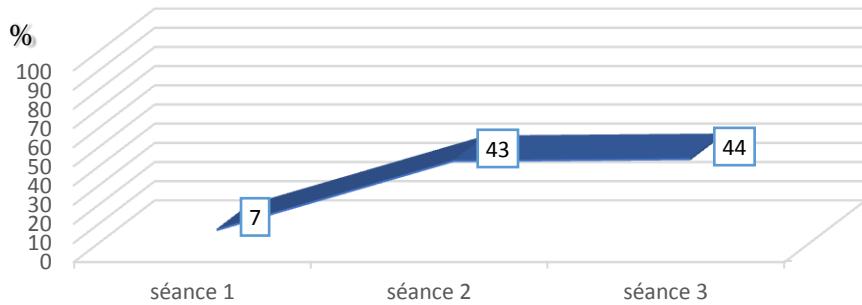


Figure 45 : Ajar : [k] intervocalique : pourcentage

Dans ce cas, le voisement ayant déjà démarré dès le début de la voyelle précédente, cette consonne qui se situe entre deux voyelles, est dotée de caractéristiques voisées durant sa tenue.

Au total, les stratégies adoptées par Ajar peuvent correspondre soit à une augmentation, soit à une diminution de la proportion de la phase consonantique. Elles finissent, au bout du compte, à tendre vers le maintien d'une stabilité relative de la tenue des consonnes, entre la deuxième et la dernière séance de rééducation orthophonique.

III.5.2.1.3.2 Analyse des données d'Ebrar

Ebrar (née le 20/12/10) présente une souffrance fœtale aiguë avec une hydrocéphalie (bain de bilinguisme français/turc).

Les analyses qui suivent ici reposent sur les sons qui ont été réalisées durant les deux ou trois séances de rééducation orthophonique, et cela, plus d'une fois.

Production du [b] initial

1 ^{ère} séance : 142ms	Diminution de 45ms (68 %) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 97 ms	Augmentation de 37 ms (26%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 179 ms	Augmentation de 82 ms (84%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Production du [b] intervocalique

1 ^{ère} séance : 248ms	Diminution de 124 ms (50%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 124ms	Diminution 76 ms (31%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance
3 ^{ème} séance : 172 ms	Augmentation de 52 ms (38%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Production du [d] intervocalique

2 ^{ème} séance : 96 ms	Augmentation de 4 ms (4%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 100 ms	Aucune production à la 1 ^{ère} séance.

Production du [t] intervocalique

1 ^{ère} séance : 122 ms	Augmentation de 346 ms (283%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 468 ms	Diminution de 68 ms (56%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 54 ms	Diminution de 414 ms (89%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Enseignements à partir des productions d'Ebrar :

Nous analyserons ici des productions du [t] intervocalique, du [b] initial, du [b] intervocalique et [d] intervocalique (voir Figure 46 et Figure 47, à titre illustratif).

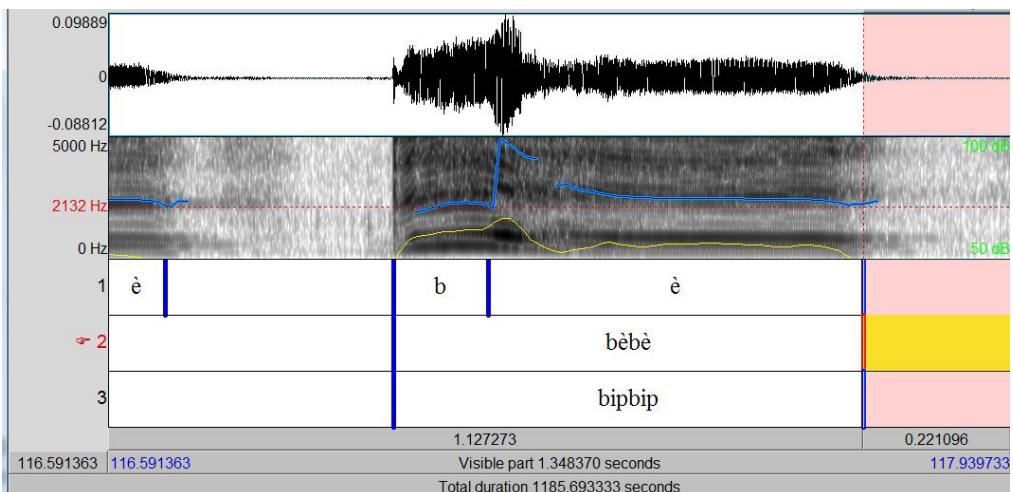


Figure 46 : Ebrar [b] initial, séance 1 du 18/12/2013

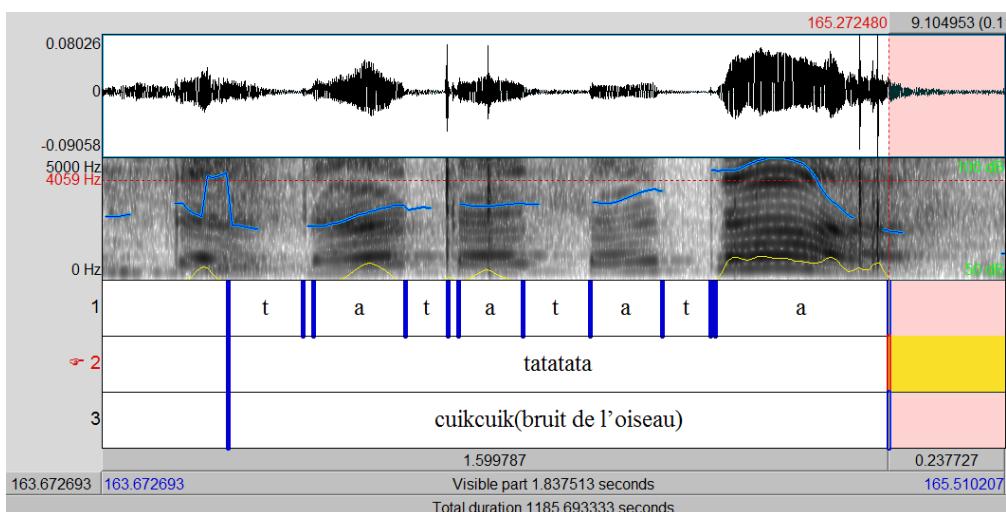


Figure 47 : Ebrar [t] intervocalique, séance 1 du 18/12/2013

L'analyse des productions linguistiques qu'Ebrar réussit à réaliser nous permet de faire les observations suivantes :

- L'exploration du conduit vocal par ce patient pour produire les sons du langage se limite aux consonnes bilabiales [p, b] et apico-alvéolentales [t, d]. Les dorso-vélaires, elles, ne sont pas encore bien établies, puisque seule le [g] apparaît une fois au cours d'une seule séance. Pour ce locuteur aussi, il semble problématique de coupler le geste glottique du voisement au geste supraglottique vélaire pour réaliser le [k] et le [g].
- Tout comme pour Ajar, la réalisation des gestes labiaux et coronaux ne pose pas de problème particulier à Ebrar ; ils apparaissent avec un résultat acoustique adéquat (cf.

infra). Examinons maintenant le comportement acoustique temporel des consonnes au cours des séances orthophoniques.

Le contrôle des gestes consonantiques en position initiale

Ebrar produit le [b] initial avec une diminution de la tenue consonantique de la 1^{ère} séance à la 2^{ème} séance (68%), puis une augmentation de 84% de la 2^{ème} séance à la 3^{ème} séance. Sur le plan qualitatif, la tenue consonantique reste voisée, et augmente en durée à la dernière séance. Nous ne constatons pas de valeurs absolues qui soient notablement différentes de celles généralement attestées dans la littérature (voir Figure 48, pour les données absolues, et Figure 49, pour les données relatives).

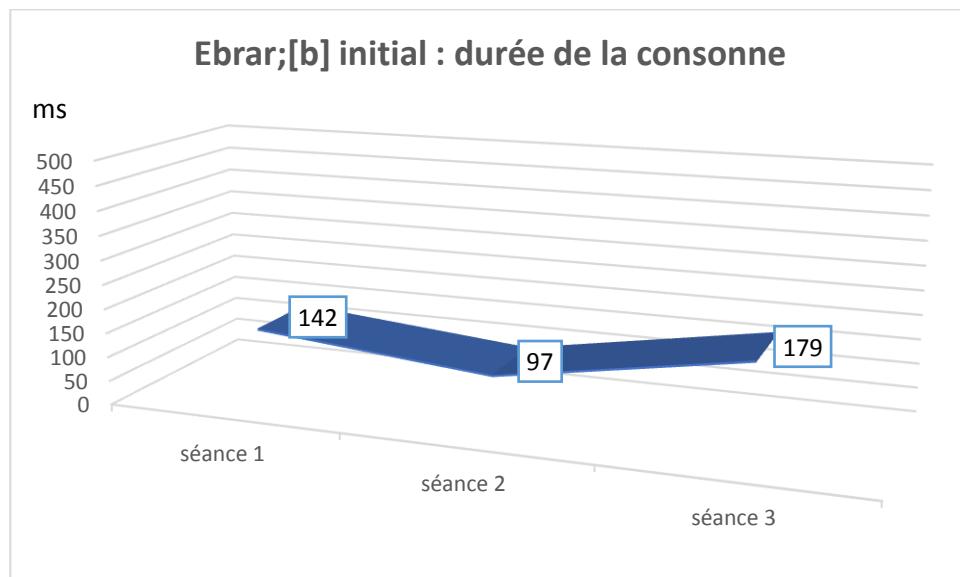


Figure 48 : Ebrar [b] initial, séance 1 du 18/12/2013

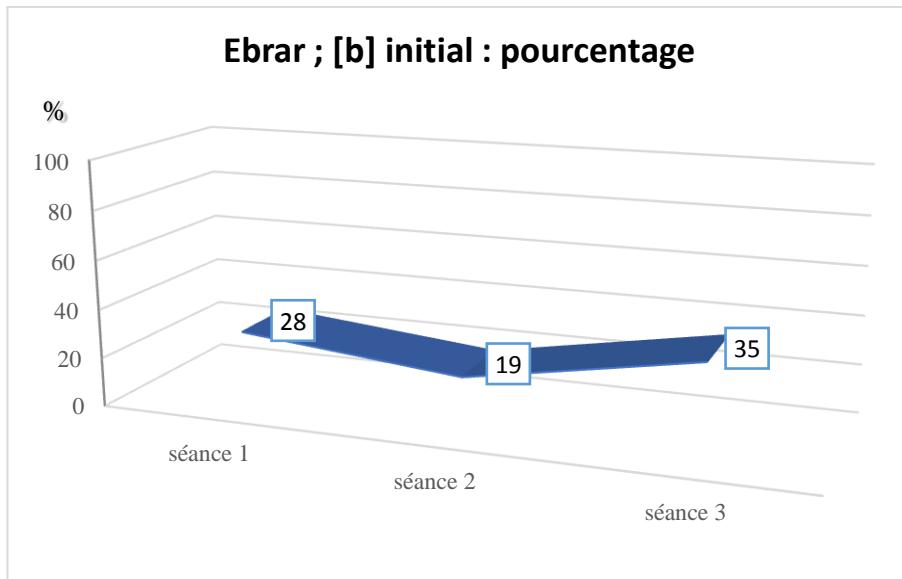


Figure 49 : Ebrar ; [b] initial : pourcentage

Le contrôle des gestes consonantiques en position intervocalique

En position intervocalique, la tenue consonantique du [b] diminue de 50% de la première à la deuxième séance. Puis, elle augmente de 38% pour rester dans la limite des valeurs usuelles.

Pour le [d] en position intervocalique, aucune réalisation de cette consonne n'a été constatée à la première séance. Nous observons une stabilité des valeurs entre la 2^{ème} et la 3^{ème} séance (de 96 ms à 100 ms). Il ne nous a pas semblé nécessaire de projeter un tel résultat sous une forme graphique.

Quant à la position [t] intervocalique, la durée de la consonne augmente considérablement de la première à la deuxième séance, et se réduit pour retrouver des valeurs trop faibles à la 3^{ème} séance (voir Figure 50 pour les données absolues, et Figure 51, pour les données relatives).

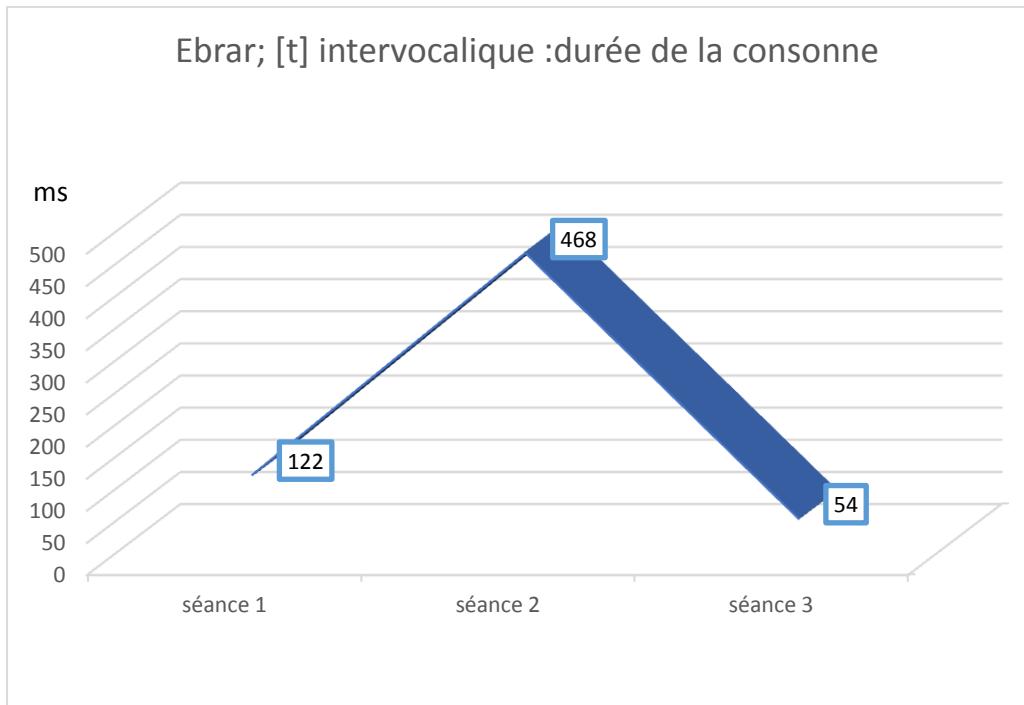


Figure 50 : Ebrar [t] intervocalique, séance 1 du 18 / 12/14

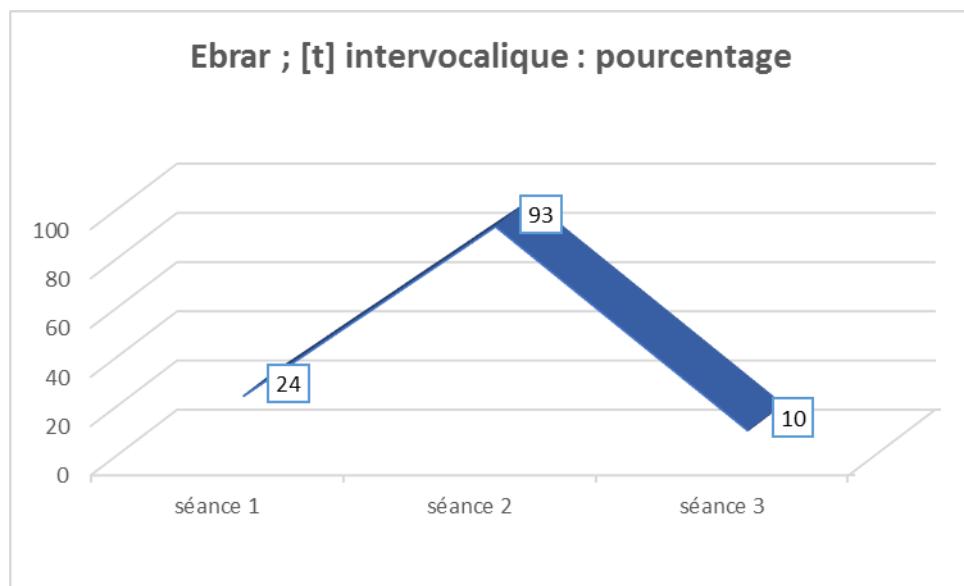


Figure 51 : Ebrar : [t] intervocalique : pourcentage

Quant à la séance 2, celle-ci correspond à un « ratage » de dépassement (*overshoot*), qui se corrige à la 3^{ème} séance, avec une valeur cette fois-ci relativement faible de 54 ms (*undershoot*), mais acceptable en tant variante possible de cette consonne coronale. En effet, cette consonne, canoniquement non voisée, se réalise ici comme une consonne de très courte durée et partiellement voisée, tel un *flap*.

III.5.2.1.3.3 Analyse des données d'Atiens

Atiens (né le 02/08/10) présente une malformation de Chiari type 1 avec une hydrocéphalie associée à une dysmorphie crano-faciale (bain de bilinguisme français/albanais).

Production du [t] intervocalique

1 ^{ère} séance : 128 ms	Diminution de 21 ms (17%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 107 ms	Diminution de 7 ms (6%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 121 ms	Augmentation de 14 ms (13%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Enseignements à partir des productions d'Atiens :

Cet enfant n'a produit, de manière régulière, que le [t] intervocalique, durant les 3 séances (voir Figure 52). Nos analyses focaliseront, en conséquence, sur cette consonne coronale, même si quelques réalisations de gestes labiaux et vélaires ont pu surgir de façon aléatoire au cours de la rééducation.

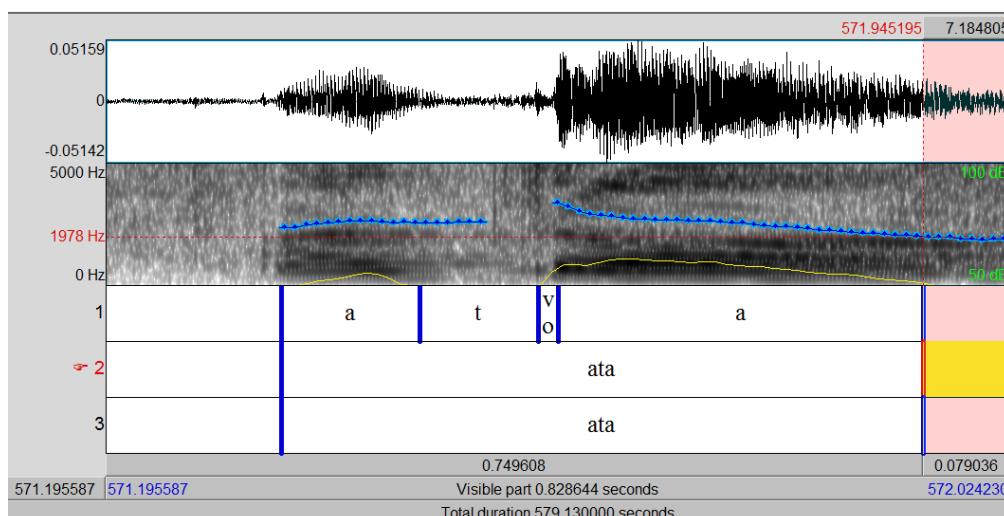


Figure 52 : Atiens [t] intervocalique, séance 1 du 31/10/2012

Le contrôle des gestes consonantiques en position intervocalique

Atiens produit le [t] avec une valeur « normale » de tenue consonantique à la première séance (128 ms) qui reste relativement stable entre la 1^{ère} et la 2^{ème} séance (107 ms), mais aussi jusqu'à la 3^{ème} séance (121 ms). Voir Figure 53 (données absolues) et Figure 54 (données relatives).

La maîtrise de la coordination du geste apico-alvéodental pour réaliser ce son semble acquise, si l'on s'en tient à cette stabilité relative du contrôle temporel de la tenue consonantique (autour de 90%). Ce qui, en revanche, paraît surprenant est la quasi-absence du geste labial qui, habituellement, précède l'émergence du geste coronal ou, au moins, apparaît simultanément avec ce dernier, sur le plan développemental. Nous y reviendrons plus loin.

Atiens ; [t] intervocalique : durée de la consonne

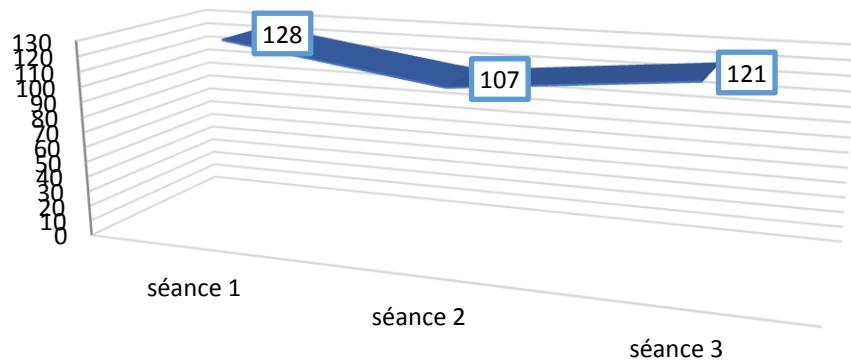


Figure 53 : Atiens ; [t] intervocalique : durée de la consonne

Atiens ; [t] intervocalique : pourcentage

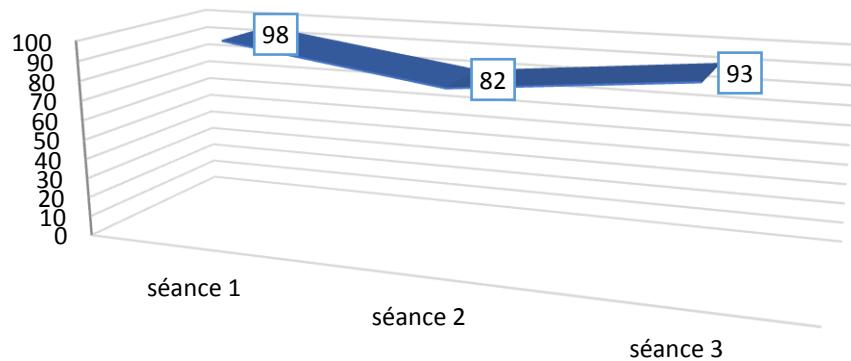


Figure 54 : Atiens ; [t] intervocalique : pourcentage

Nous ne notons pas d'autres productions de sons, car l'enfant ne présentant plus de troubles de déglutition-mastication, la maman a préféré de ne plus poursuivre les séances orthophoniques.

III.5.2.1.3.4 Analyse des données de Noah

Noah (né le 09/07/08) présente une quadriplégie associée à la maladie de Lesch-Nylan (bain français).

Production du [b] initial :

1 ^{ère} séance : 117ms	Augmentation de 3ms (2%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 120ms	Diminution de 3 ms (3%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 114ms	Diminution de 6 ms (5%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Production du [p] intervocalique

1 ^{ère} séance : 132ms	Diminution de 13 ms (10%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 119ms	Diminution de 5 ms (3%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 137ms	Augmentation de 22 ms (15%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance

Production du [k] intervocalique

1 ^{ère} séance : 167ms	Diminution de 53 ms (32%) entre la 1 ^{ère} séance et la 2 ^{ème} séance.
2 ^{ème} séance : 114 ms	Augmentation de 17 ms (10%) entre la 1 ^{ère} séance et la 3 ^{ème} séance.
3 ^{ème} séance : 184 ms	Augmentation de 70 ms (61%) entre la 2 ^{ème} séance et la 3 ^{ème} séance.

Enseignements à partir des productions de Noah :

Noah produit le [b] en position initiale durant les trois séances. En outre, il produit le [p] et le [k] en intervocalique, pour les 3 séances (voir Figure 55 et Figure 56, à titre d'exemple). Nous proposons d'axer l'analyse quantitative ici au [b] et au [k].

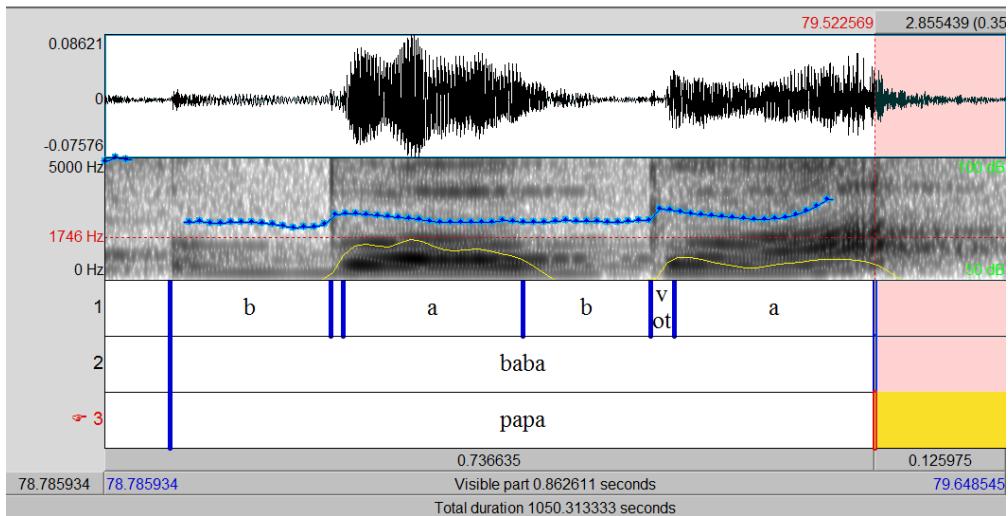


Figure 55 : Noah [b] initial, séance 1 du 21/01/2013

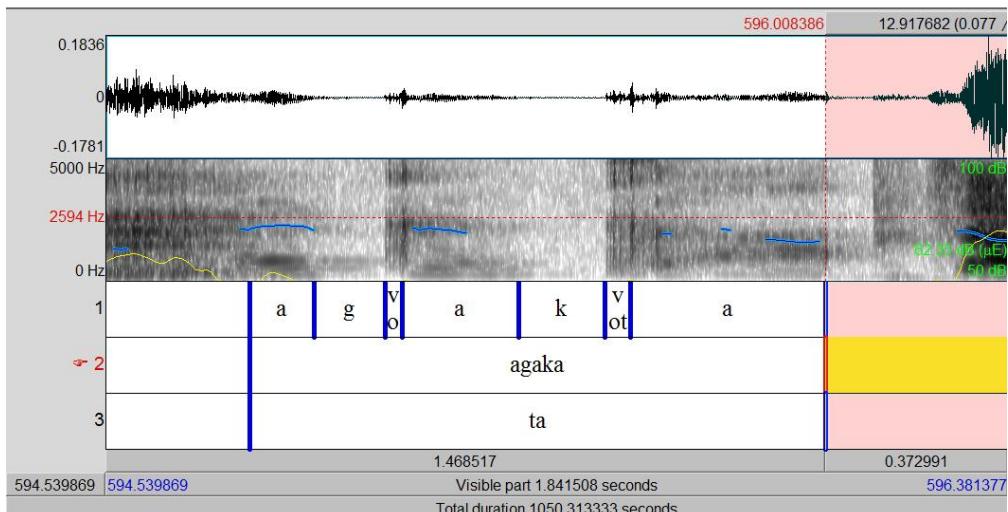


Figure 56 : Noah [k] intervocalique, séance 1 du 21/01/2013

Les enseignements principaux que nous pouvons tirer de ces observations sont les suivants pour Noah :

- Les régions du conduit vocal que ce patient exploite sur le plan linguistique sont situées aux niveaux labial et vélaire ; nous n'avons constaté aucune production coronale. Le fait qu'un geste vélaire apparaisse ici en l'absence d'un geste coronal mérite d'être discuté (voir plus loin).
- L'association de la tâche glottique impliquée dans le voisement avec la tâche articulatoire supraglottique du lieu d'articulation, se fait avec constance pour les bilabiales. Cette capacité motrice est moins établie pour les vélaires, même s'il existe.

Pour cet enfant, ce sont les gestes labial et vélaire qui semblent être favorisés dans son chemin vers l'acquisition des sons du langage. Qu'en est-il du contrôle temporel de la tenue consonantique de ces occlusives en contextes vocaliques ? C'est ce que nous présentons ci-après.

Contrôle des gestes consonantiques en position initiale

Noah produit le [b] initial avec une valeur de 117 ms qui reste stable tout au long des trois séances. Cette consonne bilabiale semble être correctement réalisée dès la première séance, d'où la stabilité relative des valeurs à travers les séances de rééducation (voir Figure 57 pour les données absolues, et Figure 58 pour les données relatives).

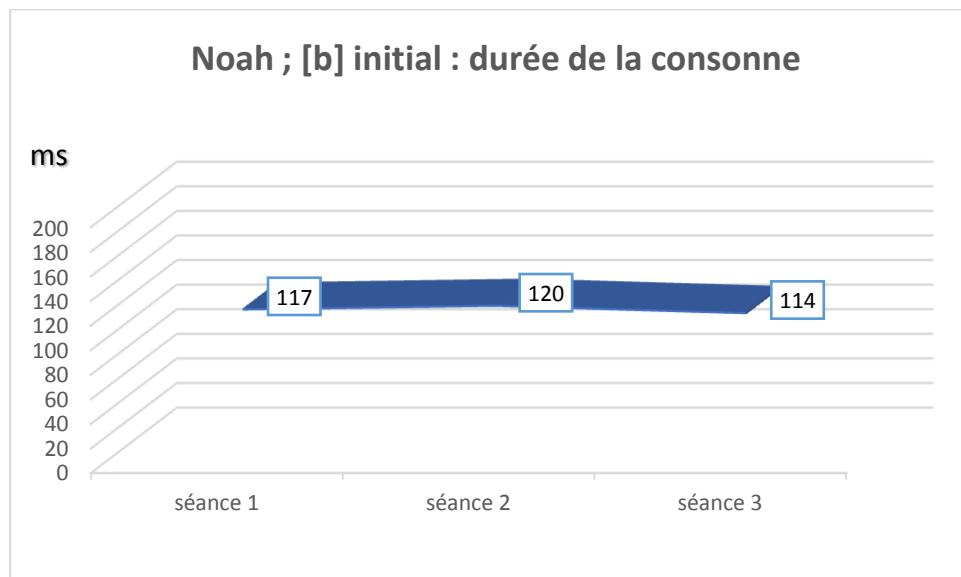


Figure 57 : Noah ; [b] initial : durée de la consonne

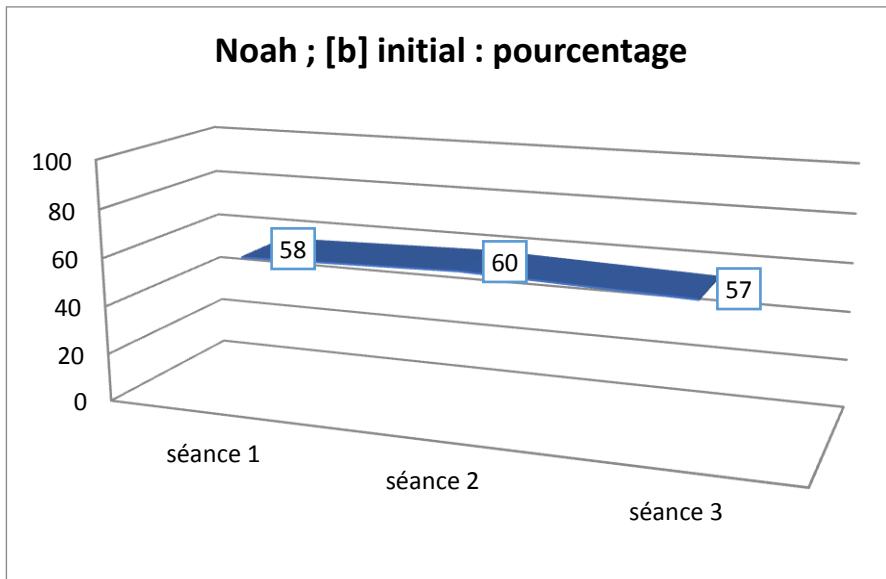


Figure 58 : Noah ; [b] initial : pourcentage

Timing des gestes consonantiques en position intervocalique

Quant au son [p], nous constatons une chute de la durée de la tenue consonantique de 10 % entre la 1^{ère} et la 2^{ème} séance, pour augmenter de 15 % entre la 2^{ème} et la dernière séance. Cette consonne non voisée, qui se situe entre deux voyelles, est normalement constituée, possédant un délai d'arrêt du voisement, suivi d'une phase consonantique silencieuse et un VOT.

Par rapport au [k] intervocalique, nous constatons que la valeur de la consonne est haute à la 1^{ère} séance, avec une diminution de 32% entre la 1^{ère} et la 2^{ème} séance. La durée consonantique va finalement augmenter de 61 % entre la 2^{ème} et la 3^{ème} séance. Cette augmentation est remarquable à la 3^{ème} séance, mais elle reste dans les limites des valeurs usuelles pour cette consonne (voir Figure 59 et Figure 60).

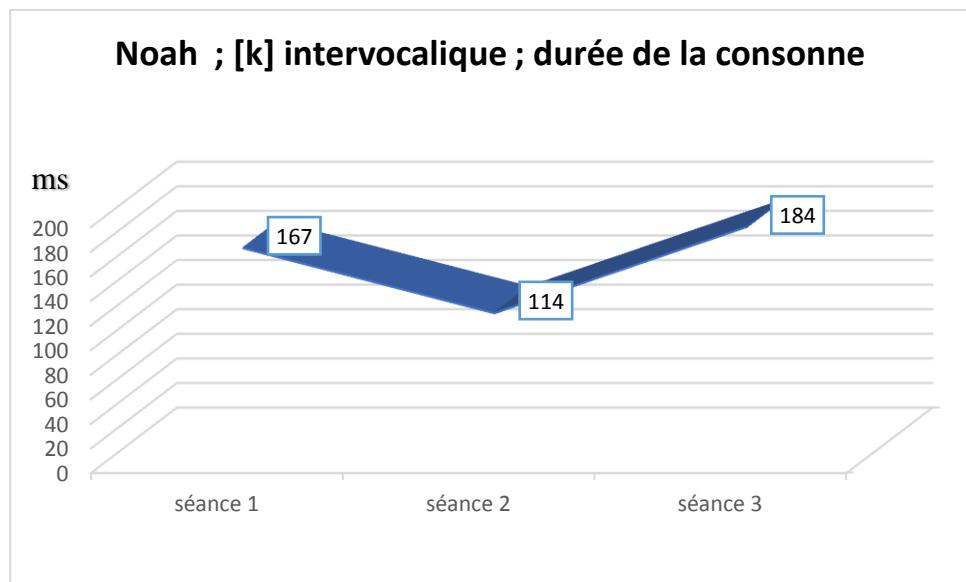


Figure 59 : Noah : [k] intervocalique ; durée de la consonne

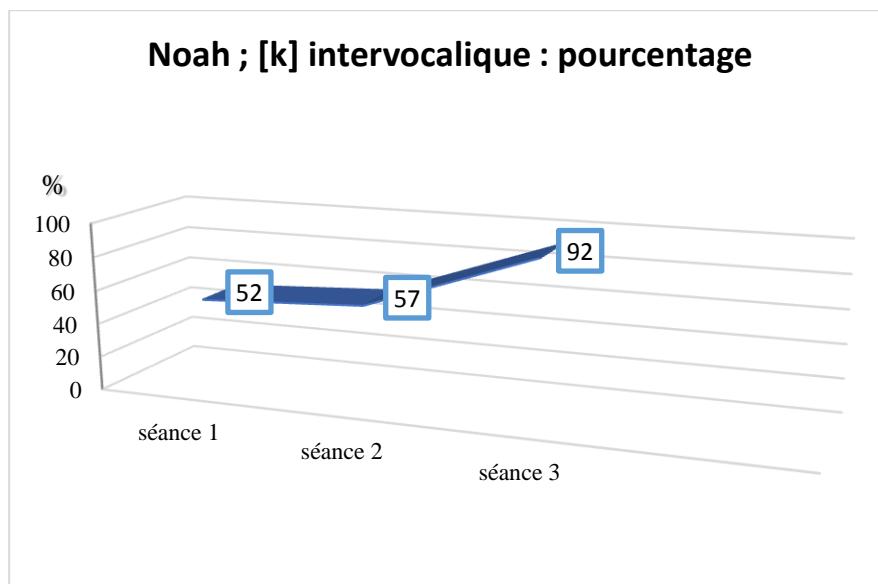


Figure 60 : Noah ; [k] intervocalique : pourcentage

Remarque :

Il convient de signaler que durant la durée de la prise en charge orthophonique, l'enfant bénéficiait d'un suivi pluridisciplinaire avec l'équipe du C.A.M.S.P.S. (Kinésithérapie, Ergothérapie, Psychomotricité), avec 2 séances par semaine d'orthophonie en libéral. Ce suivi en orthophonie s'est réduit à la longue, avec une séance par semaine en orthophonie et un arrêt de l'équipe pluridisciplinaire du C.A.M.S.P.S, car l'enfant semblait présenter des troubles du comportement (auto agressivité, cris, agitations...) qui étaient en lien avec un trouble du métabolisme diagnostiqué tardivement (Maladie de Lesch-Nyhan : mutation du gène HPRT1). Celui-ci se traduit par un taux d'acide urique à l'origine de douleurs et d'automutilations. En

conséquence, un traitement a été proposé pour réduire l'hyperuricémie. Pour résumer, la réduction du temps du suivi orthophonique s'est traduite en une réduction de l'émergence du nombre des sons produits par le patient.

III.5.2.1.3.5 Analyse des données de Ryan

Ryan (né le 02/10/08) présente une neuropathie centrale et périphérique progressive (bain de bilinguisme français/arabe)

Production du [b] initial

1^{ère} séance : 109 ms Augmentation de 88 ms (80%) entre la 1^{ère} séance et la 2^{ème} séance
2^{ème} séance : 197 ms Aucune production à la 3^{ème} séance.

Production du [b] intervocalique

1^{ère} séance : 207ms Diminution de 107 ms (52%) entre la 1^{ère} séance et la 3^{ème} séance.
3^{ème} séance : 100ms

Production du [d] intervocalique

1^{ère} séance : 170 ms Diminution de 92 ms (55%) entre la 1^{ère} séance et la 3^{ème} séance.
3^{ème} séance : 78 ms

Production du [p] intervocalique

1^{ère} séance : 446 ms Diminution de 258ms (58%) entre la 1^{ère} séance et la 2^{ème} séance.
2^{ème} séance : 188 ms Diminution de 342 ms (76%) entre la 1^{ère} séance et la 3^{ème} séance.
3^{ème} séance : 104 ms Diminution de 84 ms (45%) entre la 2^{ème} séance et la 3^{ème} séance.

Enseignements à partir des productions de Ryan :

Ryan produit le [b] initial à la première et à la troisième séance. Il réalise [p, b, d] en position intervocalique, mais uniquement à la 1^{ère} et 3^{ème} séance pour les sons [b, d] en intervocalique (voir Figure 61 et Figure 62). On peut dire, dans tous les cas, que c'est la production des consonnes labiales qui semblent être mieux maîtrisée par ce patient que les dentales, et

encore mieux que les vélaires, qui ne sont réalisées que deux fois par ce locuteur, tout au long du suivi orthophonique. Analysons les réalisations des bilabiales, ci-dessous.

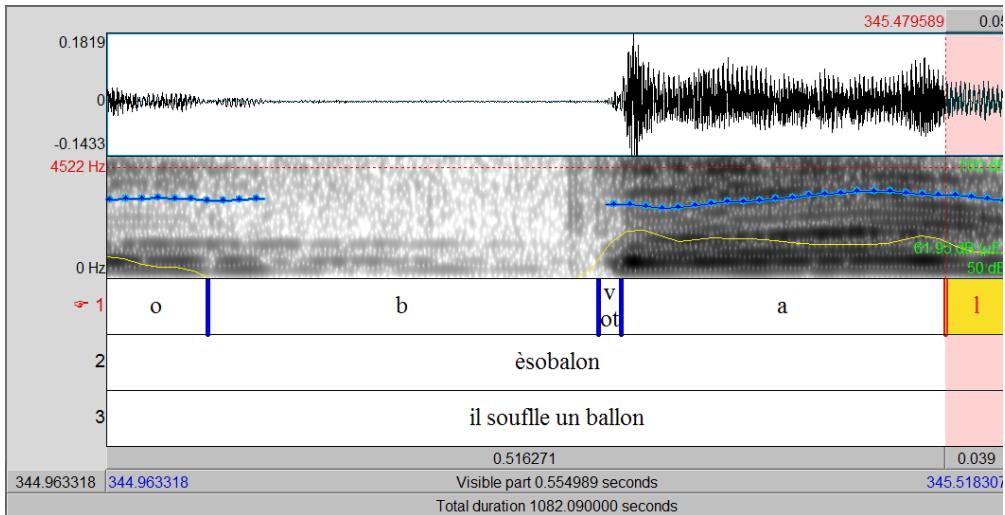


Figure 61 : Ryan [b] intervocalique, Séance 1 du 09/01/2013

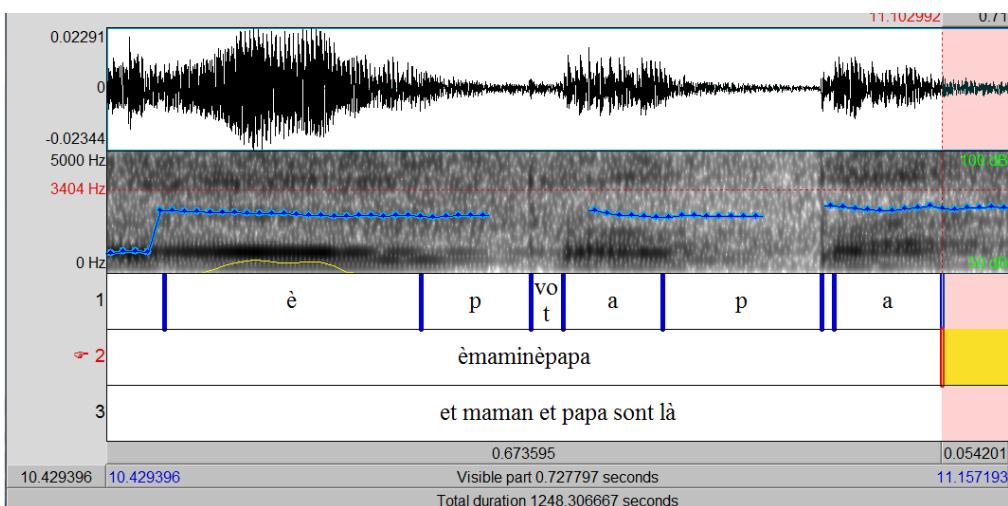


Figure 62 : Ryan [p] intervocalique, Séance 3 du 13/03/2013

Quels enseignements pouvons-nous tirer des productions de Ryan ?

- Il a une bonne maîtrise des gestes bilabiaux impliqués dans la réalisation des occlusives [p] et [b].
- Combiner l'activité laryngienne impliquée dans le voisement avec l'occlusion bilabiale supraglottique, se fait avec régularité. Cette conduite motrice est assez bien établie pour les dentales, mais elle reste fragile pour les vélaires.
- Les gestes qui émergent de manière préférentielle pour Ryan sont les gestes labiaux, puis coronaux. Regardons maintenant quelques aspects du contrôle temporel des gestes des occlusives qui ont été réalisées par ce locuteur.

Contrôle des gestes consonantiques en position initiale

Lorsque Ryan produit le [b] initial, nous constatons une augmentation de 80% de la séance 1 à la séance 2, avec tout de même le maintien d'une valeur moyenne « normale » de la tenue consonantique.

Le contrôle des gestes consonantiques en position intervocalique

Ryan produit le [p] en position intervocalique durant les 3 séances, avec une valeur trop élevée au démarrage, pour diminuer de 58 % entre la 1^{ère} et la 2^{ème} séance, et se rapprocher des valeurs « normales » en diminuant cette tenue de 45 % entre la 2^{ème} et la 3^{ème} séance (voir Figure 63 et Figure 64).

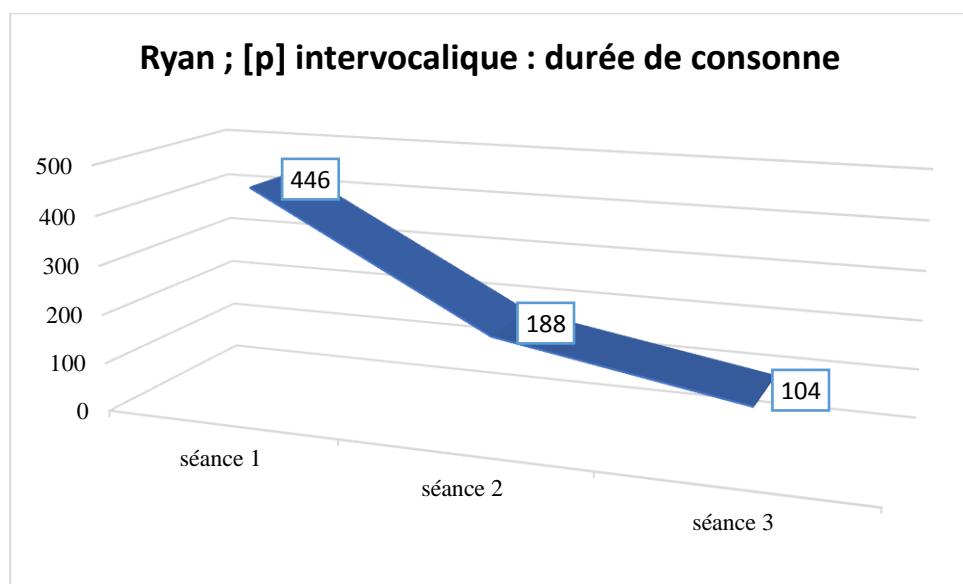


Figure 63 : Ryan : [p] intervocalique : durée de consonne

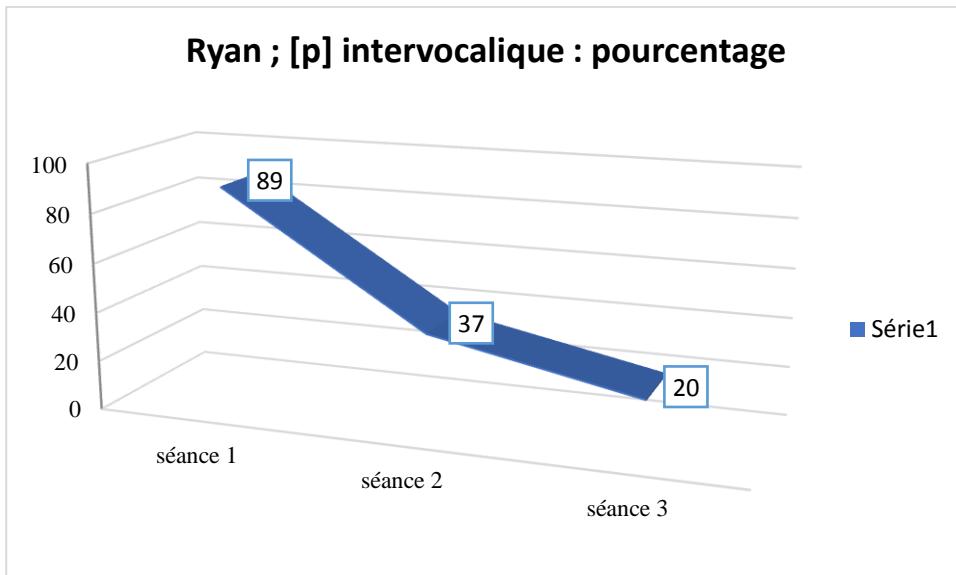


Figure 64 : Ryan ; [p] intervocalique : pourcentage

Cette consonne bilabiale non voisée, située entre deux voyelles, est correctement réalisée par ce locuteur, avec les phases acoustiques habituelles, soit un délai d'arrêt du voisement, un silence acoustique et un VOT.

Les sons [b, d] en position intervocalique sont produits uniquement en 2^{ème} et 3^{ème} séances avec une chute de la valeur de la tenue consonantique en 3^{ème} séance (voir Figure 65 et Figure 66).

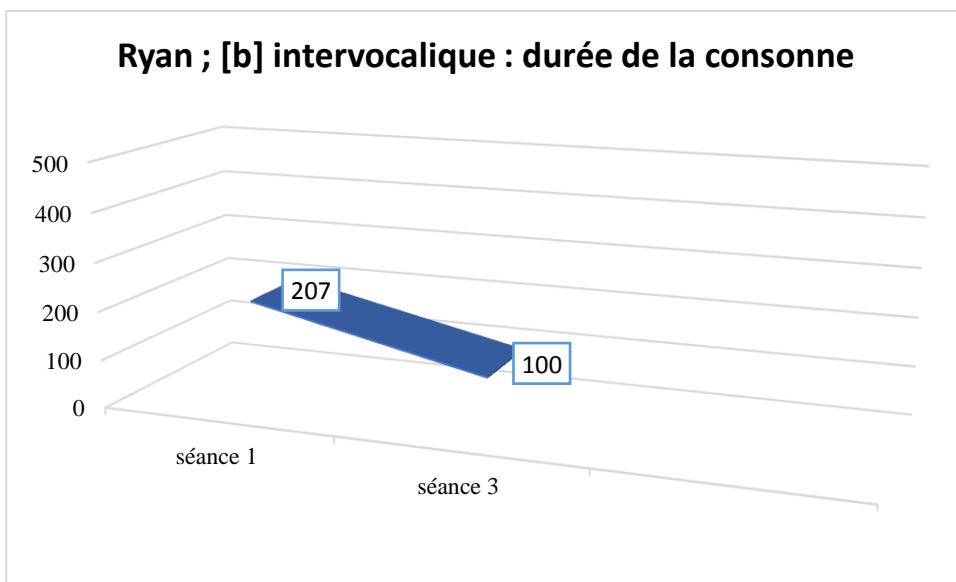


Figure 65 : Ryan ; [b] intervocalique : durée de la consonne

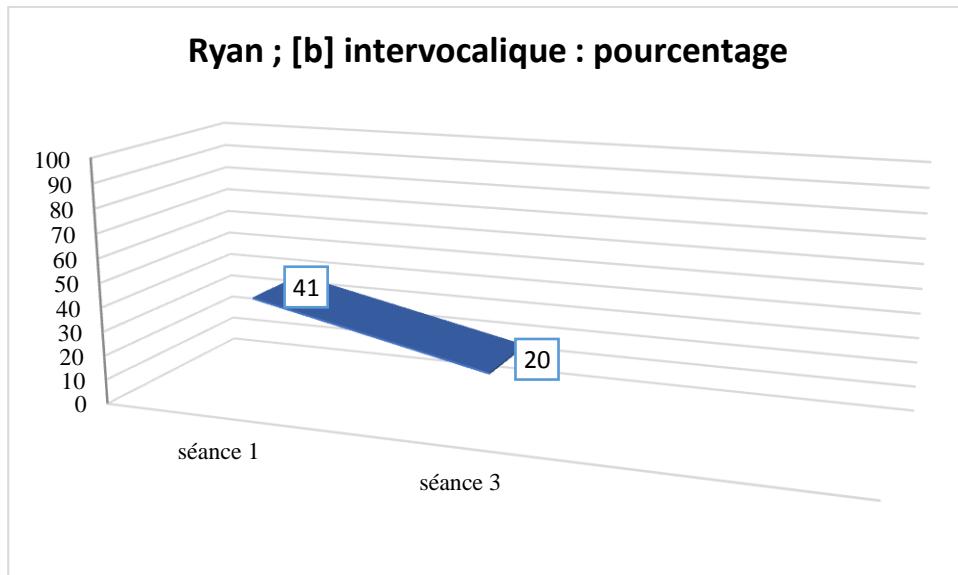


Figure 66 : Ryan ; [b] intervocalique : pourcentage

Cette chute dans les valeurs de la tenue consonantique ne modifie pas pour autant les caractéristiques intrinsèques de la tenue consonantique des deux occlusives, chez cet enfant.

A partir de ces données, nous pouvons en déduire pour l'ensemble de notre «population» de locuteurs les faits discutés ci-après.

III.5.2.2 Analyse interlocuteurs des productions consonantiques : une synthèse des résultats

Le Tableau 9, ci-dessous, montre les occlusives qui ont été produites par nos enfants 1 à 3 fois, ou plus dans les deux positions : initiale et intervocalique. En se focalisant sur la position intervocalique, là où toutes les occlusives peuvent être détectées et être mesurées, nous pouvons faire les constats suivants :

Nous trouvons le bilabial [p] qui est réalisé durant les trois séances de rééducation orthophonique chez quatre enfants, sauf chez Atiens, où cette consonne n'apparaît que lors d'une seule séance.

Egalement, nous observons la production de [t] coronal chez trois enfants sauf chez Noah, alors que Ryan produit le [t] intervocalique à la dernière séance.

La production du [k] vélaire se voit de façon plus constante chez deux enfants, qui sont Ajar et Noah. Cette consonne ne surgit qu'une seule fois chez deux autres enfants, alors qu'elle est absente chez Ebrar.

Quant au [b] bilabial, celui-ci est produit chez tous les locuteurs sauf chez Atiens, dans cette position. Ajar et Ebrar réalisent cette consonne de manière plus régulière que les autres enfants.

Le [d] coronal se réalise plus systématiquement chez Ebrar, mais l'est moins chez Ryan, Ajar et Atiens en ordre décroissant. Cette consonne est absente chez Noah.

En ce qui concerne le vélaire [g], sa réalisation semble être plus problématique pour nos enfants ; il apparaît une fois seulement chez Ebrar, dans cette position, une fois chez les autres, sauf chez Atiens qui ne produit pas cette consonne.

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des productions de consonnes chez les enfants en fonction de la position de la consonne et des séances
 (1x à 3x : 1 à 3 production(s), > 3x : plus de 3 productions)

		Production de consonnes Sourdes / Sonores					
		Position initiale :			Position intervocalique :		
		Etude des sons : [b, d, g]			Etude des sons : [p, t, k, b, d, g]		
Enfant	sons	Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 1	Séance 2	Séance 3
Ajar	[p]				2x	2x	3x
	[t]				1x	1x	3x
	[k]				1x	> 3x	> 3x
	[b]	> 3x	1x	2x	3x	> 3x	1x
	[d]	2x		3x	1x		1x
	[g]	1x				1x	
Ebrar	[p]					3x	
	[t]				> 3x	1x	1x
	[k]						
	[b]	> 3x	1x	1x	2x	2x	1x
	[d]	> 3x		1x	> 3x	3x	3x
	[g]					2x	
Atiens	[p]				1x		
	[t]				1x	1x	> 3x
	[k]						1x
	[b]		1x				
	[d]	1x					1x
	[g]						
Noah	[p]				3X	1X	1X
	[t]						
	[k]				2X	1X	> 3X
	[b]	> 3X	> 3X	1X	1X		
	[d]						
	[g]			3X		1X	
Ryan	[p]		1X		1X	> 3X	> 3X
	[t]						> 3X
	[k]						1X
	[b]	> 3X		2X	2X		> 3X
	[d]	3X			2X		3X
	[g]			1X		1X	

Pour résumer...

- a) De manière générale, les gestes labial et coronal semblent être plus ou moins acquis, du moins d'un point de vue de leurs émergences durant la production de la parole, par tous nos enfants.
- b) Une augmentation ou une réduction de la proportion de la phase consonantique se fait en tant que stratégies pour obtenir une stabilité relative de la tenue des consonnes,

s'approchant ainsi des valeurs habituelles pour ces occlusives, d'une séance de rééducation orthophonique à l'autre.

- c) Le patron associatif labial-coronal semble être plus fréquent. Il peut être remplacé, toutefois, par un pattern labial-vélaire selon les particularités de tel ou tel enfant.
- d) Le geste coronal peut émerger de façon préférentielle comparée à l'apparition du geste labial.

En plus de ces observations en termes d'émergences préférentielles de consonnes, nous pouvons remarquer que certains enfants ont adopté diverses autres stratégies qui leur sont spécifiques :

- Ceux-ci accèdent à la parole à partir d'une stratégie de « compensation » ou d'adaptation à une structure phonologique d'une langue première ou L1. Il s'agit pour certains de ces enfants, par exemple, de diminuer les pauses entre les syllabes au fur et à mesure du développement de la parole, de l'utilisation de consonnes aspirées, calquées sur la production de sons présents dans leur L1, de substitution d'un mot par un autre (Atiens dit [opa] en albanais qui signifie « partir », Ebrar produit [ada] en turc qui veut dire « on y va »...).
- Finalement, nous pouvons rajouter que ces enfants présentent parfois une dyspraxie développementale qui se définit par des difficultés, voire une impossibilité à réaliser de manière contrôlée certains gestes articulatoires, nécessaires lors de la production de la parole. Cette dyspraxie développementale se distingue de la dysarthrie qui est un trouble consécutif à une atteinte de l'exécution motrice. Cette atteinte de l'exécution motrice est due à un déficit ou à un dysfonctionnement des centres moteurs du système nerveux central et/ou périphérique, dans la réalisation articulatoire de la parole (Maillard, 2015). Il faut préciser que dans la dysarthrie, les erreurs sont constantes, contrairement à la dyspraxie. Mais dans les paralysies cérébrales, cette dysarthrie apparaît rarement comme un trouble isolé ; celui-ci est souvent associé à d'autres troubles du langage, en s'inscrivant ou pas dans des déficiences cognitives ou neuropsychologiques.

III.5.3 LES CONSONNES : LE NOMBRE DE CONSONNES VOISEES ET NON VOISEES

Une autre analyse orientée sur le nombre de consonnes qui émergent montre que l'ensemble de la population produit, dans un premier temps les sons labiaux (160) suivis par la production de sons coronaux (80) puis vélaires (72). (Tableau 10). Cette observation corrobore nos conclusions résumées dans la section précédente.

Tableau 10 : Production des sons [p, t, k, b, d, g] pour chaque enfant et pour l'ensemble de « la population »

		Labiales			Dentales			Vélaires		
		[p]	[b]	[p] + [b]	[t]	[d]	[t] + [d]	[k]	[g]	[k] + [g]
Ajar	♀	29	27	56	4	12	16	41	6	47
Ebrar	♀	12	12	24	12	7	19		3	3
Atiens	♂	4	1	5	8	1	9	1		1
Noah	♂	18	25	43			0	14	6	20
Ryan	♂	17	15	32	22	14	36	1		1
Total filles	♀	41	39	80	16	19	35	41	9	50
Total garçons	♂	39	41	80	30	15	45	16	6	22
Total Population		80	80	160	46	34	80	57	15	72

Dans la catégorie des consonnes labiales, on compte autant de non voisées que de voisées. Parmi les coronales, ce sont les non voisées qui sont préférées aux voisées, cette tendance étant nettement plus visible dans la catégorie des vélaires. Aussi peut-on poser que c'est le fait de recruter des gestes linguaux en même temps que le geste laryngal, pour produire les consonnes dentales et vélaires voisées, qui semble être quelque peu problématique pour nos enfants. En effet, on sait que les gestes linguaux sont plus ou moins corrélés avec le déplacement vertical (ou plutôt diagonal) du couple larynx-os hyoïde (Bothorel 1975 ; 1979 ; Vaxelaire et Sock, 1997). Il est donc tout-à-fait loisible de tenter d'établir une relation entre la déglutition et le contrôle de gestes linguaux nécessaires pour la production de certaines de nos consonnes. Nous y reviendrons.

Examinons pour le moment l'autre paramètre temporel, le VOT, qui pourrait se révéler rentable dans la compréhension de la formation et de l'émergence des consonnes que nous avons étudiées.

III.6 EXPLOITATION ET MESURE DE LA DUREE DU VOT

III.6.1 INTERPRETATIONS DES MESURES DU VOT

Rappelons que le VOT (*Voice Onset Time*) ou délai d'établissement du voisement est un paramètre acoustique temporel qui peut renseigner sur la coordination oro-laryngée lors de la production de la parole. Il s'agit, en effet, de la relation temporelle entre un relâchement supraglottique labial, dental ou vélaire (« *oro-* ») et le démarrage de l'activité des plis vocaux (« *laryngée* »). Dans notre étude, nous avons retenu le VOT tel qu'il a été spécifié par Klatt (1975). Il correspond à la relation temporelle entre le relâchement supraglottique et l'apparition d'une structure formantique clairement définie. L'établissement de cette structure formantique ne devient possible que lorsque le conduit vocal est suffisamment dégagé pour permettre l'apparition de zones de résonances renforcées dans le conduit (les formants). Ce paramètre articulatori-acoustique devrait donc nous permettre d'évaluer la capacité de nos enfants à réaliser correctement cette coordination oro-laryngée pour produire les différentes occlusives. Lorsque le contrôle du VOT est adéquatement maîtrisé chez l'adulte, voire chez l'enfant (cf. Ryalls *et al.*, 1990), sa valeur augmente en fonction de la production des labiales, des dentales, puis des vélaires. Ce constat a été corroboré par de nombreuses études sur un large spectre de langues non-apparentées.

Le Tableau 11, ci-dessous donne les valeurs moyennes du VOT pour les consonnes labiales, dentales et vélaires, non voisées et voisées. Les écarts-types sont également présents, lorsque le nombre d'occurrences a été suffisamment grand pour permettre le calcul de cette valeur. L'analyse qui suit repose sur des appréciations en termes de *tendances*.

Par rapport aux consonnes non voisées, le VOT chez Ajar, Ebrar et Atiens augmente de [p] à [t], mais diminue en passant à la vélaire [k] pour Ajar, ce qui va à l'encontre de ce qui est habituellement attesté dans la littérature. Il n'a pas été possible de le mesurer, pour cette occlusive vélaire, chez Ebrar et Atiens, soit à cause de la non production de cette consonne, soit à cause d'un nombre de réalisations insuffisantes chez ces deux enfants.

En ce qui concerne Noah, le VOT augmente de la labiale au vélaire, ce qui, à première vue, semble rester cohérent ; il n'avait pas produit de dentales.

Ryan garde son VOT constant de la labiale à la dentale, et n'a réalisé aucune vélaire.

En analysant les consonnes voisées, on remarque que la *tendance* chez Ajar est d'opposer la labiale et la dentale à la vélaire qui a une valeur relativement plus élevée que les deux premières.

Ebrar et Ryan ont des valeurs comparables de VOT pour les labiales et les dentales (la valeur est inversée chez Ebrar) ; ce paramètre est absent pour les vélaires chez ces deux enfants.

Noah oppose la labiale à la vélaire, avec une augmentation de la durée de ce paramètre en passant de la première catégorie à la seconde ; la dentale est absente.

Tableau 11 : Valeurs du VOT pour les consonnes labiales, dentales et vélaires.

VOT (en ms)	Labiales				Dentales				Vélaires			
	[p]		[b]		[t]		[d]		[k]		[g]	
	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart Type	Moyenne	Ecart Type
Ajar ♀	34	19	22	12	41	-	20	20	34	22	33	21
Ebrar ♀	19	13	25	15	32	20	16	-	-	-	-	-
Atiens ♂	35	-	-	-	45	17	-	-	-	-	-	-
Noah ♂	19	9	19	12	-	-	-	-	28	12	27	9
Ryan ♂	20	10	21	13	20	7	25	12	-	-	-	-

Pris ensemble, l'augmentation du VOT en passant des labiales aux dentales, puis aux vélaires reste à l'état de tendances. Ce constat doit être fortement nuancé à cause d'un nombre insuffisant de données et à cause notamment des valeurs des écarts-types remarquablement élevées. L'enseignement majeur que nous pourrions tirer de ces résultats est que la maîtrise de toute coordination oro-laryngée est loin d'être acquise chez nos enfants-patients. Cela se voit par : a) une absence de comportement cohérent dans l'augmentation progressive de la durée de ce paramètre des labiales aux vélaires, en passant par les dentales, fréquemment attestée dans la littérature ; b) la grande variabilité dans les données (les écarts-types) qui indique une difficulté à atteindre les « cibles » temporelles pour ce paramètre articulator-acoustique.

Ayant analysé le comportement des deux paramètres temporels que nous avons mesurés, à savoir la tenue consonantique et le VOT (compris dans la phase consonantique), nous proposons maintenant d'examiner l'existence de possibles liens entre la déglutition et l'émergence des consonnes étudiées.

III.6.2 ECHELLE DE LA DEGLUTITION ET DE LA DUREE DE LA CONSONNE

III.6.2.1 Echelle de la déglutition

Puesch et Vergeau (2004, p.125) proposent un tableau qui met en lien l'évolution des stratégies d'alimentation-déglutition en parallèle avec l'évolution des vocalisations de l'enfant, de la motricité, de la préhension des aliments avec leur texture. Leur tableau synthétique montre l'évolution des oralités depuis la conception embryonnaire, jusqu'à l'âge de 1 an, associé aux productions vocales de l'enfant (Tableau 12).

Tableau 12 : Evolution motrice et fonctionnelle pour l'alimentation, déglutition, le langage et la motricité entre 0 et 24 mois (extrait adapté de Puesch et Vergeau, 2004, Orthophonie et oralité, p.125)

Ages (mois)	Motricité	Langage	Préhension des aliments	Évolution des schémas de succion-déglutition		Texture
0-4	Asymétrie + flexion de tête médiane	Production de vocalisation, de syllabes archaïques	Aspiration sein ou biberon	Suckling / téter	Succion – déglutition réflexe	Liquide
4-6	Tenu assis Contrôle de la tête	Babillage rudimentaire	Tétine + débuts à la cuillère + apprentissage boisson ou verre Malaxage	Suckling / téter	Diminution du réflexe succion-déglutition	Liquide + semi-liquide / lisse
6-9	Rotation 4 pattes debout	Babillage canonique	Tétine + cuillère + verre Malaxage + début de mastication	Suckling + début sucking Mouvements linguaux latéraux	Début de dissociation entre succion et déglutition	Semi-liquide + mixé
12-18	Marche	Proto-langage entre le babillage et les vrais mots	Cuillère + verre Malaxage < mastication	Suckling < sucking	Dissociation langue-mandibule	Solide mou + solide dur
18-24	Marche +++	Les premières phrases	Cuillère + verre Mastication + sucking	Succion déglutition indépendantes	Stabilité de la mandibule	Solide dur

A partir de ce tableau, nous avons rajouté une échelle de degré de déglutition correspondant de 1 à 5 :

1. qui correspond à la succion-déglutition réflexe d'un enfant de 0 à 4 mois, avec la production de vocalisations, de syllabes archaïques ;
2. qui correspond à la diminution du réflexe succion-déglutition d'un enfant de 4-6 mois, avec la production du babillage rudimentaire ;

3. qui correspond au début de la dissociation entre succion et déglutition d'un enfant de 6-9 mois, avec la production du babillage canonique ;
4. qui correspond à la dissociation langue-mandibule d'un enfant de 12-18 mois, avec la production d'un protolangage entre le babillage et les vrais mots ;
5. qui correspond à la stabilité de la mandibule d'un enfant de 18-24 mois la production des premières phrases.

Ensuite, une question se posait à nous alors : comment déterminer la valeur de la durée consonantique à atteindre par la rééducation orthophonique pour pouvoir parler de valeur « acceptable » ? Nous tentons de proposer une réponse dans ce qui suit.

III.6.2.2 Echelle de la durée des consonnes

Fautes d'études précises sur ce problème de valeurs de références pour la durées de consonnes (notamment concernant des enfants de cet âge), et à partir du moment où les enfants sont « guéris » à la troisième séance, nous avons adopté comme valeur de référence à atteindre pour la rééducation orthophonique cette moyenne : 80, 609 ms, soit *80 ms*. Cette valeur correspond à la valeur moyenne d'une tenue consonantique voisée, tous locuteurs et toutes conditions confondus. Nous sommes consciente du fait que cette valeur pourrait être arbitraire, étant donnée l'élasticité temporelle du signal de la parole dont il a été question auparavant. Néanmoins, 80 est une valeur qui nous paraît raisonnable en tant que durée moyenne absolue d'une tenue consonantique voisée, dans un contexte de production qui tend vers des productions normales (soit à la troisième séance de rééducation orthophonique).

Cette valeur correspond donc au 10 de l'échelle (voir *infra*).

III.6.2.2.1 Consonnes voisées

Tableau 13 : Calcul de l'échelle de déglutition

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Séance 1	5	1	4	25,357	250	93,892	77,352
Séance 2	5	0	5	21,571	127,111	70,536	45,232

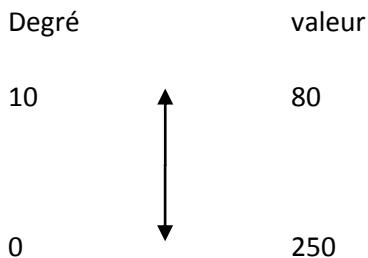
Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Séance 3	5	0	5	16,909	153,167	80,609	57,639

Pour trouver la valeur minimale de l'échelle, il fallait chercher les durées correspondant aux réalisations les plus « déviantes », et ces réalisations étaient celles qui présentaient un maximum d'écart, par rapport à la valeur de référence à atteindre.

Il fallait donc choisir la valeur maximale dans la colonne Maximum, soit 250.

Cette valeur correspondait au 0 de l'échelle.

Il fallait enfin déterminer l'échelle elle-même :



Pour cela, il suffit d'obtenir un pourcentage, mais étant donné que la division se fait par 10, il s'agit en réalité d'un pourdixage (si l'on reprend un terme que l'on trouve sur les forums) :

A partir de ces deux valeurs, on peut calculer la différence maximale :

$250-80 = 170$ que l'on ramène à 160 ($170/10=16,909$) est plus facile à manier que celui d'une division par 170 ($170/170=1$)

Pour passer de la valeur de gauche à celle de droite, il faut d'abord évaluer l'écart de la valeur mesurée par rapport à la valeur cible.

Le calcul donne :

$$=ABS(B2-80)/160*10$$

Puis il convient de transposer cette valeur sur une échelle de 10

=ABS (10-C2)

Exemple avec la première valeur de Ryan : 105

$$105-80=25$$

$$25/160*10=1,5625$$

On est à une distance de 1,5625 de 10

Il faut maintenant mettre une note :

$$10-1,5625=8,4375$$

Le parti a été pris de mettre un indice sans décimale, l'indice obtenu pour la durée **105 ms** est donc **8**.

Un indice est toujours positif, c'est pourquoi c'est la valeur absolue qui est prise en compte.

Voici un autre exemple avec une durée plus courte :

Exemple avec la première valeur d'Ajar : 24

$$24-80= -56; \text{ valeur absolue de } -56=56$$

$$56/160*10=3,56$$

On est à une distance de 3,5 de 10

Il faut maintenant mettre une note :

$$10-3,5=6,5$$

Le parti a été pris de mettre un indice sans décimale, l'indice obtenu pour la durée **24 ms** est donc **7**.

III.6.2.2 Consonnes non voisées

Tableau 14 : Calcul de l'échelle de déglutition

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type

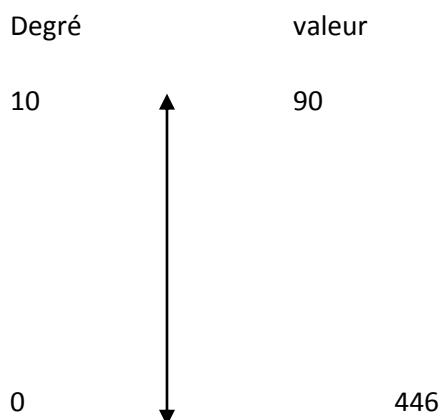
Séance 1	5	0	5	50,533	446,000	156,885	166,414
Séance 2	5	0	5	20,750	229,000	107,961	86,159
Séance 3	5	0	5	18,781	150,250	89,538	87,484

Pour trouver la valeur minimale de l'échelle, il fallait chercher les durées correspondant aux réalisations les plus « erratiques », et ces réalisations étaient celles qui présentaient un maximum d'écart par rapport à la valeur à atteindre.

Il fallait donc choisir la valeur maximale dans la colonne Maximum, soit 446.

Cette valeur correspondait au 0 de l'échelle.

Cette valeur est beaucoup plus importante que celle des voisées. Toute l'échelle sera donc totalement différente.



A partir de ces deux valeurs, on calcule la différence maximale :

$$446 - 90 = 356$$

Pour passer de la valeur de gauche à celle de droite, il faut d'abord évaluer l'écart de la valeur mesurée par rapport à la valeur cible.

Pour cela, il suffit de calculer un pourcentage, mais, encore une fois, comme c'est divisé par 10, c'est en fait un pourdixage (si l'on reprend encore ce terme que l'on trouve sur les forums) :

Le calcul donne :

$$= ABS(V2-90) / 356 * 10$$

Puis, il faut transposer cette valeur sur une échelle de 10

$$= 10-R2$$

Exemple avec la première valeur non voisée de Ryan : 134

$$134-90=44$$

$$134/356*10=3,764044944$$

On est à une distance de 3,764044944 de 10

Il faut maintenant mettre une note :

$$10-3,764044944 = 6,235955056$$

Le parti a été pris de mettre un indice sans décimale, l'indice obtenu pour la durée **134 ms** est donc **6**.

Un indice est toujours positif, c'est pour cette raison que c'est la valeur absolue qui est prise en compte. Autre exemple avec une durée plus courte :

Exemple avec la deuxième valeur non voisée d'Ajar : 44

$$44-90 = -46; \text{ valeur absolue de } -46=46$$

$$46/356*10 = 1,292134831$$

On est à une distance de 1,3 de 10

Il faut maintenant mettre une note :

$$10-1,3 = 8,7$$

Le parti a été pris de mettre un indice sans décimale, l'indice obtenu pour la durée **44 ms** est donc **9**.

A partir de ces calculs, nous avons établi une échelle de 1 à 10 (ordre croissant) pour chaque durée de consonne, en relation avec la rééducation orthophonique, sachant que la troisième séance est la valeur de référence à atteindre dont voici le tableau (Tableau 15).

Tableau 15: Calcul de l'échelle de déglutition

Ryan	b init		
séance 1	105	1,5625	8
séance 2	176	6	4
séance 3			
	b inter		
séance 1	173	5,8125	4
séance 2	77	0,1875	10
séance 3	163	5,1875	5
	d init		
séance 1	72	0,5	10
séance 2	84	0,25	10
séance 3	103	1,4375	9
	d inter		
séance 1	194	7,125	3
séance 2	72	0,5	10
séance 3	161	5,0625	5
	t inter		
séance 1	134	1,23595506	9
séance 2	107	0,47752809	10
séance 3			
	p inter		
séance 1	446	10	0
séance 2	210	3,37078652	7
séance 3	150	1,68539326	8
Atiens	t inter		
séance 1	128	1,06741573	9
séance 2	107	0,47752809	10
séance 3	184	2,64044944	7
Ebrar	b init		
séance 1	183	6,4375	4
séance 2	97	1,0625	9
séance 3	179	6,1875	4
	b inter		
séance 1	249	11	1
séance 2	124	3	7
séance 3	172	6	4
	d inter		
séance 1	94	0,875	9
séance 2	72	0,5	10
séance 3	163	5,1875	5
	p inter		
séance 1	267	4,97191011	5
séance 2	142	1,46067416	9
séance 3	126	1,01123596	9
	t inter		
séance 1	122	0,8988764	9
séance 2	468	10,6179775	1
séance 3	54	1,01123596	9
Noah	b init		
séance 1	51	1,8125	8
séance 2	19	3,8125	6
séance 3	75	0,3125	10

	g init		
séance 1	27	3,3125	5
séance 2			
séance 3	22	3,625	5
	t inter		
séance 1	101	0,30898876	9
séance 2	28	1,74157303	5
séance 3	103	0,36516854	10
	p inter		
séance 1	47	1,20786517	9
séance 2	11	2,21910112	8
séance 3	11	2,21910112	8
	k inter		
séance 1	163	2,0505618	8
séance 2	142	1,46067416	9
séance 3	158	1,91011236	8
Ajar	b init		
séance 1	24	3,5	7
séance 2	22	3,625	6
séance 3	179	6,1875	4
	b inter		
séance 1	32	3	7
séance 2	26	3,375	7
séance 3	42	2,375	8
	d init		
séance 1	17	0,875	9
séance 2	14	1,25	9
séance 3			
	d inter		
séance 1	32	3	7
séance 2			
séance 3	73	0,4375	10
	g init		
séance 1	26	3,375	7
séance 2	15	4,0625	6
séance 3			
	g inter		
séance 1	104	1,5	9
séance 2	19	3,8125	6
séance 3	28	3,25	7
	p inter		
séance 1	85	0,14044944	10
séance 2	44	1,29213483	9
séance 3	55	0,98314607	9
	k inter		
séance 1	32	1,62921348	8
séance 2	34	1,57303371	8
séance 3	45	1,26404494	9
	t inter		
séance 1	35	1,54494382	8
séance 2	31	1,65730337	8
séance 3	33	1,6011236	8

À partir du moment où nous considérons que la valeur de référence à atteindre pour la rééducation orthophonique est à partir de la troisième séance, la moyenne de référence à atteindre pour la rééducation de cette moyenne est de 89,538 soit 90.

Cette valeur correspondrait au 10 de l'échelle.

À partir de ces calculs, nous avons établis une échelle de 1 à 10 (ordre croissant) pour chaque durée de consonne, en relation avec la rééducation orthophonique, sachant que la troisième séance est la valeur de référence à atteindre dont voici le tableau (Tableau 16).

Tableau 16 : Calcul de l'échelle de déglutition complète

Ryan	<i>b init</i>				Atiens	<i>t inter</i>			
séance 1	105	1,5625	8		séance 1	128	1,06741573	9	
séance 2	176	6	4		séance 2	107	0,47752809	10	
séance 3					séance 3	184	2,64044944	7	
	<i>b inter</i>								
séance 1	173	5,8125	4		Ebrar	<i>b init</i>			
séance 2	77	0,1875	10		séance 1	183	6,4375	4	
séance 3	163	5,1875	5		séance 2	97	1,0625	9	
	<i>d init</i>				séance 3	179	6,1875	4	
séance 1	72	0,5	10			<i>b inter</i>			
séance 2	84	0,25	10		séance 1	249	11	1	
séance 3	103	1,4375	9		séance 2	124	3	7	
	<i>d inter</i>				séance 3	172	6	4	
séance 1	194	7,125	3			<i>d inter</i>			
séance 2	72	0,5	10		séance 1	94	0,875	9	
séance 3	161	5,0625	5		séance 2	72	0,5	10	
	<i>t inter</i>				séance 3	163	5,1875	5	
séance 1	134	1,23595506	9			<i>p inter</i>			
séance 2	107	0,47752809	10		séance 1	267	4,97191011	5	
séance 3					séance 2	142	1,46067416	9	
	<i>p inter</i>				séance 3	126	1,01123596	9	
séance 1	446	10	0			<i>t inter</i>			
séance 2	210	3,37078652	7		séance 1	122	0,8988764	9	
séance 3	150	1,68539326	8		séance 2	468	10,6179775	1	
					séance 3	54	1,01123596	9	
 Noah	<i>b init</i>				 Ajar	<i>b init</i>			
séance 1	51	1,8125	8		séance 1	24	3,5	7	
séance 2	19	3,8125	6		séance 2	22	3,625	6	
séance 3	75	0,3125	10		séance 3	179	6,1875	4	
	<i>g init</i>					<i>b inter</i>			
séance 1	27	3,3125	5		séance 1	32	3	7	
séance 2					séance 2	26	3,375	7	
séance 3	22	3,625	5		séance 3	42	2,375	8	
	<i>t inter</i>					<i>d init</i>			
séance 1	101	0,30898876	9		séance 1	.17	0,875	9	
séance 2	28	1,74157303	5		séance 2	14	1,25	9	
séance 3	103	0,36516854	10		séance 3				
	<i>p inter</i>					<i>d inter</i>			
séance 1	47	1,20786517	9		séance 1	32	3	7	
séance 2	11	2,21910112	8		séance 2				
séance 3	11	2,21910112	8		séance 3	73	0,4375	10	
	<i>k inter</i>					<i>g init</i>			
séance 1	163	2,0505618	8		séance 1	26	3,375	7	
séance 2	142	1,46067416	9		séance 2	15	4,0625	6	
séance 3	158	1,91011236	8		séance 3				
	<i>g inter</i>					<i>g inter</i>			
					séance 1	104	1,5	9	
					séance 2	19	3,8125	6	
					séance 3	28	3,25	7	
	<i>p inter</i>					<i>p inter</i>			
					séance 1	85	0,14044944	10	
					séance 2	44	1,29213483	9	
					séance 3	55	0,98314607	9	
	<i>k inter</i>					<i>k inter</i>			
					séance 1	32	1,62921348	8	
					séance 2	34	1,57303371	8	
					séance 3	45	1,26404494	9	
	<i>t inter</i>					<i>t inter</i>			
					séance 1	35	1,54494382	8	
					séance 2	31	1,65730337	8	
					séance 3	33	1,6011236	8	

III.6.2.2.3 Corrélation entre échelle de durée et échelle de déglutition (Tableau 17)

Tableau 17 : Corrélation entre échelle de durée et échelle de déglutition

<i>Ryan</i>	b init	durée	déglutition
séance 1	105	1,5625	8 2
séance 2	176	6	4 3
b inter	173	5,8125	4 2
séance 2	77	0,1875	10 3
séance 3	91	0,6875	9 4
d init	69	0,6875	9 2
séance 1	82	0,125	10 3
séance 2	103	1,4375	9 4
d inter	194	7,125	3 2
séance 2	72	0,5	10 3
séance 3	76	0,25	10 4
t inter	134	1,23595506	9 2
séance 1	107	0,47752809	10 3
p inter	446	10	0 2
séance 1	210	3,37079852	7 3
séance 2	150	1,68539326	8 4
<i>Atiens</i>			
t inter	128	3	7 1
séance 1	107	1,6875	8 2
séance 3	121	2,5625	7 3
<i>Ebrar</i>			
b init	183	6,4375	4 2
séance 1	97	1,0625	9 2
séance 3	179	6,1875	4 3
b inter	249	11	1 2
séance 1	124	3	7 2
séance 3	172	6	4 3
d inter	94	0,875	9 2
séance 3	100	1,25	9 3
p inter	267	4,97191011	5 2
séance 1	142	1,46067416	9 2
séance 2	126	1,01123596	9 3
t inter	122	0,8988764	9 2
séance 1	468	10,6179775	1 2
séance 3	54	1,01123596	9 3
<i>Noah</i>			
b init	51	1,8125	8 1
séance 1	19	3,8125	6 2
séance 3	75	0,3125	10 3
g init	27	3,3125	5 1
séance 3	22	3,625	5 3
t inter	101	0,30898876	9 1
séance 1	28	1,74157303	5 2
séance 3	103	0,36516854	10 3
p inter	47	1,20786517	9 1
séance 1	11	2,21910112	8 2
séance 2	11	2,21910112	8 3
k inter	163	2,0505618	8 1
séance 1	142	1,46067416	9 2
séance 3	158	1,9101236	8 3
<i>Ajar</i>			
b init	24	3,5	7 4
séance 1	22	3,625	6 5
séance 3	179	6,1875	4 5
b inter	32	3	7 4
séance 2	26	3,375	7 5
séance 3	42	2,375	8 5
d init	17	0,875	9 4
séance 2	14	1,25	9 5
g init	26	3,375	7 4
séance 2	15	4,0625	6 5
g inter	104	1,5	9 4
séance 2	19	3,8125	6 5
séance 3	28	3,25	7 5
p inter	85	0,14044944	10 4
séance 1	44	1,29213483	9 5
séance 3	55	0,98314607	9 5
k inter	32	1,62921348	8 4
séance 2	34	1,57303371	8 5
séance 3	45	1,26404494	9 5
t inter	35	1,54494382	8 4
séance 1	31	1,65730337	8 5
séance 3	33	1,6011236	8 5

Tableau 18 : Evolution motrice et fonctionnelle pour l'alimentation, la déglutition, le langage et la motricité entre 0 et 24 mois (extrait de Puesch et Vergeau, 2004, Orthophonie et oralité, p.125)

4-6	Tenu assis Contrôle de la tête	Babillage rudimentaire	Tétine + débuts à la cuillère + apprentissage boisson ou verre Malaxage	Suckling téter	Diminution du réflexe succion-déglutition	Liquide + semi-liquide / lisse
6-9	Rotation 4 pattes debout	Babillage canonique	Tétine + cuillère + verre Malaxage + début de mastication	Suckling + début sucking Mouvements linguaux latéraux	Début de dissociation entre succion et déglutition	Semi-liquide + mixé

À partir du tableau de l'évolution motrice et fonctionnelle pour l'alimentation, la déglutition, le langage et la motricité entre 0 et 24 mois de Puesch et Vergeau, (2004, p.125), et le graphique de corrélation entre la durée des consonnes et le développement des différents stades de la déglutition, nous pouvons observer que :

- L'enfant accède à la troisième séance à un stade de déglutition autre que celui de la succion ;
- Certains enfants accèdent à la déglutition en lien avec une augmentation de la durée des consonnes.

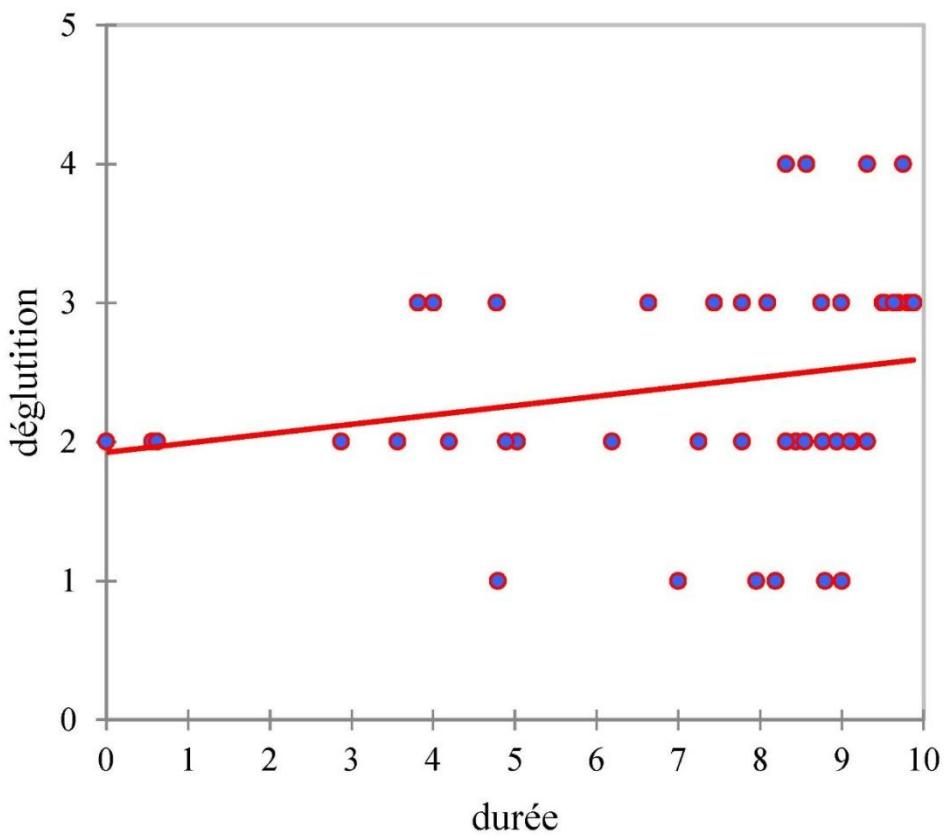


Figure 67 : Corrélation entre la durée de la consonne et le stade de déglutition. En abscisse : durée de la consonne, en ordonnée : passage de la déglutition primaire à la déglutition secondaire

Les cinq enfants ont évolué depuis le stade suckling/téter aux mouvements linguaux latéraux, avec le passage du babillage rudimentaire au babillage canonique, avec production de sons à la 3^{ème} séance qui sont :

Ajar produit en position initiale, les sons [b, d], et en position intervocalique, les sons [p, t, k] avec une majorité de [k].

Quant à Ebrar, en position initiale, elle produit les sons [b, d] et en position intervocalique les sons [t, b, d] avec une majorité pour le [d].

Atiens produit les sons [p, t, b, d] avec une majorité de [t].

Quant à Noah, celui-ci produit les sons [p, k, b, g] avec une majorité de [b] et de [k] en position intervocalique.

Finalement, Ryan produit en position initiale les sons [b, d, g], et en position intervocalique les sons [p, t, k, b, d, g] avec une majorité de [p] intervocaliques.

Chez les cinq enfants, nous pouvons constater la présence de ces différentes consonnes à la dernière séance (séance 3) qui coïncide avec une évolution de l'alimentation, ainsi que de la déglutition.

III.6.2.3 Interprétation synthétique de la présence des consonnes en relation avec la rééducation

La production variable des occlusives [p, b, t, d, k, g] montre que malgré leurs différentes pathologies, les différentes prises en charge orthophoniques qui ont été très spécifiques et uniques pour chacun, en fonction de leur stade alimentaire, leur trouble de l'oralité, leur différence d'âges et leurs différents moyens de compensations. Ces enfants produisent des consonnes non voisées et voisées qui font parties du système de base proposé par Boë *et al.*, (1977). Aussi, à partir du tableau des productions de sons que nous avons analysé auparavant, nous pouvons de manière générale constater que les enfants produisent en ordre décroissant les sons labiaux, coronaux et ensuite vélaires. Il faut souligner que cet ordre d'apparition va changer au sein de la « population fille/garçon » avec une majorité de sons vélaires produits en deuxième position par Ajar, car celle-ci a un stade de déglutition plus avancé par rapport aux autres enfants. Quant aux autres enfants, le patron labial-coronal semble s'installer graduellement, même si un patron labial-vélinaire, ou une apparition préférentielle coronale seule peuvent surgir lors de la rééducation. De telles perturbations sont isolées et transitoires. De ce fait, grâce à la maturation cérébrale et au développement anatomo-physiologique, ces enfants suivent les tendances préférentielles observées chez les enfants « valides », avec la production d'un nouveau patron associatif qui apparaît dont les sons labiaux et coronaux (les sons sont produits avec la pointe de la langue ou une partie de la langue). Sans oublier que ces sons produits s'effectuent avec le contrôle différentiel des gestes, de la langue et de la mandibule (Kern, 2011 et Canault, 2015). Egalement, un travail spécifique dans la diversification alimentaire, en relation avec la déglutition (stimulation supposée de l'aire motrice supplémentaire) a permis le passage des mouvements globaux aux mouvements fins comme ceux de l'apex et des lèvres (Boysson-Bardies, 1996).

Ainsi, ces relations entre la déglutition et l'émergence des occlusives montreraient la nécessité d'envisager le dépistage des troubles oro-faciaux le plus tôt possible, dans le cadre d'une prise

en charge en éducation précoce au stade prélinguistique (avant l'âge de 6 mois), notamment dans l'oralité alimentaire, avant que n'apparaissent des troubles de l'oralité verbale. En conséquence, il est judicieux de proposer une orthophonie préventive permettant de repérer les dysfonctionnements précoces. Egalement, comme Thibault (2012), il me semble que l'analyse des productions vocales prélinguistiques est un élément pertinent dans les bilans du premier âge des enfants présentant des troubles du comportement alimentaire, ou s'inscrivant dans un syndrome identifié ou non.

Après l'étude des consonnes, dont la production nécessite un contrôle spatio-temporel fin des gestes des articulateurs pour réaliser des strictions à des endroits spécifiques dans le conduit vocal, nous proposons de passer à l'exploitation des données formantiques des voyelles. Ces dernières sont caractérisées, sur le plan moteur, essentiellement pas l'ouverture du conduit vocal, avec un couplage étroit entre la langue et la mandibule pour pouvoir créer les configurations adéquates dans le conduit vocal. Ce sont ces configurations, bien spécifiques à chaque voyelle, qui permettent l'apparition des résonances caractéristiques des différents objets vocaliques.

III.7 LES VOYELLES

III.7.1 LIMINAIRES

Nous savons que la voix est déterminée par l'intensité, la fréquence fondamentale (F0) et par la durée des sons émis. Les voyelles se caractérisent par la présence de zones d'harmonies renforcées, appelées « formants ». La configuration des cavités supraglottiques est différente pour chaque voyelle, et donne des valeurs formantiques différentes. Ces cavités supraglottiques sont au nombre de trois sur le plan fonctionnel : les cavités pharyngale, buccale et nasale. Néanmoins, le degré d'aperture de la masse linguale, plus ou moins couplée à la mandibule, la position de la langue, la position des lèvres, ainsi que la position du vélum (permettant le passage ou non de l'air dans les fosses nasales) permettent de modifier la forme ou l'accès à ces cavités.

D'après Fant (1970), les deux premiers formants suffisent à l'identification des voyelles. Quant à la nasalité, les voyelles nasales ont des caractéristiques plus complexes concernant leur description acoustique. Cela signifie que lors de leur production, le voile du palais s'abaisse

laissant le flux d'air accéder aux fosses nasales, permettant la communication avec le conduit vocal.

III.7.2 LES PARAMETRES DE LA VOIX

La voix est caractérisée par l'intensité qui correspond à l'amplitude du signal acoustique, venant de la vibration des cordes vocales et dépendant de la pression sous-glottique. L'intensité se mesure en décibels (dB) et dépend des contextes de communication (voix parlée, chantée, chuchotée...). L'intensité moyenne en conversation varie de 55 à 65 dB (Dupessey *et al.*, 2003 ; Heuillet *et al.*, 1995).

La voix est caractérisée aussi par la hauteur qui se définit comme la fréquence d'oscillation du vibrateur laryngé, correspondant au nombre de cycles d'ouverture et de fermeture des plis vocaux en une seconde, se mesurant en Hertz (Hz). Afin de déterminer la caractéristique fréquentielle d'une voix, on utilise le fondamental ou la fréquence fondamentale (FO). Selon Sarfati *et al.* (2002), le fondamental de l'homme est d'environ 110 Hz et celui de la femme est d'environ 230 Hz.

Finalement, le timbre qui est déterminé par l'intensité des harmoniques constitue, à la source glottique, le son laryngé. Toutefois, les cavités supraglottiques de résonances amplifient ou atténuent certaines fréquences, au passage du son laryngé (né entre les plis vocaux), et donnent la particularité de la voix. Le timbre est composé de plusieurs formants dont les trois premiers : F1, F2 et F3, qui correspondent au timbre vocalique, et les autres formants F4, F5, F6... qui donnent les caractéristiques individuelles de la voix.

- Le premier formant (F1) est déterminé par le degré d'aperture (distance entre la surface de la langue et la voûte palatine, à l'endroit où se réalise l'articulation vocalique) qui permet des voyelles ouvertes (F1 élevé [a] \pm 788 Hz pour le français) et des voyelles fermées (F1 bas [i] \pm 306 Hz pour le français). Celui-ci dépend de l'abaissement du couple langue-mandibulaire qui a un impact sur la longueur de la cavité pharyngale et la largeur de la cavité avant du conduit vocal.
- Le deuxième formant (F2) varie en fonction de la position avant ou arrière de la masse de la langue, entraînant une modification de la taille de la cavité buccale et de la cavité pharyngale, mais également en fonction de la position étirée ou arrondie des lèvres.

Cela permet la production de voyelles antérieures (F2 élevé [i] \pm 2456 Hz) et de voyelles postérieures (F2 bas [u] \pm 750 Hz).

- Le troisième formant (F3) est lié à la labialisation (projection et arrondissement des lèvres). Ainsi, la différence articulatoire entre [i] et [y], qui sont des voyelles fermées antérieures, est l'arrondissement des lèvres pour la production du [y]. En effet, F3 de [y] est d'environ 2535 Hz et celui du [i] est d'environ 3339 Hz. (Tableau des valeurs moyennes *in Calliope*, 1989, cité par Georgeton *et al.*, 2014, p 149). En conséquence, chez l'adulte, F1 varie entre 250 et 700 Hz et F2 varie entre 700 et 2500 Hz (Daran et Roucoult, 2011, p. 15).

Ces caractéristiques acoustiques des voyelles peuvent se représenter graphiquement, montrant la position des voyelles en fonction de leurs valeurs de F1 et F2. Le système vocalique de nombreuses langues peut être défini ainsi à partir des deux premiers critères cités auparavant, c'est-à-dire l'aperture et le lieu d'articulation qui sont plus ou moins liés à F1 et F2, respectivement. Il faut souligner que cette relation est loin d'être linéaire.

Les voyelles cardinales ont pour fonction de servir de référence, de point de comparaison pour la description et le classement des réalisations de toutes les langues du monde.

Ces voyelles cardinales sont [i], [a] et [u], dont la pointe du triangle présente la voyelle ouverte [a], alors que la base présente les voyelles fermées [i] et [u]. Entre les extrémités du triangle se situent les autres voyelles, notamment les voyelles mi-ouvertes et mi-fermées, en français.

Toutefois, il faut souligner que dans notre recherche, nous étudions le cas d'enfants dont les caractéristiques anatomo-physiologiques sont différentes de celles de l'adulte. En effet, à la naissance, l'enfant possède un conduit vocal, des articulateurs et des cavités de résonance qui n'ont pas encore leurs tailles et leurs formes définitives. En conséquence, il faut définir les paramètres de la voix de l'enfant en les distinguant de ceux de l'adulte (Daran et Roucoult, 2011).

III.7.3 LA VOIX ET LES VALEURS FORMANTIQUES DE L'ENFANT (ENTENDANT)

Dans la littérature, des études (Safarti *et al.*, 2002, Vorparian et Kent, 2007) ont pu décrire la voix de l'enfant entendant en lui donnant des valeurs normatives. Selon Vaporian et Kent (2007), le fondamental laryngé (F0) évolue avec la croissance de l'enfant, se traduisant par une

variation entre 300 à 600 Hz, chez le nourrisson, pour se stabiliser à 9 mois. Ces données avaient déjà attestées dans un travail de Kent et Murray (1982), montrant que le F0 décline jusqu'à l'âge adulte, avec un déclin très important entre 12 mois et 3 ans. De 3 à 5 ans, le F0 est de 250 Hz, et continue à diminuer entre 6 et 11 ans. D'après Ménard (2002), le F0 tend à diminuer avec l'augmentation de la taille des plis vocaux et la croissance du conduit vocal. En 1990, Ryalls *et al.* étudient les normes phonétiques de base pour l'enfant franco-qubécois, dont voici le tableau (Tableau 19).

*Tableau 19 : Normes phonétiques de l'enfant franco-qubécois (Ryalls *et al.*, 1990)*

Formant 1 (en Hertz)											
	/i/			/a/			/u/				
	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:	F:	
garçons:											
1.	326	(18)	29	882	(77)	27	333	(17)	30		
2.	322	(60)	30	633	(139)	17	348	(70)	30		
3.	322	(41)	30	825	(188)	16	376	(48)	30		
4.	404	(47)	30	775	(85)	26	391	(52)	29		
5.	324	(15)	30	643	(102)	23	312	(15)	30		
M=	340			752			352				
ét=	(36)			(110)			(32)				
filles:											
1.	367	(66)	30	935	(109)	24	381	(67)	30		
2.	432	(56)	30	893	(54)	23	427	(63)	30		
3.	395	(39)	30	1003	(59)	30	431	(50)	30		
4.	400	(70)	29	1047	(84)	20	355	(53)	30		
5.	362	(33)	29	1169	(61)	17	356	(24)	30		
M=	391			1009			390				
ét=	(28)			(107)			(37)				
M(10)=	365	(45)	30	881	(96)	22	371	(46)	30		
ét=	(41)			(170)			(38)				
Formant 2 (en Hertz)											
	/i/			/a/			/u/				
	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:	F:	
garçons:											
1.	3118	(318)	9	1886	(93)	30	1343	(538)	20		
2.	3187	(602)	10	1815	(100)	28	1792	(344)	12		
3.	3139	(484)	3	1808	(122)	30	1838	(275)	17		
4.	2640	(157)	22	1826	(86)	30	1339	(921)	7		
5.	2957	(137)	14	1760	(72)	28	1029	(300)	16		
M=	3008			1819			1468				
ét=	(223)			(45)			(342)				
filles:											
1.	3306	(240)	4	2038	(199)	28	1450	(515)	16		
2.	3145	(641)	10	1848	(112)	29	1600	(436)	8		
3.	2949	(229)	11	1916	(65)	29	1087	(76)	25		
4.	3527	(79)	9	1875	(118)	30	761	(105)	13		
5.	3358	(169)	7	1789	(255)	18	1217	(400)	22		
M=	3257			1893			1223				
ét=	(220)			(93)			(326)				
M(10)=	3133	(306)	9	1856	(122)	28	1346	(391)	16		
ét=	(247)			(79)			(340)				

D'autres auteurs ont étudié les formants vocaliques mais avec des valeurs globales de F1 et F2, tels Kent et Murray (1982) avec des enfants de 10 mois. Leurs résultats montrent que F1 est compris entre 700 et 1000 Hz et F2 entre 2250 et 3000 Hz. Egalement, Boysson-Bardies *et al.* (1989) ont examiné cinq enfants français de 10 mois, et leurs données montrent que le F1 moyen est de 878 Hz et le F2 moyen est de 2456 Hz.

Ainsi, les formants dépendent des cavités de résonance et du tractus vocal dans lequel le son laryngé circule. Cela signifie que les valeurs formantiques vont se modifier au cours de l'évolution anatomique de l'enfant. Le conduit vocal du nouveau-né est plus court et plus courbé que celui de l'adulte avec une masse linguale plus courte, un larynx en position élevée et un contact entre le vélo-pharynx et l'épiglotte (Boë *et al.*, 2006 ; 2008), (Kent et Murray,

1982). La croissance du conduit vocal est non linéaire et il commence à ressembler à celui de l'adulte entre 6 et 12 mois, il grandit afin de se rapprocher de celui de l'adulte, à partir de 10 ans (Daran et Roucoult, 2011). D'après Ménard (2002), c'est durant les cinq premières années que la croissance est la plus importante et que les valeurs formantiques diminuent pendant que le conduit vocal s'allonge avec l'abaissement du larynx. En effet, ces valeurs sont en lien avec la largeur et le volume des cavités de résonance. Enfin, vers 12 ans, les différences anatomo-physiologiques sont telles que les valeurs des formants sont différentes chez les garçons et les filles (Ménard, 2002, cité par Daran et Roucoult, 2011, p. 17).

Après avoir développé brièvement ces caractéristiques acoustiques chez l'enfant entendant, nous nous pencherons maintenant sur les valeurs formantiques (F1 et F2), ainsi que sur les espaces vocaliques de nos cinq enfants-patients, en comparaison avec la référence formantique du tableau de Ryalls *et al.*, (1990). Ici aussi, la notion de « référence » mérite d'être relativisée étant donné la grande variabilité caractéristique des substrats physiques (articulatoires, cinématiques, physiologiques, acoustiques...) de la parole. Cette variabilité, inhérente aux données physiques de la parole, est plus saillante dans les productions des enfants, et elle l'est encore plus dans les productions souvent « déviante » ou « atypiques » chez l'enfant souffrant d'un trouble quelconque de l'articulation.

III.7.4 INTERPRETATION DES RESULTATS FORMANTIQUES (Hz)

III.7.4.1 Analyse intralocuteurs (voir Tableau 20, *infra*) :

Le F1 chez les filles

Rappelons que les valeurs formantiques de référence pour le F1 des filles, dont l'âge moyen est de 8 ans 10 mois, sont : F1 [i] = 391 Hz ; F1 [a] = 1009 Hz et F1 [u] = 390 Hz.

Pour Ajar, les valeurs formantiques de F1 sont : [i] = 506 Hz, soit + 115 Hz par rapport à la référence ; [a] = 628 Hz, soit -381Hz par rapport à la référence ; et [u] = 535 Hz, soit + 145 Hz par rapport à la référence. Les valeurs d'Ajar sont supérieures pour les voyelles à aperture fermée, mais inférieure pour la voyelle [a], à grande aperture, par rapport aux données de référence.

En ce qui concerne Ebrar, ses valeurs formantiques de F1 sont : [i] = 706 Hz, soit + 315 Hz par rapport à la référence ; [a] = 973 Hz, soit - 36 Hz par rapport à la référence ; le [u] n'ayant pas

été réalisé en nombre suffisant pour pouvoir calculer une valeur moyenne et un écart-type. Il se peut que la rééducation orthophonique ait été de trop courte durée. Les valeurs d'Ebrar sont supérieures pour la voyelle à aperture fermée [i], et inférieures pour la voyelle [a], à grande aperture, par rapport aux données de référence.

Le F1 chez les garçons

Redonnons les valeurs formantiques de référence pour le F1 des garçons, dont l'âge moyen est de 8 ans 10 mois : F1 [i] = 340 Hz ; F1 [a] = 752 Hz et F1 [u] = 352 Hz.

Chez Atiens, les valeurs formantiques de F1 sont : [i] = 509 Hz, soit + 169 Hz par rapport à la référence ; [a] = 863 Hz, soit + 111 Hz par rapport à la référence. Comme dans le cas d'Ebrar, Atiens n'a pas produit de sons [u], car la rééducation a été trop brève ; un arrêt souhaité par les parents, car Atiens pouvait déglutir, ce qui était l'objectif principal fixé par les parents. Les valeurs d'Atiens sont supérieures pour la voyelle à aperture fermée [i], et le sont aussi pour la voyelle [a] à grande aperture [a], par rapport aux données de référence.

Par rapport à Noah, les valeurs formantiques de F1 sont : [i] = 416 Hz, soit + 76 Hz par rapport à la référence ; [a] = 864 Hz, + 112 Hz par rapport à la référence ; et [u] = 525 Hz, soit + 173 Hz par rapport à la référence. Les valeurs de Noah sont toutes supérieures pour les trois voyelles extrêmes, par rapport aux données de référence.

Enfin, Ryan a les valeurs formantiques de F1 suivantes : [i] = 456 Hz, + 116 Hz par rapport à la référence ; [a] = 829 Hz, + 77 Hz par rapport à la référence ; et [u] = 548 Hz, + 196 Hz par rapport à la référence.

Analysons maintenant les valeurs de F2 pour nos enfants-patients.

Le F2 chez les filles

Les valeurs formantiques de référence pour le F2 des filles, dont l'âge moyen est de 8 ans 10 mois, sont : F2 [i] = 3257 Hz ; F2 [a] = 1893 Hz et F2 [u] = 1223 Hz.

Pour Ajar, les valeurs formantiques de F2 sont : [i] = 1639 Hz, - 1618 Hz par rapport à la référence ; [a] = 1438 Hz, -445 Hz par rapport à la référence ; et [u] = 1778 Hz, + 555 Hz par rapport à la référence. Les valeurs d'Ajar sont inférieures pour le [i] voyelle à aperture fermée,

mais supérieures pour la voyelle [a], à grande aperture, et pour le [u] à petite aperture, par rapport aux données de référence.

Quant à Ebrar, les valeurs formantiques de F2 sont : [i] = 2067 Hz, soit - 1190 Hz par rapport à la référence ; [a] = 1847 Hz, soit - 46 Hz, comparable à la référence ; nous ne disposons pas de données pour le [u]. Les valeurs d'Ebrar sont inférieures pour le [i], voyelle à aperture fermée, mais comparable pour la voyelle [a], à grande aperture, par rapport aux données de références.

Le F2 chez les garçons

Les valeurs formantiques de référence pour le F2 des garçons, dont l'âge moyen est de 8 ans 10 mois, sont : F2 [i] = 3008 Hz ; F2 [a] = 1819 Hz et F2 [u] = 1468 Hz.

En ce qui concerne Atiens, les valeurs formantiques de F2 sont : [i] = 1664 Hz, soit - 1344 Hz par rapport à la référence ; [a] = 1606 Hz, soit - 213 Hz par rapport à la référence ; et pas de données disponibles pour le [u]. Les valeurs d'Atiens sont ainsi inférieures pour le [i] voyelle à aperture fermée, et de peu pour la voyelle [a], à grande aperture, par rapport aux données de référence.

Pour Noah, les valeurs formantiques de F2 sont : [i] = 1679 Hz, soit - 1329 Hz par rapport à la référence ; [a] = 1456 Hz, soit - 363 Hz par rapport à la référence ; et [u] = 2148 Hz, soit + 680 Hz par rapport à la référence. Les valeurs de Noah sont inférieures pour le [i] voyelle à aperture fermée, et aussi pour la voyelle [a], à grande aperture, mais supérieures pour le [u] à petite aperture, par rapport aux données de référence.

Ryan affiche les valeurs formantiques de F2 suivantes : [i] = 1511 Hz, soit - 1497 Hz par rapport à la référence ; [a] = 1491 Hz, soit - 328 Hz par rapport à la référence ; et [u] = 1209 Hz, soit - 259 Hz par rapport à la référence. Les valeurs de Ryan sont toutes inférieures pour les trois voyelles extrêmes.

Tableau 20 : Comparaisons formantiques

	voyelles	Ajar		Ebrar		Atiens		Noah		Rayan		Ref	Ref
		Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Fille	Garçon
F1 Hz	[i]	506	125	706	56	509		416	68	456		391	340
	[a]	628	180	973	181	863	160	864	291	829	124	1009	752
	[u]	535	121					525		548		390	352

	voyelles	Ajar		Ebrar		Atiens		Noah		Ryan		Ref	Ref
		Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Fille	Garçon
F2 Hz	[i]	1639	611	2067	721	1664		1679	433	1511		3257	3008
	[a]	1438	462	1847	326	1606	110	1456	495	1491	308	1893	1819
	[u]	1778	246					2148		1209		1223	1468

Nous pouvons synthétiser ces données spectrales en comparant, lorsque c'est possible (c'est-à-dire quand nous disposons de données pour les trois voyelles extrêmes de l'espace vocalique pour nos enfants-patients), les données de références avec celles de nos sujets.

III.7.4.1.1 Espace vocalique

III.7.4.1.1.1 Ajar et son espace vocalique

Ainsi, pour Ajar, on remarque une réduction nette de l'espace vocalique. Cela provient de la *centralisation* de formants F1 et F2, avec le F1 du [i] et du [u] qui augmentent, alors que celui du [a] diminue. Cette réduction-centralisation de l'espace vocalique est provoquée aussi par une réduction du F2 de [i] et de [a], accompagnée d'une augmentation du F2 du [u] (voir Figure 68 pour Ajar et Figure 69, figure de référence).

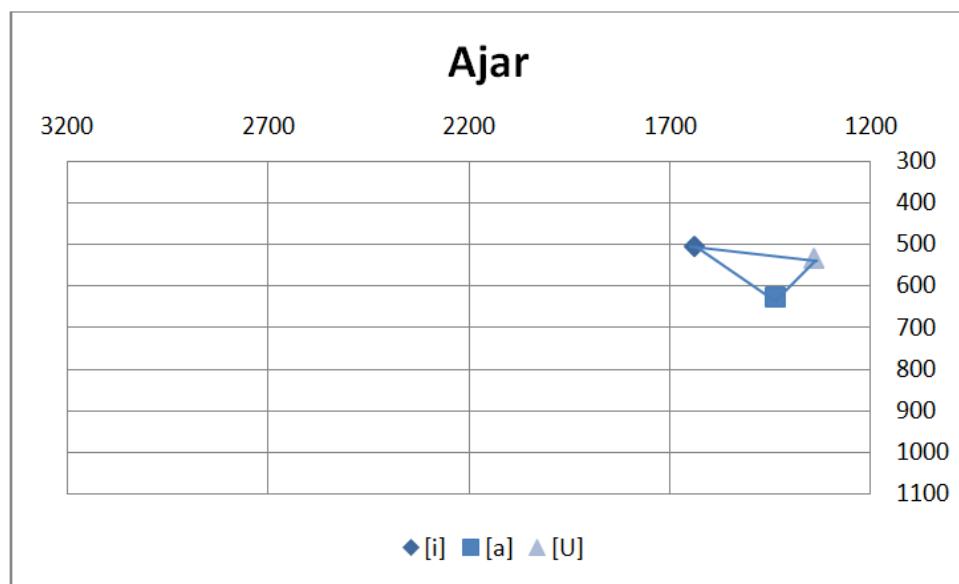


Figure 68 : Espace vocalique d'Ajar

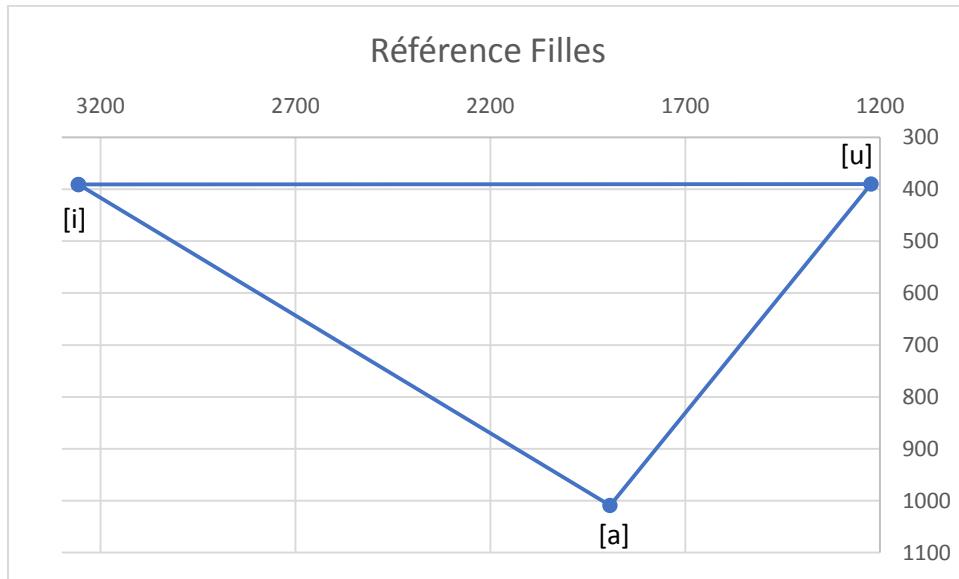


Figure 69 : Espace vocalique de référence : filles

III.7.4.1.1.2 Ebrar et son espace vocalique

Remarque : Ebrar ne produit pas de sons [u] pendant l'enregistrement.

Donc, il nous est impossible de réaliser le triangle vocalique

III.7.4.1.1.3 Atiens et son espace vocalique

Remarque : Atiens ne produit pas de sons [u] pendant l'enregistrement.

Donc, il nous est impossible de réaliser le triangle vocalique

III.7.4.1.1.4 Noah et son espace vocalique

Cette réduction-centralisation de l'espace vocalique se confirme chez Noah aussi, même si la valeur de son F1 a tendance à augmenter par rapport à la valeur de référence. Ce sont les effets combinés de l'augmentation des F1 des deux voyelles hautes, de la réduction du F2 du [i] et du [a], ainsi que l'augmentation de F2 du [u] qui sont responsables de ce phénomène de centralisation-réduction de l'espace vocalique de ce locuteur (voir Figure 71, figure de référence et Figure 70 pour Noah).

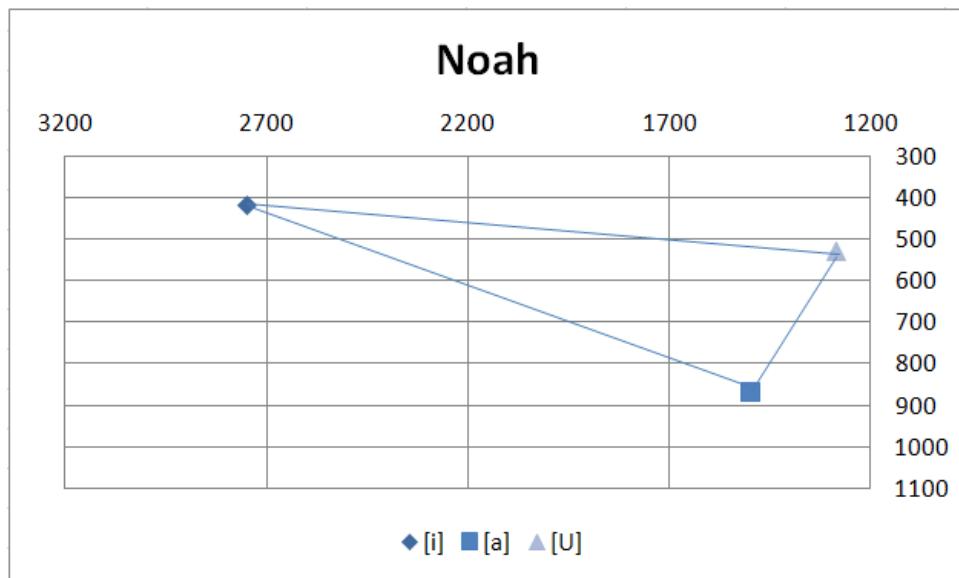


Figure 70 : Noah et son espace vocalique

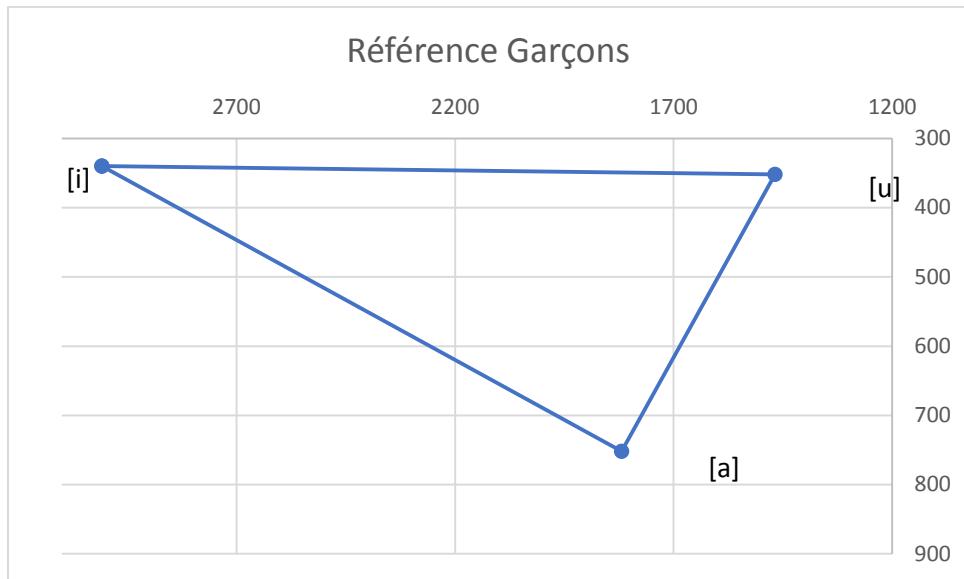


Figure 71 : Espace vocalique de référence garçons

III.7.4.1.1.5 Ryan et son espace vocalique

Nous retrouvons un scénario comparable chez Ryan, qui augmente sensiblement le F1 pour le [i] et le [u], et légèrement pour le [a], par rapport à la référence. Cela provoque une centralisation sur cette dimension. En ce qui concerne son F2, les valeurs des trois voyelles sont réduites, par rapport aux données de références, ce qui induit une certaine « déformation » de l'espace vocalique (voir Figure 73, figure de référence et Figure 72 pour Ryan).

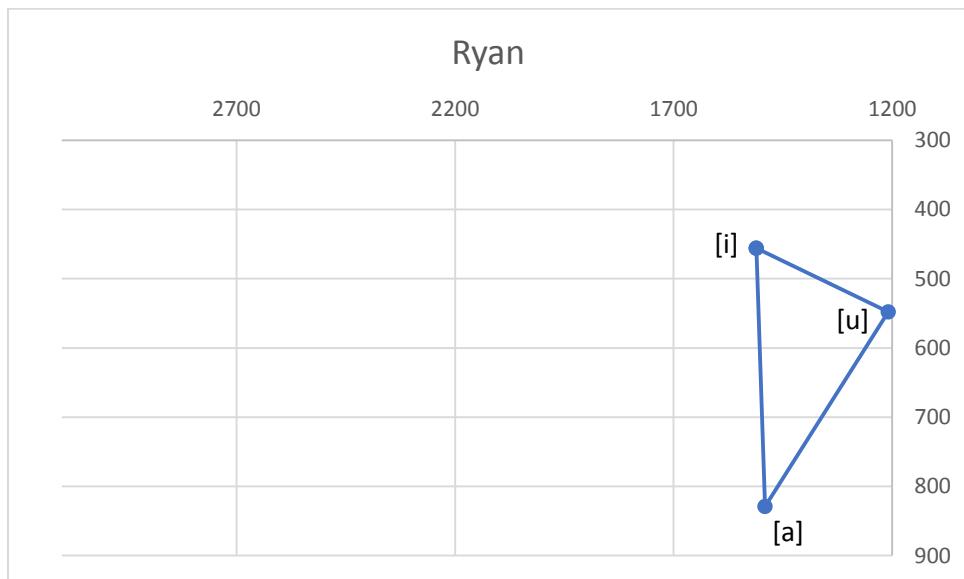


Figure 72 : Ryan et son espace vocalique

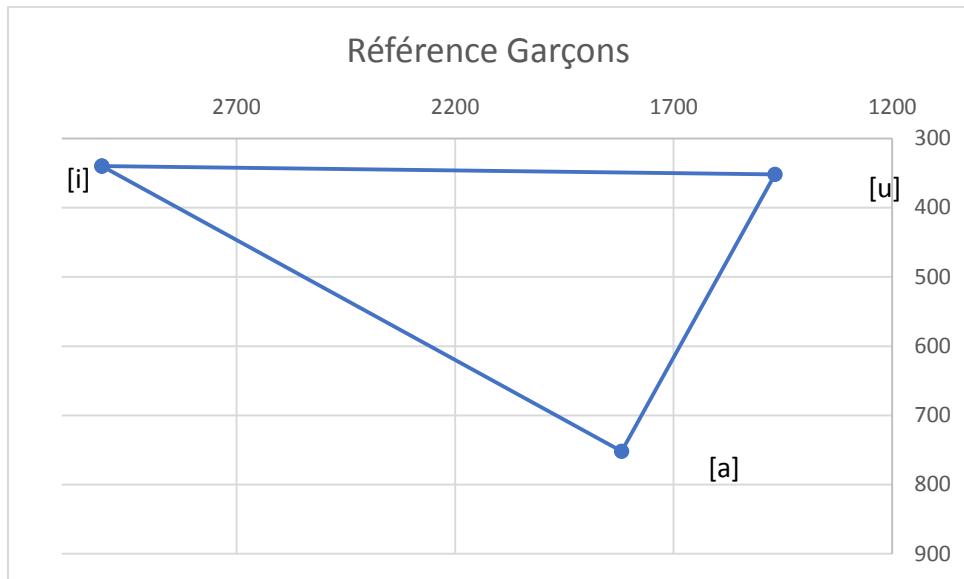


Figure 73 : Espace vocalique de référence garçons

III.7.4.2 Analyses interlocuteurs

En résumé, on peut dire que ce qui est généralisable à travers les trois locuteurs dont nous avons projeté les espaces vocaliques est le phénomène de réduction-centralisation. L'écart des valeurs formantiques par rapport aux données de références peut, parfois, aboutir à des formes inhabituelles de l'espace vocalique, en comparaison avec les espaces vocaliques canoniques de locuteurs dits sains.

La déviation des valeurs des formants de nos enfants-patients par rapport aux « normes » est indicative de « ratages » de cibles vocaliques, plus ou moins prononcés selon les locuteurs. En outre, les valeurs relativement élevées des écarts-types révèlent, ici aussi, une maîtrise des gestes des articulateurs pour produire les voyelles qui ne sont pas encore bien installées.

On peut souligner que trois enfants sur cinq, malgré les pathologies qu'ils présentent (une neuropathie centrale et périphérique chez Ryan, une leucodystrophie chez Ajar, une quadriplégie spastique associée à la maladie de Lesch-Nyhan chez Noah), arrivent néanmoins à produire les trois voyelles extrêmes, avec des valeurs formantiques permettant la réalisation de leur espace vocalique. Les espaces projetés et analysés s'éloignent plus ou moins significativement de la « norme » des enfants attestée dans la littérature.

Nous posons que tous les enfants sont capables de produire tous les sons vocaliques présents dans l'inventaire du système vocalique du français, à condition que la rééducation orthophonique soit bien adaptée à la pathologie et qu'elle puisse être menée à terme.

D'ailleurs le Tableau 21 : Nombre de voyelles produites en ordre décroissant [a, o, i, ε, u], ci-dessous, donne un aperçu de la présence de ces voyelles du système vocalique du français dans le corpus, aussi limité qu'il puisse l'être. Le [a], comme attendu, est le plus fréquent dans le corpus ; c'est la voyelle qui exige le moins de feedback proprioceptif.

Tableau 21 : Nombre de voyelles produites en ordre décroissant [a, o, i, ε, u]

	Ajar	Ebrar	Atiens	Noah	Ryan	total		TOTAL POPULATION
Voyelles (nombres)						Filles	Garçons	
[U]	16	2	1	3	3	18	7	25
[a]	26	22	3	29	29	48	61	109
[ə]	1					1		1
[y]	3			2		3	2	5
[o]	15		4	3	7	15	14	29
[ɔ]	1				4	1	4	5
[e]	4	3	2			7		7
[u]	13			1		13	1	14
[ã]	1			5	3	1	8	9
[ɛ̃]	2			1		2	1	3
[ɛ]	5	14	2	2	1	19	5	24
[ø]		2		1		2	1	3
[ɔ̃]	1				2	1	2	3

III.8 SYNTHESE : A PROPOS DES CONSONNES ET DES VOYELLES

III.8.1 SYNTHESE DE L'ETUDE DES CONSONNES ET DES VOYELLES

A partir de notre recherche, nous constatons que tous les enfants produisent les consonnes occlusives labiales ; il s'agit là de la catégorie de prédilection dans l'émergence des consonnes du français, chez nos enfants-patients. Viennent ensuite les coronales. Quant aux sons vélaires, leurs apparitions sont plus rares, par rapport aux catégories labiales et coronales. Combiner le geste supraglottique avec une activité laryngienne est parfois problématique pour certains locuteurs, mais cette tâche finit par être maîtrisée à la troisième séance de la rééducation orthophonique.

Le fait de pouvoir réaliser les occlusives [p, b, t, d, k, g] montre, malgré leurs différentes pathologies, les différentes prises en charge orthophonique qui ont été très spécifiques et uniques pour chacun en fonction de leur stade alimentaire, leur trouble de l'oralité, leurs différence d'âges et leurs différents moyens de compensations, que ces enfants produisent

des consonnes non voisées et voisées qui font parties du système de base proposé par Boë et al., (1977).

Grâce à la maturation cérébrale et au développement anatomo-physiologique, ces enfants suivent les tendances préférentielles observées chez les enfants « valides », avec la production d'un nouveau patron associatif qui apparaît, dont les consonnes labiales et coronales (les sons sont produits avec la pointe de la langue ou une partie de la langue). Toutefois, malgré cette tendance préférentielle labiale-coronale, nous avons observé une production plus importante de vélaires par rapport au dentales, notamment chez Ajar, qui est quasi la seule enfant à produire un maximum de vélaires. Cette production de vélaire pourrait être expliquée par son stade de « transition » de la déglutition primaire à la déglutition secondaire. Par rapport aux garçons, il convient de tenir compte de la courte période de la rééducation orthophonique, notamment chez Atiens. Ce facteur peut sous-tendre l'absence de certaines consonnes dans l'inventaire de leurs systèmes.

L'étude du VOT a révélé une maîtrise d'une coordination oro-laryngée en devenir chez nos enfants-patients ; l'augmentation de la durée de ce paramètre temporel articulatori-acoustique des labiales aux vélaires, en passant par les coronales est seulement une tendance. De surcroît, étant donné la forte variabilité dans les données de ce paramètre, tout comme dans celle des tenues consonantiques (écart-types souvent remarquablement élevés), on peut dire que l'émergence des gestes consonantiques, ainsi que ceux qui devraient être déployés pour les transitions consonnes-voyelles, ne sont pas encore complètement achevés chez nos enfants-patients.

Quant aux voyelles, les cinq enfants produisent les sons [a, o, i, ε, u] de manière décroissante, mais uniquement trois enfants sur cinq permettront la réalisation des espaces vocaliques, dont deux se rapprochant davantage de l'espace de référence. Rappelons que, d'après Boë (1997), les voyelles produites de manière privilégiée seraient les voyelles [i, a, u, ə, o]. Il faut souligner que les sons [i, u] demandent un contrôle et un maintien des gestes de la langue et de la mandibule plus précis que le son [a], que nos enfants-patients produisent sans aucune difficulté.

Egalement, l'étude du nombre de productions syllabiques, de consonnes + voyelles (CV), montre la présence des syllabes [pa, pa, pa] en plus des syllabes [ba, ba, ba], et non exclusivement de [ba, ba, ba], selon MacNeilage (1998). MacNeilage (1998) pose aussi que les

liens articulatoires vocants/closants donnent naissance à la production de syllabes telles que bababa, dédédé, gogogo, suite au développement neurologique. Cependant, nous remarquons qu'il n'existe pas de vocants antérieurs qui soient précédés de closants coronaux [de, de, de], mais des productions de sons [ta, ta, ta, da, da, da]. Au total, nos données indiquent que ce n'est pas uniquement le geste cyclique mandibulaire qui devrait être pris en compte, lors de l'émergence du langage, mais aussi celui de la protrusion linguale, un geste lingual qui joue un rôle centrale lors de la succion-déglutition. Nous rentrerons dans les détails, pour ce qui concerne le rôle des différents articulateurs dans la mise en place des sons de la parole, lors de nos conclusions.

Aussi, nous pouvons souligner qu'un travail spécifique dans la diversification alimentaire en relation avec la déglutition (stimulation supposée de l'aire motrice supplémentaire) a permis le passage des mouvements globaux aux mouvements fins comme ceux de l'apex et des lèvres ce qui permet de défendre la théorie de Boysson-Bardies (1996).

III.9 DISCUSSION GENERALE

III.9.1 RAPPEL DES DIFFERENTES THEORIES DE LA PERCEPTION ET DE LA PRODUCTION DE LA PAROLE

Nous rappelons ici ces théories, au terme de notre travail, afin de voir dans quel cadre conceptuel nos résultats peuvent être rationalisés.

Les théories interactionnelles défendent l'idée que la perception et la production de la parole ne peuvent être séparées (Sock, 1998 ; Schwartz *et al.*, 2012). Parmi ces théories, nous retrouvons les théories auditives qui expliquent que les indices phonologiques sont le support de la perception et de la production de la parole. Tandis que les théories motrices affirment, elles, que les unités motrices sont le socle des deux processus. En 1996, Kent identifié sept modèles :

1. Les modèles de rétroaction développés par Perkell *et al.*, (2004) qui consistent à dire que les mécanismes responsables de la production de la parole se basent sur un modèle qui emmagasine et mémorise les informations relatives à l'articulation et au signal acoustique. Cela signifie que l'enfant utilise la rétroaction auditive pour comparer et corriger ses productions verbales. Ce modèle interne est appelé « feedforward » (emmagasiner cette correspondance).
2. Les modèles de système dynamique, introduits par Bellman dans les années 1960 (« dynamic programming »), qui mettent en évidence qu'à chaque étape de la programmation dynamique, on retient les informations concernant les hypothèses intermédiaires de façon à pouvoir créer la solution globale optimale.
3. Les modèles de patrons gestuels qui décrivent les interactions entre les mouvements et l'environnement (Brownman et Goldstein, 1989, 1992) basées sur l'approche du réalisme direct proposée par Fowler (1980). Selon ces théories, la position des articulateurs de la parole serait directement perçue par les auditeurs, plutôt que le produit acoustique des articulateurs.
4. Les modèles connexionnistes développés par Mc Clelland *et al.* (1995); Schultz *et al.* (1995); Mac Whinney *et al.* (1989) qui permettent de comprendre le développement cognitif en créant une analogie générale, avec le fonctionnement neurobiologique du cerveau, et de modéliser l'activité cérébrale, ainsi que les processus moteurs biomécaniques, sensoriels impliqués dans la production de parole.

5. Les modèles de sous-système permettent de distinguer la phonétique (études des sons de la parole appelés phones), de la phonologie (études des sons à valeur linguistique, soit les phonèmes en relation avec un signifié), dans la tradition structuraliste-fonctionnaliste.
6. Les modèles composites qui ont permis d'expliquer l'invariance au niveau phonétique, telle que la théorie de Lindblom (1993,2000) de *hyper* et *hypo-speech* (H&H). Ainsi, durant l'acquisition de la parole, l'enfant développe une conscience de la quantité d'information nécessaire à mettre explicitement dans le signal de parole, afin que l'auditeur comprenne le mot produit dans un contexte spécifique.
7. Les modèles de programme moteur de la parole cherchent à expliquer comment nous organisons et envoyons des commandes aux muscles qui doivent produire les mouvements complexes de la parole (Gracco, 1990; Kent, 1981; Macneilage, 1970; Schmidt, 1975; Sternberg *et al.*, 1988). Pour ces auteurs, l'unité minimale et invariante, et transformée par la suite en un signal acoustique variable. Cela veut dire que les enfants forment un modèle-cadre moteur pour les mots, lorsqu'ils apprennent à parler, et ce modèle cadre serait ajusté à l'aide de rétroactions tactile, kinesthésique et auditive.

Après avoir résumé ces sept modèles identifiés par Kent (1996), et en tenant compte de la pathologie de nos enfants-patients, nous tâcherons, dans ce qui suit, de discuter nos données dans le cadre de certaines de ces théories.

III.9.2 LES THEORIES MOTRICES DE LA PERCEPTION-PRODUCTION DE LA PAROLE

Parmi les théories motrices de la perception de la parole, il y a celles de Liberman et Mattingly (1985) qui considèrent que les gestes articulatoires interviennent dans la perception de la parole. Pour eux, la perception ne repose pas uniquement sur la réception acoustique dans la mesure où les patrons formantiques et vocaliques des phonèmes ne sont pas identiques dans la chaîne parlée, mais sur l'invariance des patrons articulatoires utilisés lors de la production de parole ; c'est-à-dire, la réception de la parole est la récupération de gestes articulatoires qui sont planifiés. Ainsi, selon la théorie de Liberman, l'auditeur comprend le locuteur grâce à l'activation de représentations articulatoires, lors de l'écoute de sons de parole (Schwartz, *et al.*, 2011). On peut émettre ici l'hypothèse que nos enfants-patients arrivent à produire

quelques sons, voire quelques syllabes et mots, grâce à une capacité à récupérer ces invariants articulatoires à partir des productions de l'interlocuteur.

Cette théorie motrice de la perception de la parole a un intérêt croissant depuis la découverte des neurones miroirs. « Comme le singe, l'homme possède un système de neurones miroirs dans les régions motrices et grâce à l'imagerie cérébrale (Fadiga *et al.*, 2002). Cette hypothèse a permis d'explorer le fonctionnement des sons verbaux et non verbaux en activant les représentations motrices dans le cerveau humain. Rappelons que leurs résultats montrent que lorsqu'un sujet écoute des stimuli langagiers, tout comme un enfant paralysé cérébral, les centres moteurs de la parole se sont activés de manière spécifique. De même, les gestes orofaciaux s'activeraient en miroir à l'écoute de la parole de l'interlocuteur et les aires proprioceptives du cortex somato-sensoriel, liées aux mouvements de la bouche, s'activeraient à l'écoute d'un interlocuteur. Donc, le système de neurones miroirs soutiendrait l'hypothèse d'une perception motrice de la parole. Cependant, certaines théories de la perception de la parole « *cherchent à dégager un équilibre entre les versants articulatoires et auditifs* » selon Dubois, (2009), par exemple. Dans cette perspective, les perturbations, induites par de déviances ou des dysfonctionnements anatomo-fonctionnelles, comme c'est le cas chez nos enfants-patients, peuvent une réorganisation du système de la production et de la perception de la parole. Néanmoins, les sons, phonèmes, syllabes, phrases... produits restent tout de même dans un espace dit « *viable* » (Sock, 1998, 2001 ; Sock et Vaxelaire, 2004, cité par Bechet, 2011, p.50). C'est-à-dire que même si les gestes articulatoires possèdent des formes variables, voire non canoniques qui sont liés à leur contexte de production, le domaine de viabilité est défini, entre autres, par un couplage étroit entre le locuteur et l'auditeur.

Nous pouvons citer aussi une autre théorie de la perception de la parole qui est la PACT (Théorie de la Perception pour le Contrôle de l'Action), défendue par Schwartz *et al.*(2002 ; 2010), qui mettent en évidence le fait que le système perceptif phonologique imposerait un contrôle sur la production articulatoire et que les répétitions et les régularisations articulatoires moduleraient le système phonologique. De plus, l'apport des neurosciences notamment dans la théorie de l'échantillonnage asymétrique et les rythmes corticaux endogènes défendue par Giraud (2008) montre que le système auditif s'est adapté pour comprendre la parole telle qu'elle est produite par le système moteur humain. Cette adaptation du système auditif pourrait, selon nous, s'étendre jusqu'aux productions atypiques ou pathologiques. C'est ainsi que nous posons que la récupération des patrons articulatoires

de parents et/ou de l'entourage par nos enfants-patients, lors de la perception de la parole, permettrait l'apprentissage de nouveaux mots.

Il est vrai, suivant Kern *et al.* (2008), qu'une meilleure maîtrise du contrôle articulaire est un des facteurs favorisant l'explosion lexicale. Cette approche du développement articulaire est à mettre en relation avec la maturation d'un meilleur contrôle de la motricité bucco-linguo-faciale. La production de la parole demande une coordination spatio-temporelle de l'appareil respiratoire, du larynx et des organes bucco-phonateurs. Toutefois, le système moteur bucco-facial du très jeune enfant ne possède pas encore ce potentiel de complexité. Aussi, des changements anatomiques et cognitifs se dérouleront jusqu'au moment de l'âge adulte, avec un contrôle fin des articulateurs se situant entre 5 et 6 ans (Green *et al.*, 2000). Ce contrôle des articulateurs est un fondement de base du modèle biomécanique de Mac Neilage et Davis (1990), appelé la théorie du « Frame/Content » qui s'appuie sur le fait que le babillage apparaît à 6 mois, chez tous les enfants « pseudo normaux » du monde (théorie universelle), quel que soit l'environnement linguistique (Lalevee et Vilain, 2006). Le babillage présente des caractéristiques universelles par le fait que les cycles mandibulaires sont identiques pour toutes les langues maternelles, sauf pour les enfants sourds qui ont une production réduite (Mc Caffrey *et al.*, 1998).

Rappelons que, d'après la théorie « Frame/Content », le rôle de la motricité dans les productions du babillage est fondamental, puisque le babillage est généré à la base par le système de contrôle neuromoteur de la mandibule qui permet le cycle d'oscillation mandibulaire (Mac Neilage, 1998), en particulier par ses rythmes d'oscillations spontanés (ouverture et fermeture de la mandibule). Aussi, des fonctions prélinguistiques se développeront telles que la succion, la mastication, la déglutition, ainsi que la respiration qui seront « les socles fondamentaux » à la production de l'articulation. Le rythme est ainsi sous le contrôle du geste mandibulaire, grâce à l'évolution des contrôles moteurs, et l'oscillation mandibulaire fournirait le « cadre » (frame) articulaire dont le « contenu » (content) serait donné par les mouvements de la langue.

Nous posons, d'après nos données, que pour l'émergence de la parole, et notamment chez les enfants-patients, il convient de davantage diversifier les patrons articulatoires. Cela suppose que l'émergence ne repose pas uniquement sur les gestes qui sous-tendent l'apparition des « cadres » et des « contenus ». Il faudrait prendre en considération d'autres gestes au sein du

conduit vocal qui sont critiques ou essentiels, étant à la base d'une émergence future du langage.

Ces gestes sont des mouvements de succion, à savoir les mouvements de protrusion, d'avant-arrière, de la langue. En résumant le mécanisme de la déglutition secondaire (revoir les détails dans la *section 4*), toutes les régions de la langue sont mobilisées, ainsi que les lèvres pour la saisie alimentaire. L'apex vient s'appliquer à la voûte palatine, exerçant ainsi une certaine force linguale à ce niveau. La base de la langue recule, et le velum, ainsi que l'épiglotte sont activés pour éviter des fausses-routes alimentaires. Rajoutons que lors de la prise alimentaire, le binôme mastication-déglutition est fonctionnel, ce qui permet des rythmes d'oscillations mandibulaires, linguaux et coordination avec des gestes du velum. Rappelons aussi le rôle essentiel de la diversité et de la texture alimentaire dans le développement des gestes linguaux, qui coïncide avec le « passage » nécessaire de la déglutition primaire à la déglutition secondaire.

Ce sont tous ces mouvements, adéquatement contrôlés, qui seraient à la base de l'émergence de la parole.

III.9.3 A PROPOS DE NOTRE HYPOTHESE PRINCIPALE DE DEPART : EN GUISE DE CONCLUSION...

Notre hypothèse de départ se situait principalement dans le domaine de la production de la parole. Acceptant que la compétence langagière se construise à partir de la mise en place précoce de coordinations gestuelles appropriées, de séquences sonores associées à une intention communicative et à des informations contextuelles, nous avions posé l'existence d'une corrélation entre le développement de la déglutition-mastication et l'émergence de la parole. Sous-jacents à cette corrélation, serait le développement du contrôle de la mandibule, ainsi que celui des articulateurs de la sphère oro-faciale (langue, lèvres, voile du palais). En outre, une maturation du contrôle cortical permettrait le développement, aussi bien de la déglutition, que d'une boucle sensori-motrice corticalisée, en relation avec l'évolution des productions vocales de l'enfant, et plus précisément ici, de l'enfant-patient.

Notre hypothèse principale de départ à été largement vérifiée, même s'il convient de nuancer cette affirmation étant donné la grande variabilité observée dans nos données. Ainsi, parler

d'une corrélation entre le développement de la déglutition-mastication et l'émergence de la parole chez nos enfants-patients n'est qu'une tendance générale que nous avons observée.

Nous pouvons seulement conclure sur l'existence d'un lien étroit entre la phonation et la déglutition dans les réalisations simultanées de gestes articulatoires pour produire des catégories phonétiques et linguistiques, chez nos enfants-patients. L'apparition graduelle des différents sons du langage correspondrait à la nature consécutive de l'évolution linguistique, qui permettrait l'émergence de la parole.

Limites de l'étude

Dans cette étude, il faut tenir compte des limites dans la fiabilité des analyses relatives aux conditions d'enregistrements (calibrage du micro, environnement, distance micro patient, contraintes méthodologiques,...), aux stades des séances qui étaient différents à chaque enfant, aux âges et aux pathologies différentes. Il aurait été encore plus intéressant d'analyser les productions d'enfants plus jeunes, puisque plus la stimulation est précoce, plus l'émergence de la parole démarrera plus tôt. En d'autres termes, dans le cadre des enfants paralysés cérébraux, plus les stimulations sont précoces, moins l'enfant développera des schèmes moteurs pathologiques, en tenant compte de la plasticité cérébrale, bien connue.

Sur le plan méthodologique, un enregistrement vidéo aurait pu apporter des informations supplémentaires. De plus, les transcriptions en A.P.I. semblent manquer de précision pour décrire minutieusement les productions de l'enfant dans le cas de troubles de la parole.

Prolongements de l'étude

Il serait judicieux de poursuivre cette étude avec un nombre plus important de sujets mais en précisant davantage les critères de « sélection », afin de pouvoir établir un protocole « expérimental » plus robuste.

IV BIBLIOGRAPHIE

ABADIE, V., « L'approche diagnostique face à un trouble de l'oralité chez l'enfant », *Archives de Pédiatrie*, 2004 ; 11 : 603-605.

ABRY, C., LALLOUACHE, M.T. Audibility and Stability of articulatory movements. Deciphering two experiments on anticipatoty rounding in French. International Congress of Phonetic Sciences, vol 1, pp.220-225, 1991.

ABRY, C., STEFANUTO, M., VILAIN, A., LABOISSIERE, R. Que nous apprennent les « Tan tan » du Tan de Broca sur l'hypothèse d'une synthèse émergeant du babilage ? In KELLER D., DURAFOUR J-F., BONNOT J-F., SOCK, Percevoir : monde et langage : invariance et variabilité du sens vécu, Mardaga, (Eds.) 2001 : 241 – 260.

ACHER, A., « Corrélats cérébraux de l'adaptation de la parole après exérèse de la cavité orale »; thèse de doctorat, Université de Grenoble, 2014.

ALLEXANDRE, A., Trouble de la motricité bucco-faciale et difficultés articulatoires et de parole chez l'enfant IMC : relation et intérêt d'une éducation commune et harmonieuse, Sphère bucco-faciale, Motricité Cérébrale, Masson, 2004.

AMIEL-TISON, C., L'infirmité motrice d'origine cérébrale, Masson, 1997.

AMIEL-TISON, C., Anomalies neurologiques et troubles du langage. Quelques règles de bonne pratique, Rééducation orthophonique, 250, juin 2012.

AUBIN, PINELLI J., SYMINGTON A., Non-nutritive sucking for promoting physiologic stability and nutrition in preterm infants. Base de Données des Analyses Documentaires Systématiques Cochrane, 4^{ème} Édition, 2007.

BANDELIER, E., Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant Pistes de Prises en charge, Ortho-Edition, 2015.

BARBIER, P., PERRIER, P., MENARD, L., BOË, L.-J. Contrôle lingual en production de parole chez l'enfant de 4 ans : Une méthodologie associant une étude articulatoire et modélisation biomécanique. Communication dans un congrès, 14^{ème} édition des Rencontres des étudiants chercheurs en informatique pour le traitement automatique des langues, Grenoble, Juin 2012.

BARTHELEMY, Mémoire d'orthophonie, « Les Maux à la bouche », Strasbourg, 2010.

BAX, M., Terminology and classification of cerebral palsy. *Child Neuro*, 6, 295-297, 1964.

BAX, M., GOLDSTEIN, L., ROSENBAUM, P., LEVITON, A., PANETH, N., Dan, B., Jacobson, B., Damiani, D., Proposed, definition and classification of CP, April 47: Introduction -DEV, MED Child Neurol. 47: 571-576, 2005.

BECHET, M., Perturbation de la production des occlusives chez des locuteurs présentant une division palatine ou labio-palatine, Thèse de doctorat en Sciences du langage, Strasbourg, 2011.

BENABDESELAM, L., De la tétée à la cuillère, Bien nourrir mon enfant de 0 à 1 an, éd de l'hôpital Sainte-Justine 2004.

BERARD, C., La paralysie cérébrale de l'enfant, Guide de la consultation, Examen neuro-orthopédique du tronc et des membres inférieurs, Sauramp médical p. 17, 2010.

- BOË, L.-J et al., The dispersion-focalization theory of vowel systems, 1997.
- BOË, L.-J et al., Emprises maternelles sur les goûts et les dégoûts de l'enfant : mécanismes et paradoxes, *Enfance*, Vol. 60, pp. 219-230, mars 2008.
- BOË, L.-J., Considérations ontogénétiques et phylogénétiques concernant l'origine de la parole. Prédiction de la capacité des conduits vocaux de fossiles reconstitués à produire des sons de parole (revue de primatologie-3 document 14), 1-50, 2011.
- BOË, L.-J., GRANAT J., HEIM, J.-L., BADIN, P., BARBIER, G., CAPTIER, G., SERRURIER, A., PERRIER, P., KIELWASSER N., SCHWARTZ J.-L., Reconstructed fossil vocal tracts and the production of speech. Phylogenetic and ontogenetic considerations, New perspectives on the origins of language, consideration linguistique, *Faits de Langues*, 3715-3767, 2013.
- BOË, L.-J., MÉNARD, L., SERKHANE, J., BIRKHOLZ, P., KRÖGER, B., BADIN, P., CAPTIER, G., BOILEAU, M-J, SAMPEUR-TARRIT, M., BAZERT, C., Physiologie et physiopathologie de la mastication EMC Stomatologie, 22-008-A-15, 2006.
- BOTHOREL A. (1975) Positions et mouvements de l'os hyoïde dans la chaîne parlée. *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg* 7, 80-132.
- BOTHOREL A. (1979) Déplacement de l'os hyoïde et F0. Séminaire Larynx et Parole. GALF-GCP, Institut de Phonétique de Grenoble, 185-196.
- BOYSSON-BARDIES, B., Comment la parole vient à l'enfant, P.U.F., Revue française de psychanalyse, Vol. 71, pp. 1473-1480, mai 2007.
- BOYSSON-BARDIES, B., Comment la parole vient aux enfants : de la naissance jusqu'à 2 ans. Paris : O. Jacob. 5 1ère éd. 1996.
- BOYSSON-BARDIES, B., HALLE, P., SAGART, L., DURAND, C., A crosslinguistic investigation of vowel formants in babbling. *Journal of child language*, 16, 16 17, 1989.
- BRIN, F., COURRIER, C., LEDERLÉ, E., MASY, V., Dictionnaire d'orthophonie, Ortho édition, 2ème édition, 2004.
- BROWMAN, C., GOLDSTEIN, L., Articulatory Phonology : An overviews Haskins Laboratories Status. Report on Speech Research, SR.111/112, 23-42, 1992.
- BROWMAN, C., GOLDSTEIN, L., Articulatory gesture as phonological units. *Phonology*, 6, 201-251, 1989.
- BRUNER, J., Comment les enfants apprennent à parler, *Pédagogie Retz*, 1997.
- CALLIOPE, La parole et son traitement automatique, MASSON, p.33, 1982.
- CANAULT, M., Les voyelles à 3 ans et ½. Etude phonologique et acoustique. Mémoire de DEA en Sciences du Langage, Strasbourg, 2003.
- CANAULT, M., L'émergence du contrôle articulatoire au stade du babilage, une étude acoustique et cinématique, Thèse de doctorat en Sciences du langage, Université de Strasbourg, 2007.

CANAULT, M., LABOISSIERE, R., PERRIER, P., SOCK, R., Development of lingual displacement independence at babbling stage. Proceedings of 8th International Seminar on Speech Production, Strasbourg, 2008.

CANAULT, M., KIELWASSER, N., La croissance de l'instrument vocal : contrôle, modélisation, potentialité acoustiques et conséquences perceptives, Publications Linguistiques, Revue Française de linguistique appliquée, Volume XIII, pp. 59 à 80, 2008.

CANAULT, M., Développement de la motricité bucco-faciale, Rééducation orthophonique, 263, 7-27 Sept 2015.

CANS, C., MERMET, M.-A., TRONC, C., Épidémiologie de l'I.M.C. et du polyhandicap, Congrès Polyhandicap, Paris, 2008.

CHEMIN, CHEVRIER, Mémoire d'Orthophonie, La communication de la personne infirme motrice cérébrale : Description, évaluation et prise en charge. Contribution à l'élaboration d'un outil pédagogique à destination des orthophonistes, Lille, 2009.

CHEVRIER-MULLER, C., NARBONA, J., Le langage de l'enfant, Aspects normaux et pathologiques, Masson, 2^{ème} édition, 2006 CREVIER-BUCHMAN L., Physiologie de la parole, Rééducation orthophonique, Les dysarthries, n°239, septembre 2009.

CHEVRIE MULLER, C., SIMON, A., LE NORMAND, M-T., FOURNIER, S., Batterie d'évaluation psycholinguistique (pour enfants de 3 à 4 ans)-BEPL, Centre de psychologie adapté, Paris 1997.

LEFEBVRE, C., COMRIE, B., COHEN, H., New perspectives on the origins of language. Volume 144, Ed John Benjamins Publishing Company, 2013.

COTTALORDA, J., BOURELLE, S., CHOTEL, F., DOHIN, B., L'infirme moteur cérébral marchant : de l'annonce du handicap à la prise en charge de l'adulte, SAURAMPS MEDICAL, 1997.

CRONEL-OHAYON, S. Etude longitudinale des productions du babillage d'un enfant de langue maternelle française. Analyse dans le cadre de la théorie frame/content, 2011.

CROUAIL, A., MARÉCHAL, F., Prise en charge globale de l'enfant cérébro-lésé, Troubles moteurs, cognitifs et psychiques, Masson, 2006.

CRUNELLE, D., Les troubles de la déglutition et de l'alimentation de l'enfant cérébro-lésé, Rééducation orthophonique, n°220 pp. 83-90, décembre 2004.

CRUNELLE, D., Les troubles de la motricité bucco-faciale de l'enfant IMC, Rééducation orthophonique, n° 193, pp. 123-132, 1998.

CRUNELLE, D., Incidence des troubles toniques sur la prise en charge orthophonique de la personne paralysée cérébrale, Rééducation orthophonique, Le tonus, n°250, juin 2012.

DARAN, S., ROUCOULT, P., La voix et les formants voyelles cardinales de l'enfant sourd profond congénital implante cochléaire : Impact de l'âge d'implantation et d l'expérience auditive. Mémoire d'Orthophonie, Lyon, Juin 2011.

DAVIS, B., KERN, S., VILAIN, A., LALEVÉE, C., Des babilis à Babel : les premiers pas de la parole, Revue Française de Linguistique Appliquée, XIII-2, 81-91, 2008.

- DAVIS, B. L., MacNeilage, P. F., The acquisition of vowels: a case study. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33, 16-27, 1990.
- DAVIS, B. L., MacNeilage P. F. An embodiment perspective on the acquisition of speech perception. *Special Issue. Phonetica*. 57, 229-241, 2000.
- DAVIS B. L., MacNeilage, P. F., the frame/content theory of speech evolution: from lip smacks to syllables, *Primateologie*, 6, 305-328, 2004.
- DECONINCK, N., Neuroanatomie des troubles articulatoires chez l'enfant IMOC, Rééducation orthophonique, Les désordres phonoarticulatoires chez l'enfant et l'adulte, n°233, mars 2008.
- DEHAENE-LAMBERTZ, G., Bases cérébrales de la perception des phonèmes chez le nourrisson. *Les cahiers de l'audition*, 12, 23-29, 1999.
- DESHOGUES, P., Mémoire d'orthophonie Communiquer avec l'enfant paralysé cérébral de 0 à 3 ans. Création d'un site internet à l'attention des parents, Lille 2010.
- DOYON, J., ORBAN, P., BARAKAT, M., DEBAS, K., Plasticité fonctionnelle du cerveau et apprentissage moteur Imagerie et cognition, 4, (27), 413-420, Avril 2011,
- DRYMAEL, A.: *Principes de Phoniatrie*, 58 pp. Presses Universitaires de Bruxelles, 1969, 1969.
- DUBOIS, C., Les bases neurophysiologiques de la perception audiovisuelle syllabique : étude simultanée en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle et électroencéphalographie, Thèse de doctorat en Science du langage, Université de Strasbourg 2009.
- DUBOIS, J., *Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage*, Larousse, 1994.
- DUPESSEY, M., COULOMBEAU, B., CORNUT, G., A l'écoute des voix pathologiques. Lyon : Symetrie, 2003.
- FADIGA, L., CRAIGHERO, L., BUCCINO, G., RIZZOLATTI, G., Speech Listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: A TMS Study European Journal of Neurosciences , 15 pp.399- 402,2002.
- FANT, G., *Acoustic Theory of Speech Production*, The Hague : Mouton, 1970.
- FANT, G., LINDBLOM, B., Studies of minimal speech sound units. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress Report*, 2, 1-11, 1961.
- FAUTH, C., VAXELAIRE, B., RODIER, J.-F., VOLKMAR, P.-P., SOCK, R., Etude du Voice Onset Time (VOT) dans des séquences VCV produites par des patients francophones souffrant de paralysies récurrentielles. In Congrès Mondial de Linguistique Française : CMLT, SHS. Web of Conferences 8, pp 1251-1265, Berlin, 2014.
- FOWLER, C.-A., Coarticulation and theories of extrinsic timing control, *journal of phonetics*, 8, 113-133, 1980.
- FREDOUILLE, C., POUCHOULIN, G., GHIO, A., REVIS, J., BONASTRE, J.-F., GIOVANI, A., Back and Forth Methodology for objective voice Quality Assessment: From/to Expert Knowledge to/from Automatic Classification of Dysphonia. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 1-13, 2009.

FUCHS, C., PERRIER, P., Speech Curvature Relations in speech. Production Challenge the 1/3 Power law. Journal Of Neurophysiology Published 1 september 2008 Vol; 100 N° 3, 1171-1183. DOI: 10.1152/jn.01116.2007.

GABRIEL, A., MEULMANNS, T., PARISSE, C., & MAILLART, C. Procedural learning across modalities in French-speaking children with specific language impairment. *Applied Psycholinguistics*, 36(3), 747-769. 2015.

GAILLARD, J.-M., QUENTEL, E., Prise en charge de la dysarthrie chez l'enfant, Rééducation orthophonique, Les dysarthries, n°239, Septembre 2009.

GELAS, MONIER-GUILLAUMIN, Création d'un outil de dépistage des troubles de l'oralité alimentaire. Grille parentale exploratrice pour des enfants de 24 à 36 mois, mémoire d'orthophonie, Lyon, 2016.

GENTILUCCI, M., CORBALLIS, MC, From manual gesture to speech : A gradual transition. *Neuroscience biobehav*, 30; 949-960, 2006.

GEORGES-JANET, Déficiences motrices et situations de handicap, ed APF 2002

GEORGETON, L., Analyses formantiques des voyelles orales du français en contexte isolé : à la recherche d'une référence pour les apprenants de FLE. HAL id : halshs-00977591, 2014.

GHIO, A., Bilan instrumental de la dysphonie, Rééducation orthophonique, n°254, 9-13, Juin 2013.

GIRAUD, A. L., Rythmes corticaux endogènes et spécialisation fonctionnelle du langage, Revue Médecine/Sciences, 12, 1-4, décembre 2008.

GIULIVI, WHALEN, GOLDSTEIN, LEVITT, L'apprentissage des langues et le développement, 7, 202-225, 2011.

GOLDSTEIN, L., FOWLER, CA, Articulatory Phonology: A phonology for public language use. In Schiller, N. O. et Meyer, AS (Eds). *Phonetics and phonology in Language Comprehension and production*, PP 159-207, 2003.

GREEN, JR, MOORE, CA, HIGASHIKAWA, M., STEEVE, R. W., The physiologic development of speech motor control: lip and jaw coordination. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 239-255, 2000.

GREEN, JR, MOORE, CA, REILLY, KJ, The sequential development of jaw and lip control for speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 66-79, 2002.

GRENIER, A., La motricité libérée du nouveau-né. Médecine et Enfance, Paris, 2000.

GRACCO, V., Characteristics of Speech's as a motor control system. *Cerebral Control of speech and Limb Movements*. Elsevier Sciences Publishers, B.V. (North-Holland), 1990.

GUIDETTI, M., Pragmatique et psychologie du développement, Comment communiquent les jeunes enfants, Belin Sup, Psychologie, septembre 2003.

HAKEN, H., A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological Cyberneticsz*, 53, 347-356, 1985.

HALLE, P., Productions vocales des jeunes enfants français : Convergence vers le modèle adulte, Laboratoire de psychologie expérimentale CNRS Paris V, 1998.

HERCENT-BOUYSSI, S., Bien manger pour bien parler, Ortho Magazine, n°79, novembre/décembre 2008 ISERM, Déficiences et handicaps d'origine périnatale, Dépistage et prise en charge, Paris, 2004.

HEUILLET-MARTIN, G., GARSON-BAVARD, H., LEGRE, A., Une voix pour tous. Tome 1. La voix normale et comment l'optimaliser. Marseille/ Solal (1ère éd.1995).

HIEULLE, M., MOINARD, S., Relation entre oralité verbale et oralité alimentaire : du babillage aux premiers mots. Mémoire d'orthophonie. Lyon, 2015

INGRAM, A., Study of cerebral palsy in the childhood population of Edinburgh, Archives of Disease in Childhood, 30, 85-98, 1955.

ISRAËL-SARFATI, N., Montaudon, M. 2009. SPHERE ORO-FACIALE DES ENFANTS PORTEURS DE MICRODELETION 22q11 : recherche de liens entre troubles de succion déglutition précoces et troubles d'articulation et/ou des praxies buccolinguo-faciales à l'acquisition du langage oral. Ecole d'orthophonie de NANCY, 2009.

KAIL, M., L'acquisition du langage, Éditions Que sais-je, 2012.

KAIL, M., FAYOL M., L'acquisition du langage : Le langage en émergence. De la naissance à 3 ans PUF PARIS, 2015.

KEITH, A. F., Charles Darwin and the origin of species, Greenwood Press 2007.

KENT, RD, Sensori motor aspects of speech development, Development of perception: Psychobiological perspectives (Vol 1, pp 162-185) New York: Academie Press. 1981.

KENT, RD, Explorer la relation entre la production et la perception de la parole », Mc LEOD, BROSSEAU-LAPRE, RVACHEW ON, avril 2006.

KENT, RD, MURRAY, AD, Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months. Journal of the Acoustical Society of America, 72, 353-365, 1982.

KERN, S., De l'universalité et des spécificités du développement langagier précoce. Aux origines du langage et des langues, éd FAYARD, 2005.

KERN, S., L'émergence de la communication et du langage, Rééducation orthophonique, n°244, décembre 2008.

KERN, S., Les paroles sans la musique : des premières syllabes aux premiers mots, actes de Mini colloque-concert « de la musique au langage : prosodie et babillage », Lyon, 16 mai (résumé), 2008.

KERN, S, DAVIS, B., MACNEILAGE, P., KOÇBAS, D., KUNTAY, A., ZINK, I, Crosslinguistic similarities and differences in babbling: Phylogenetic implications, in Towards the origins of language and languages, Hombert J. M.(ed), 2014.

KERN, S., GAYRAUD, F., MARSICO, E., Emergence of Linguistic Abilities, Cambridge Scholars Publishing, 2008.

KERN, S., LANGUE, J., ZESIGER, P., BOVET, F., Adaptations françaises des versions courtes des inventaires du développement communicatif de Mac Arthur-Bates, ANAE, n°107-108, mai - juin 2010.

KERN, S., Le langage oral : Données actuelles et perspectives en orthophonie, ortho-édition, pp.7-21. 2010.

KERN, S., GAYRAUD, F. et MARSICO, E., Emergence of Linguistic Abilities, Cambridge Scholars Publishing, 2008.

KLATT, D., Voice Onset Time, Frication, and Aspiration in Word- Initial Consonant Clusters, Journal of Speech , Language, and Hearing Research , Vol 18, 686-706 , December 1975.

KONOPCZYNSKI, G., Du pré-langage au langage : acquisition de la structuration prosodique Thèse d'état, Université de Strasbourg II 1986.

KONOPCZYNSKI, G., Vers un modèle développemental du rythme français : problèmes d'isochronie reconstruits à la lumière des données de l'acquisition du langage. Bulletin de l'Institut de Phonétique de Grenoble, 15, 157-190, 1986.

KONOPCZYNSKI, G., Le bébé pré-lingistique et le rythme : pré-requis pour l'acquisition du langage. Bulletin d'audiophonologie : Annales Scientifiques, Médecine et Pharmacie. Université de Franche-Comté, 110 (4), 279-306, 1986.

KRÄGELOH-MANN, I., HERBER, A., MADER, I., STAUDT, M., WOLFF, M., GROENDAAL, F., DEVRIERS, L., Bilateral lesions of thalamus and basal ganglia: origin and outcome, Dev Med Child Neuro, 44(7) 2002.

KRÄGELOH-MANN, I., HERBER, V, The role of magnetic resonance imaging in elucidating the pathogenesis of cerebral palsy: a systematic review. Dev Med Child Neurol. 49(2): 144-51, 2007.

KRÄGELOH-MANN, I., CANS, C., Cerebral palsy update, Brain Dev, Aug; 31: 537-544 2009.

KUHL, P. K., MELTZOFF, A. N., Infant vocalization and innovations in infraphonology. Phonological Development York press, pp 509-536, 1993.

LALEVÉE, C., VILAIN, A., Development of speech frame control: a longitudinal study of oral/nasal control. Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences, Barcelone, 2003.

LALEVÉE, C., VILAIN, A., From proto-syllabic frames to first words an audio-visual survey of 2 French children from 6 to 16 months, submit to EL.A2005 Proceedings, 2006.

LALEVÉE-HUART, C., Développement du contrôle moteur de la parole : une étude longitudinale d'un enfant francophone âgé de 7 à 16 mois, à partir d'un corpus audiovisuel, Thèse de doctorat en Sciences du langage, Grenoble 2006.

LALEVÉE, C., Développement du contrôle moteur de la parole : une étude longitudinale d'un enfant francophone âgé de 7 à 16 mois, à partir d'un corpus audio-visuel. Thèse de Doctorat, Université Stendhal Grenoble III, 2010.

LAPOINTE, FARLAND, Mac, Pourquoi les orthophonistes devraient-ils s'intéresser à la dysphagie ? Fréquence 16 (3), 22-25, 2004.

LECANUET, J.-P., Des rafales et des pauses : les succions prénatales, Eres/Spirale, n°22, pp. 37 à 48, février 2002.

LE METAYER, M., Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant. Masson, 1993.

LE METAYER, M., Bilan Cérébromoteur du jeune enfant, Encycl Med Chir 26-028-B-20, 2009.

LE REVEREND, B.J., EDELSON, L.R., LORET, C., Anatomical, functional, physiological and behavioral aspects of the development of mastication in early childhood. British Journal of Nutrition, 111, 403-414, 2014.

LESPARGOT, A., Journal de Motricité cérébrale, vol 5. N°2 pp. 49-58, MASSON, 1984.

LESPARGOT, A., Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant. Education thérapeutique, Masson. 1993.

LIBERMAN, MATTINGLY, The motor theory of speech perception revised. Cognition, 21; 1-36; 1985.

LIBERMAN, AM, Perception of the speech Code. Psychol Rev, Nov 74 (6): 431-61, 1967.

LIBERMAN, AM, WHALEN, D., On the relation of speech to language, Trends in Cognitive Sciences-Vol.4, N°5, May 2000.

LIEBERMAN, AM, CRELIN, S., KLATT, H., Phonetic ability and related anatomy of the newborn, adult human, Neanderthal man, and the chimpanzee. American Anthropologist, 74, 287-3007, 1972.

LINDBLOM, B., The interplay between Phonetic Emergents and the Evolutionary, Adaptations of Sound Patterns, Phonetica, 57, PP 294-314, 2000.

LINDBLOM, B., KRULL, D., STARK, J., Phonetic System and Phonological Development. In BOYSSON-BAARDIES de SCHOEN, JUSCZYK, MacNeilage MAORTON, Developmental neurocognition: speech and processing in the first year of life, Kluwer : Dordrecht, pp 399-409, 1993.

LISKER, L., ABRAMSON, A., A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops : Acoustical Measurements;20:3, 384-422, 1964.

LOEVENBRUCK, H., Communication parlée, 6. Théories des interactions production-perception, Cours dispensés en 2011-2012.

LOCKE, Learning to speak journal of phonetics n°21 pp. 141-146, 1993.

LOCK, Experimentaly-Elicited Articulatory Behaviour, Language and speech July 1969 vol 12 n°3 pp. 187-191, 1969.

LUSCHEI, ES, GOLDBERG, L.-J., Neural mechanisms of mandibular control: Mastication and voluntary biting / American physiological society, pp 1237-1274, 1981.

MACLEOD, A., BROSSEAU-LAPRÉ, F., RVACHEW, S., Explorer la relation entre la production et la perception de la parole, Spectrum, Volume 1, pp. 10-18, 2008.

MACNEILAGE, P. F., Motor Control of Serial Ordering of speech. Psychological Review, 77, 182-196, 1970.

MACNEILAGE, P. F., The frame/content theory of evolution of speech production Behavior and Brain Sciences, 21 : 499-511, 1998.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B. L, Origin of the Internal Structure of words Sciences 288, pp. 527-531, 2000.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., L Motor mechanisms in speech ontogeny: Phylogenetic and neural implications. Current Opinion in Neurobiology, 11, 567-569, 2001.

MACNEILAGE, P. F., Organization of babbling: a case study, Lang speech, 37(4), 341-355, 1994.

MACNEILAGE, B. L., DAVIS, B., The frame/content theory of speech evolution : from lip smacks to syllables, Primatologie, Volume 6, pp. 305 à 328, 2004.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., Acquisition of correct vowel production: a quantitative case study, Speech Hear Res, Mar; 33 (1): 16-27, 1990.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., KINNEY, MATYEAR, The motor Core of speech: a comparison of serial organization patterns in infants and languages, Dev enfant, Jan-Feb; 71 (1): 153-163, 2000.

MACNEILAGE, P. F., Prolegomena to theory of sound pattern of the first spoken language, Phonetica, 51(1-3): 184-194. 1994.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., WARNER-CYZ, Accuracy of consonant-vowel syllables in young cochlear implant recipients and hearing children in the single-word period. Speech Lang Hear Res, Feb; 53: 2-17, 2010.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., MATYEAR, Acquisition of serial complexity in speech production: a comparison of phonetic and phonological approaches to first word production, Phonetica, Apr-Sep; 59: 75-107, 2002.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., MATYEAR, POWELL, Prosodic correlates of stress in babbling: an acoustical study. Child Dev, Sept-Oct, 71: 1258-1270, 2000.

MACNEILAGE, P. F., DOLATA, DAVIS, Characteristics of the rhythmic organization of vocal babbling: implications for an amodal linguistic rhythm. Infant Behav Dev. Sep; 31: 422-431, 2008.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., Organisation of babbling: a case study, Lang Speech Oct-Dec; 37: 341-355, 2008.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., the articulatory basis of babbling, Journal of. Speech and Hearing Research. Dec; 38, 1199-1211, 1995.

MACNEILAGE, P. F., DAVIS, B., Language learning and development – volume 7, pp. 234-242, 2011.

MAC WHIMEY, B., LEINBACH, J., TARABAN, R., McDONALD, J., Language Learning: Cues or rules? *Journal of memory and language*, 28: 255-277, 1989.

MARCHAND, Marie-Hélène. Bilan de langage et diagnostics chez les enfants infirmes moteurs cérébraux. *L'infirmité Motrice d'origine Cérébrale*, 1998, p. 71.

MARRET et al, Modèles animaux de la prématurité: Mesures comportementales des effets des lésions cérébrales. *Enfance* n° 1, PP 77-94, 2013.

MATYEAR, C. L., MACNEILAGE, P. F., et DAVIS, B. L. Nasalization of vowels in nasal environments in babbling: Evidence for frame dominance. *Phonetica*, 1998, vol. 55, no 1-2, p. 1-17, 1998.

MAURIN, Rééducation de la déglutition et des autres fonctions buccales dans le cadre des dysmorphoses dentaires, ortho-édition 1998.

MAZEAU, M., Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant, 2^{ème} édition, 1995.

MAZEAU, M., Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant-du trouble à la rééducation, MASSON, 1996.

MAZEAU, M., Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie, Une entrave aux apprentissages, Rééducation Orthophonique n°193, p. 41, 1998.

MAZEAU, M., Neuropsychologie et troubles des apprentissages, Du symptôme à la rééducation pp. 78-79, Masson 2005.

MCCAFFEY, DAVIS, B. L., MACNEILAGE, P. F, VON HAPSBURG. Multichannel cochlear implantation and the organisation of early speech, *the Volta Review*, 101 (1), pp. 5-29, 1988.

MCCLELLAND, D., BURNHAM, D. H., (1995). Power is the great motivator. *Harvard Business Review*. Jan/Feb, vol. 73 no 1, pp.126-130,133-135,138-139, 1995.

MC FARLAND, l'anatomie en orthophonie, parole, voix et déglutition, MASSON. Revue canadienne 2006.

MELLUL, N., THIBAULT, C., Rééducation Orthophonique, L'éducation orale précoce, n°220, p. 116, 2004.

MELONI, G, Mémoire d'Orthophonie, « Emergence de la parole chez des enfants paralysés cérébraux Une étude de cas chez un enfant spastique : Intérêts d'une remédiation orthophonique précoce axée sur l'oralité alimentaire », Strasbourg 2014.

MÉNARD, L., Production et perception des voyelles au cours de la croissance du conduit vocal: variabilité, invariance et normalisation. Thèse de doctorat. Grenoble 3., 2002.

MENARD, L., SCHWARTZ, J.-L., BOE, L.-J., The role of vocal tract morphology in speech development: perceptual targets and sensori-motrice maps for French synthesized vowels from birth to adulthood. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47 (5), 1059-1080, 2004.

MENARD, L., THIBEAUT, M., Développement de la parole et émergence de la structure de prosodique chez l'enfant : Une étude de l'accent d'emphase en Français, pp. 117-136. Revue canadienne de linguistique, Mars 2009.

MENELLA, Etude longitudinale des productions du babillage d'un enfant de langue maternelle française. Analyse dans le cadre de la théorie frame/content, 2011.

MEUNIER, C., Phonétique acoustique, HAL I : hal-00250272, Feb 2008.

MEYER, E., Mémoire d'orthophonie, « l'apprentissage d'un code pictographique chez deux enfants infirmes moteurs d'origine cérébrale comme moyen augmentatif et palliatif au langage », Strasbourg, 2002.

MENARD, L., THIBEAUT, M., « Développement de la parole et émergence de la structure de prosodique chez l'enfant : Une étude de l'accent d'emphase en Français » Mars pp. 117-136, 2009.

OLLER, D.K., The emergence of the sounds of speech in infancy in Yeni-Komshian Kavanagh, Ferguson, Infant Phonology, V1: Production Academic Press: New York pp 29-42, 1980.

KUHL, P. K., MELTZOFF, A. N., Infant vocalization and innovations in infraphonology. Phonological Development York press, pp 509-536, 1993.

OLLER, D.K., Vocal Category Development in human infancy: A Commentary on GIULIVI et al's critique of the Frame, then Content model, Language Learning and development, pp. 226-233, 2011.

OLLER, D.K., LYNCH, M.P., Infant vocalization and innovations in infraphonology:Toward a broader theory of development and disorders dans C.A Ferguson, L.Menn et C.Stoel Gammon (Eds), 1992.

OLLER, D.K., EILERS, The role of audition in infant babbling. Child Development, 59, 441-449, 1988.

PALLADINO, R., CUNHA, M. C., SOUZA, P. L. A., Language and eating problems in children: co-occurrences or coincidences?. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 2007, vol. 19, no 2, p. 205-214. 2007.

PERKELL, GUENTHER, LANE, MATTHIES, STOCKMANN, TIEDE et al, The distinctness of speaker's productions of vowel contrasts is related to their discrimination of the contrasts. Journal of the Acoustical Society of America (116): 2338-2344, 2004.

PERKELL, GUENTHER, LANE, MATTHIES, PERRIER & VICK, A theory of speech motor control and supporting data from speakers with normal hearing and profound hearing loss. Journal of phonetics, 2_, 232-272, 2000.

PHELPS Revue Européenne du handicap mental, vol 2 n°5 pp. 48 à 59 DIALOGIS « l'élève cérébrolésé, l'apprentissage de la lecture et de la conscience de l'écrit », 1995.

PINTO S., Contrôle neurologique de la parole, Rééducation orthophonique, Les dysarthries, n°239, septembre 2009.

POEPPEL, The analysis of speech in different temporal integration windows cerebral lateralization as "asymmetric sampling in time". *Speech Communication* 41. pp 245-255, 2003.

PUESCH M., WOISARD V., Rééducation des dysphagies chez l'adulte et l'enfant, in Les approches rééducatives en orthophonie, sous la direction de Thierry Rousseau, UNADREO, Orthoédition, 2004.

PUESCH et VERGEAU, Les troubles de l'oralité alimentaire chez l'enfant. Dysoralité : du refus à l'envie, Rééducation orthophonique, n°220, décembre 2004

RONDAL, langage et éducation, 2ème édition (Ed Mardaga), 1986.

RONDAL et al., Développement du Langage oral, in RONDAL, SERON, X. (dir), Troubles du langage : bases théoriques, diagnostic et rééducation, Sprimont : Mardaga, 470-503, (1999).

ROSENBAUM P., A report: the definition and classification of the cerebral palsy, avril 2006.

ROUSSET, Structures syllabiques et lexicales des langues du monde. Données, typologies, tendances universelles et contraintes substantielles. Linguistique. Université Stendhal. Grenoble III., HAL. ID : 00250154, 2004.

ROSENBAUM P., report: The definition and classification of the cerebral palsy, 2006, Dev MED Child Neurol, 2007.

ROY, V., LEROUX, P., ARABO, A., Modèles animaux de la prématurité: mesures comportementales des effets des lésions cérébrales. *Enfance*, 2013, vol. 2013, no 01, p. 77-94. 2013.

REILLY, Neuroplasticité et développement : morphosyntaxe chez des enfants atteints de lésions focales précoces Enfance 3/ (Vol 55) pp. 209-222, 2003.

RYALLS, LAROCHE, DUPONT, FOURNIER, Normes phonétiques de base pour l'enfant franco-québécois, PP 65-70, Juin 1990.

SARFATI, J., VINTENAT A.-M., CHOQUART, C., La voix de l'enfant. Marseille : Solal, 2002.

SCHAAL, B., DELAUNEY-EL ALLAM, M., SOUSSIGNAN, R., Emprises maternelles sur les goûts et les dégoûts de l'enfant : mécanismes et paradoxes, *Enfance*, Vol. 60, pp. 219-230, mars 2008.

SCHMIDT, A., Schema theory of discrete motor learning, *psychological review*, 82, 255-260, 1975.

SHULTZ, T. R., SCHMIDT, W. C., BUCKINGHAM, D., MARESCHAL, D., Modeling cognitive development with a generative connectionist algorithm. *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling*, 1995, p. 205-261.

SCHWARTZ J.-L., SATO M., FADIGA L., Le langage commun de la perception et de l'action dans la communication parlée : une perspective neurocognitive, 2011.

SCHWARTZ, J-L., LOEVENBRUCK, H., La parole entre objets vocaux et objets du monde pp. 1-24, 2013.

SCHWARTZ, J-L., Une théorie de la perception pour le contrôle de l'action. In percevoir : Monde et Langage. Invariance et variabilité du sens vécu. KELLER, DURAFOUR, BONNOT, SOCK (Eds), Liège, Mardaga, pp. 261-271, 2001.

SCHWARTZ, J.-L., ABRY, C., BOË, L.-J., Cathiard, M. A., Phonology in a theory of perception-for-action-control. *Phonetica, phonology and cognition*, 2002, p. 244-280.

SCHWARTZ, J.-L., BASIRAT, A., MÉNARD, L., Schwartz, J. L., Basirat, A., Ménard, L., & Sato, M., The Perception-for-Action-Control Theory (PACT): A perceptuo-motor theory of speech perception. *Journal of Neurolinguistics*, 2012, vol. 25, no 5, p. 336-354.

SCHWARTZ, J-L., BOË, L.-J., Vallée, N., Abry, C., et al, The dispersion-focalization theory of vowel systems. *Journal of phonetics* 25 (3) pp 255-286, 1997.

SENEZ C., Rééducation des troubles de l'alimentation et de la déglutition dans les pathologies d'origine congénitale et les encéphalopathies acquises, SOLAL, pp. 17-25, 2002.

SENEZ, C., Rééducation des troubles de l'alimentation et de la déglutition. De Boeck Supérieur, 2015.

SENEZ C., La rééducation des troubles de la déglutition des enfants et adolescents I.M.O.C., Rééducation orthophonique, n° 193, pp. 123-132, 1998.

SERRURIER, A., BADIN, P., Towards a 3D articulatory model of velum based on MRI and CT images. *ZAS Papers in Linguistics (Speech production and perception: Experimental analyses and models)*, 2005, vol. 40, p. 195-211.

SOCK, R., Organisation temporelle en Production de la parole : Emergence de catégories sensori-motrices phonétiques. Thèse d'état. Université de Grenoble III, 1998.

SOCK, R., VAXELAIRE, B. Le diable cognitif dans les détails sensori-moteurs anticipatoires. In L'Anticipation à l'horizon du présent. Edition Psychologie et Sciences Humaines, Mardaga, Liège, 2004 : 141 – 157.

SORIANO, G., PUECH, G. La gastronomie adaptée aux troubles de la déglutition 80 recettes hachées et mixées SOLAL 2011.

STERNBERG, S., KNOLL, R. L., MONSELL, S., Wright, C. E., Motor programs and hierarchical organization in the control of rapid speech. *Phonetica*, 1988, vol. 45, no 2-4, p. 175-197.

TANK, P.W., GEST, T. R., BURKEL, W. E., Burkel, W. E., *Lippincott Williams & Wilkins atlas of anatomy*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2015.

TARDIEU, G., Les feuillets de l'infirmité motrice cérébrale, Association nationale des infirmes moteurs-cérébraux, Paris, 1982.

TARDIEU, G., Research on a technic for measurement of spasticity Rev Neuro; 91 (2) 143-4, 1954.

TARDIEU, G., Les feuillets de l'infirmité motrice cérébrale, 1984.

- THIBAULT, C., Entretiens d'orthophonie de Bichat, « les enjeux de l'oralité » pp. 118-134, 2012.
- THIBAULT, C., Les troubles de l'oralité alimentaire chez l'enfant, Rééducation orthophonique, n°220, décembre 2004.
- THIBAULT, C., Orthophonie et oralité, La sphère oro-faciale de l'enfant, Troubles et thérapeutiques, Masson, mai 2007.
- THIBAULT, C., Oralité alimentaire et verbale, La langue : un organe-clé, Ortho Magazine, n°79, novembre/décembre 2008.
- THIBAULT, C., L'émergence de la communication et du langage, Rééducation orthophonique, n°244, décembre 2010.
- THIBAULT, C., Pour une intervention orthophonique précoce, Oralité et maladies rares, Ortho Magazine, n°91, novembre, décembre 2010.
- TROST, O., TROUILLOUD, P., Tête, cou, nerfs crâniens & organes des sens, Anatomie, Ellipse, Paris, 2011.
- TRUSCELLI, D., Les infirmités motrices cérébrales-Réflexions et perspectives sur la prise en charge p.25, MASSON, 2008.
- TRUSCELLI, D., Syndromes lésionnels précoces : infirmité motrice cérébrale. Chapitre 16. In Le langage de l'enfant, aspects normaux et pathologiques, C. Chevrier Muller, J. Narbona, Masson, avril 2006.
- TRUSCELLI, D., Le METAYER, LEROY-MALHERBE. Infirmité motrice cérébrale. EMC (Elsevier SAS, Paris), Traité de Médecine Akos, 8-0781, 2006.
- TURVEY, M.T., Coordination. *American psychologist*, 1990, vol. 45, no 8, p. 938.
- VAXELAIRE B. SOCK R. (1997) Laryngeal movements and speech rate. An X-ray investigation. Eurospeech'97 & 5th European Conference on Speech Communication and Technology, vol. 2 1039-1042, Rhodes, Grèce.)
- VANNIER, S., Quand l'enfant ne mâche pas ses mots. Ortho Magazine (79), pp 22-24, 2008.
- VORPERIAN, H. K., KENT, R. D., Vowel acoustic space development in children: A synthesis of acoustic and anatomic data. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2007, vol. 50, no 6, p. 1510-1545.
- WHALEN, D. H., GIULIVI, S., NAM, H., LEVITT, A. G., HALLE, P., & Goldstein, L. M. Biomechanically preferred consonant-vowel combinations fail to appear in adult spoken corpora. *Language and speech*, 2012, vol. 55, no 4, p. 503-515.
- WHALEN, D. H., GIULIVI, S., GOLDSTEIN,L.M., NAM, H., LEVITT, A., L'apprentissage des langues et le développement, 7 : 243-249, 2011.
- WHALEN, D. H., GIULIVI, S., GOLDSTEIN,L.M., NAM, H., LEVITT, A., Response to MacNeilage and Davis and to Older, Lang Learn. Dev; pp. 243-249, 2011.

WOOLSEY, C.N.,Organization of somatic sensory and motor areas of the cerebral cortex. Biological and biochemical bases of behavior, univ. Wisconsin press, Madison, pp 63-81, 1958.

WOOLSEY, C.N.,Organization of somatic sensory and motor areas of the cerebral cortex. Biological and biochemical bases of behavior, univ, Wisconsin press, Madison, pp 63-81, 1958.

Supports audiovisuels :

CRUNELLE, D., La prise en charge rééducative de la personne IMC, OrthoÉdition, février 2012.

CRESCENDO FILMS, Les origines du langage, France 5 et Arte, avril 2013.

KRÄGELOH-MANN, Perspectives pour la paralysie cérébrale : acquisition marquantes récentes et points de levier pour l'avenir. Vidéo extraite des journées de la Fondation Motrice 13-14 Mars 2015.

Sites Internet consultés :

AMTEF BOBATH : <http://www.bobath-france.fr/bobath/>

L'@telier : http://atelier.on.ca/edu/pdf/Mod12_tableau_36_phonemes.pdf

Association des paralysés de France, <https://www.apf.asso.fr/>

A longitudinal study of very young children's vowel production,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24687464> ou
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4007281/>

BiTop Terminologie médicale : <http://www.bio-top.net/>

Berlucchi,G.[2002 Hisory of Neurosciences: Ernesto Lugaro, IBRO History of Neuroscience](#)
http://www.ibro.info/Pub/_Main_Display.asp?LC_Docs_ID=3477

Darwin, C. R. 1859, On the origin of special by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for life., <http://darwin-online.org.ul/content/contenblock>

Dictionnaire Larousse en ligne : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>

Rééducation des troubles de la déglutition, SPIRAL /WIKI, <http://spiralconnectuniv-Lyon1.fr/webcapp/wiki/wiki.html>

Fondation motrice, <http://www.lafondationmotrice.org/frfant>

Infirmié Motrice Cérébrale, <http://www.santepratique.fr/paralysie-cerebrale.php>

Télé enseignement cours ORL pédiatrique CHU Marseille, 2015

The Mandibule (Lower Jaw): <http://www.bartleby.com/107/44.html>

Laboratoire de phonétique-Université du Québec à Montréal,
<http://www.er.uqam.ca/nobel/labophon/prodpercep.html>

La Chaire de Recherche en Paralysie Cérébrale de l'Université Laval,
<http://www.ulaval.ca/chaire/paralysiecerebrale/francais/paralysie-cerebrale.html>

Lenneberg: Biological Foundations of Language (Wley, 967),
<http://www.scaruffi.com/mind/lenneber.html>

Le cerveau à tous les niveaux,
<http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html>

MOTOR THEORY OF SPEECH PERCEPTION,
https://en.wikipedia.org/wiki/Motor_theory_of_speech_perception

Echographie transfrontanellaire,
<Http://www.sfip-radiopediatrie.org/index.php/enseignement/references-etudiant-clinicien>

SINGLETON, « Le facteur de l'âge dans l'acquisition d'une L2 : remarques préliminaires », Acquisition et interaction en langue étrangère (En ligne), 18 : 2003 :
<http://aile.revues.org/2163>

ROSENBAUM,
<http://www.srs-mcmaster.ca/FacultyStaffnbsp/Faculty/RosenbaumPeter/tabid/656>

Réseau Lucioles Handicap Mental Sévère : <http://www.reseau-lucioles.org/Le-Bavage.html>

V INDEX DES FIGURES

Figure 1 : l'infirmité motrice cérébrale (IMC) et l'infirmité Motrice d'Origine cérébrale (IMOC) appartenant au groupe des paralysies cérébrales (PC), (Bax, 2010, p.17)	15
Figure 2: Formes topographiques des paralysés cérébraux	19
Figure 3: La discrimination fond/forme : Difficultés de savoir si l'on cherche ce que représente ce dessin : Est-ce une vasque blanche sur fond noir ou deux visages de profil sur fond blanc ? (extrait de Mazeau, 1995, Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant ; Du trouble à la rééducation, p. 40)	28
Figure 4 : Les images aux contours fragmentés (extrait de Mazeau (1995), Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant ; Du trouble à la rééducation, p.30)	28
Figure 5 : Les images prototypiques qui signifient des représentations quasi standardisées, canoniques fragmentés (extrait de Mazeau (1995), Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant ; Du trouble à la rééducation, p. 30).....	29
Figure 6 : Localisation anatomique des composantes du modèle anatomo-fonctionnel de Hickok et Poeppel. (Extrait de C. Dubois, 2009 ; les bases neurophysiologiques de la perception audiovisuelle syllabique)	42
Figure 7 : Maturation du système phono-articulatoire et diversification phonologique : Comparaison du conduit vocal chez l'adulte et le nourrisson (adaptée de Boysson-Bardies, 1996, Comment la parole vient aux enfants, p. 46).....	45
Figure 8 : Le triangle vocalique (Extrait de Kern - Les paroles sans musique : des premières syllabes aux premiers mots, actes de Mini-colloque-concert « de la musique au langage : prosodie et babilage » Lyon, 16 Mai (résumé 2008)	48
Figure 9 : Association intra-syllabique (Extrait de Kern - Les paroles sans musique : des premières syllabes aux premiers mots, actes de Mini-colloque-concert « de la musique au langage : prosodie et babilage » Lyon, 16 Mai (résumé 2008)	48
Figure 10 : Production de protosyllabes par cyclicité mandibulaire dans la théorie du Frame/Content (Extrait de Boë et al., 2013, L'émergence de la parole : aspects historiques et épistémologiques d'une nouvelle réarticulation, p. 27) A gauche, la mâchoire est en position haute produisant une occlusion au niveau des lèvres ou la zone alvéodentale, soit une proto-consonne de type [b] ou [d]. A droite, la mâchoire est en position ouverte, ce qui produit la proto-voyelle de type [a]	50
Figure 11 : Illustration du remodelage du crâne (Extrait de Boë, 2008, la croissance de l'instrument vocal : contrôle, modélisation, potentialités acoustiques et conséquences perceptives, p.62) A gauche, illustration des points de repères (vue sagittale), à droite, évolution de ces points de repères à 9 stades (de A à I) pour des fœtus de 5 à 7 mois, à la naissance, à 8 mois 1/2, à 2 ans, à 4 ans, à 8 ans 1/2, à 14 ans, à l'âge adulte.	50
Figure 12 : Restructuration complète du crâne, du rachis et du conduit vocal de la naissance à l'âge adulte (Extrait de Boë et al., 2013, « L'émergence de la parole : aspects historiques et épistémologiques d'une nouvelle réarticulation » (2013, p.23)	51
Figure 13 : Aire de Broca. Source : http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html	58

Figure 14 : Aire 44 de Brodmann Source : http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html	58
Figure 15 : Aire 6 de Brodmann. Source : http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html	59
Figure 16 : Aire Motrice Supplémentaire (AMS) et le cortex pré moteur Source : http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a-10cr/a-10-cr-lan/a-10-cr-lan.html	59
Figure 17 : « Orthophonie et oralité » : Extrait de : (Thibault, 2007, p. 154) A gauche, les arcs pharyngiens et à droite, la formation des cinq bourgeons faciaux primordiaux.....	63
Figure 18 : (Thibault, 2007, p. 154) « Orthophonie et oralité » : Formation de la cavité bucco-nasale. Formation de la face et du cou (6 ^{ème} semaine de gestation)	63
Figure 19 : (Thibault, 2007, p. 154) « Orthophonie et oralité » : Formation de la cavité bucco-nasale. (7 ^{ème} semaine de gestation.).....	63
Figure 20 : Anatomie oro-faciale du nourrisson. (Extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.8)	67
Figure 21 : Anatomie du jeune enfant. (Extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.9)	68
Figure 22 : Le temps oral préparation volontaire (extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.10)	69
Figure 23 : Le temps oral de transport (volontaire) (Extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.10)	70
Figure 24 : Le temps pharyngé (réflexe). (Extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.11)	71
Figure 25 : Le temps œsophagien (réflexe) (Extrait adapté de Bandelier, 2015, Les troubles des fonctions alimentaires chez le nourrisson et le jeune enfant. Piste de prise en charge. p.11)	72
Figure 26 : Extrait adapté de Puesch et Vergeau ; 2004, Les troubles de l'oralité alimentaire. Dysoralité alimentaire : du refus à l'envie, p.126.	73
Figure 27 : Extrait de Boë et al., 2013, L'émergence de la parole : aspects historiques et épistémologiques d'une nouvelle réarticulation, p.26	76
Figure 28 : Trouble de l'oralité alimentaire chez l'enfant (extrait adapté de Thibault, 2004, Orthophonie et oralité : la bouche, carrefour anatomique du verbe et de l'aliment, p. 3)	79
Figure 29 : L'articulation temporo-mandibulaire (extrait de l'anatomie en orthophonie de Mc Farland / Illustrations : Frank H. Netter, 2006; p.117).....	86

Figure 30 : La langue (Extrait de Tank et al., 2009, Lippincot Williams et Wilkins Atlas of Anatomy : Les muscles linguaux ; p.335)	89
Figure 31 : Anatomie des lèvres (Extrait de l'anatomie en orthophonie de Mc Farland / Illustrations : Frank H. Netter, 2006, p.125)	90
Figure 32 : Biotop Terminologie médicale (Extrait de www.bio-top.net) Le velum ou voile du palais	91
Figure 33 : Exemple de stimulations de la sphère oro-faciale. (Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, pp. 115-119).....	112
Figure 34 : La cuillère est sortie de la bouche en glissant entre les lèvres serrées de telle manière qu'elle n'occasionne pas de stimulations intempestives. (Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, p.122).....	113
Figure 35 : Technique de boisson au verre. (Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, p.123).	113
Figure 36 : Le pain est introduit dans la bouche en le plaçant au niveau de l'emplacement des molaires. Une légende adaptée de Le Metayer, 1993, Rééducation cérébro-motrice du jeune enfant, Education thérapeutique, p.120).	114
Figure 37 : Jouets de mastication du site spécialisé www.hoptoys.fr	115
Figure 38 : Mode d'alimentation incorrect. (www.researchgate.net/publication/228673173_Infirmite_motrice_cerebrale).....	116
Figure 39 : Bonne position et technique manuelle correcte (Méthode Bobath). (www.researchgate.net/publication/228673173_Infirmite_motrice_cerebrale).....	116
Figure 40 : Ajar [b] initial, séance 1 du 07/02/2013.....	126
Figure 41 : Ajar [k] intervocalique, séance 1 du 07/02/2013.....	127
Figure 42 : Ajar : [b] initial : durée de la consonne	128
Figure 43 : Ajar : [b] initial : pourcentage.....	128
Figure 44 : Ajar : [k] intervocalique : durée de la consonne	130
Figure 45 : Ajar : [k] intervocalique : pourcentage.....	130
Figure 46 : Ebrar [b] initial, séance 1 du 18/12/2013	132
Figure 47 : Ebrar [t] intervocalique, séance 1 du 18/12/2013	132
Figure 48 : Ebrar [b] initial, séance 1 du 18/12/2013	133
Figure 49 : Ebrar ; [b] initial : pourcentage	134
Figure 50 : Ebrar [t] intervocalique, séance 1 du 18 / 12/14	135
Figure 51 : Ebrar : [t] intervocalique : pourcentage.....	135
Figure 52 : Atiens [t] intervocalique, séance 1 du 31/10/2012.....	136
Figure 53 : Atiens ; [t] intervocalique : durée de la consonne	137
Figure 54 : Atiens ; [t] intervocalique : pourcentage	137

Figure 55 : Noah [b] initial, séance 1 du 21/01/2013.....	139
Figure 56 : Noah [k] intervocalique, séance 1 du 21/01/2013.....	139
Figure 57 : Noah ; [b] initial : durée de la consonne	140
Figure 58 : Noah ; [b] initial : pourcentage	141
Figure 59 : Noah : [k] intervocalique ; durée de la consonne	142
Figure 60 : Noah ; [k] intervocalique : pourcentage	142
Figure 61 : Ryan [b] intervocalique, Séance 1 du 09/01/2013.....	144
Figure 62 : Ryan [p] intervocalique, Séance 3 du 13/03/2013.....	144
Figure 63 : Ryan : [p] intervocalique : durée de consonne	145
Figure 64 : Ryan ; [p] intervocalique : pourcentage	146
Figure 65 : Ryan ; [b] intervocalique : durée de la consonne.....	146
Figure 66 : Ryan ; [b] intervocalique : pourcentage	147
Figure 67 : Corrélation entre la durée de la consonne et le stade de déglutition. En abscisse : durée de la consonne, en ordonnée : passage de la déglutition primaire à la déglutition secondaire.....	166
Figure 68 : Espace vocalique d'Ajar.....	176
Figure 69 : Espace vocalique de référence : filles	176
Figure 70 : Noah et son espace vocalique.....	177
Figure 71 : Espace vocalique de référence garçons	178
Figure 72 : Ryan et son espace vocalique	178
Figure 73 : Espace vocalique de référence garçons	179

VI INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau sémiologique adapté (Mazeau, 1995, P.4) les conséquences des lésions cérébrales précoces sur les grandes fonctions	21
Tableau 2 : (adapté) organisation fonctionnelle des fonctions neurovisuelles ; extrait adapté de Mazeau (1995), Déficits visuo-spatiaux et dyspraxie de l'enfant : Du trouble à la rééducation, p.32).....	24
Tableau 3 : Modèle de Liepman (Extrait de Meyer, Mémoire d'orthophonie, l'apprentissage d'un code pictographique chez deux enfants infirmes moteurs d'origine cérébrale comme moyen augmentatif et palliatif au langage, p. 17, Strasbourg, 2002) qui explique les étapes de la praxie au geste.....	31
Tableau 4 : Représentation schématique du modèle anatomo-fonctionnel de Hickok et Peoppel. (Extrait de C. Dubois, 2009 ; les bases neurophysiologiques de la perception audiovisuelle syllabique).....	43
Tableau 5 : (adapté) Guitton cité par Israel-Sarfati et Montaudon (Juin 2009).....	78
Tableau 6 : Evolution motrice et fonctionnelle pour l'alimentation, déglutition, le langage et la motricité entre 0 et 24 mois (extrait adapté de Puesch et Vergeau, 2004, Les troubles de l'oralité alimentaire. Dysoralité : du refus à l'envie. p.125).....	79
Tableau 7 : (adapté) développement conjoint des deux oralités en lien avec le développement moteur et anatomique d'après Thibault (2007) ; Puesch et Vergeau (2004) ; Coquet, Ferrand et Roustit (2010) (Cité par Gelas, Monier-Guillaumin, 2016)	81
Tableau 8 : valeurs moyennes et écarts-types des tenues consonantiques de nos 5 enfants-patients	123
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des productions de consonnes chez les enfants en fonction de la position de la consonne et des séances (1x à 3x : 1 à 3 production(s), > 3x : plus de 3 productions).....	149
Tableau 10 : Production des sons [p, t, k, b, d, g] pour chaque enfant et pour l'ensemble de « la population ».....	151
Tableau 11 : Valeurs du VOT pour les consonnes labiales, dentales et vélaires.....	153
Tableau 12 : Evolution motrice et fonctionnelle pour l'alimentation, déglutition, le langage et la motricité entre 0 et 24 mois (extrait adapté de Puesch et Vergeau, 2004, Orthophonie et oralité, p.125).....	154
Tableau 13 : Calcul de l'échelle de déglutition	155
Tableau 14 : Calcul de l'échelle de déglutition	157
Tableau 15: Calcul de l'échelle de déglutition.....	160
Tableau 16 : Calcul de l'échelle de déglutition complète	163
Tableau 17 : Corrélation entre échelle de durée et échelle de déglutition	164
Tableau 18 : Evolution motrice et fonctionnelle pour l'alimentation, la déglutition, le langage et la motricité entre 0 et 24 mois (extrait de Puesch et Vergeau, 2004, Orthophonie et oralité, p.125).....	165

Tableau 19 : Normes phonétiques de l'enfant franco-qubécois (Ryalls et al., 1990)	171
Tableau 20 : Comparaisons formantiques	175
Tableau 21 : Nombre de voyelles produites en ordre décroissant [a, o, i, ε, u].....	180

VII ANNEXES

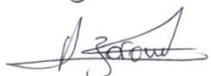
VII.1 ANNEXE : AUTORISATIONS DES PARENTS

Ajar :

Luttkasch, le 7/01/2013

Je soussigné^e KHALID
donne mon accord pour que Madame ANDRAY,
orthophoniste, procède à quelques enregistrements
acoustiques, auprès de notre enfant.
Ces enregistrements sonores totalement
anonymisés serviront à une évaluation
de la progression ou régression de la production
de la parole de l'enfant.

Pour faire ce que de droit
l'indique.



Ebrar :

Luttkasch, le 18.11.2013

Je soussigné^e NAGI HAN
donne mon accord pour que Madame ANDRAY,
orthophoniste, procède à quelques enregistrements
acoustiques, auprès de notre enfant.
Ces enregistrements sonores totalement
anonymisés serviront à une évaluation
de la progression ou régression de la production
de la parole de l'enfant. EBRAR-SKA

Pour faire ce que de droit
l'indique.



Atiens :

/, , ,
, le 20/09/2012

Je déclare : TIRAGE
J' donne mon accord pour que l'artiste ANDRÉ
ORTHOPHONISTE, procède à quelques enregistrements
acoustiques, au fil de notre enfant.
Ces enregistrements sonores totalement
anonymisés serviront à une évaluation
de la progression ou régression de la production
de la parole de l'enfant.

Pour faire ce que de droit
Signature.



Noah :

Bubliseck, le 13 Septembre 2012

je témoigne Jean-Yves
J'ouvre mon accord pour que Madame ANDREAS
orthophoniste, procéde à quelques enregistrements
acoustiques. au fil de notre enfant.
Ces enregistrements seroient totalement
anonymisés serviront à une évaluation
de la profession ou niveau de la production
de la parole de l'enfant.

Pour finir ce que de droit
Signature.



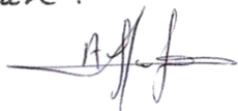
Ryan :

Lutzenbach, le 19.09.12

Je déclaire ^{AFAFE}
donne mon accord pour que Hélène ANDRY
orthophoniste, procéde à quelques enregistrements
acoustiques auprès de notre enfant.
Ces enregistrements sonores totalement
anonymisés serviront à une évaluation
de la progression ou régression de la production
de la parole de l'enfant.

Pour faire ce que de droit ..

Signature.



VII.2 ANNEXE : LISTE DES ENFANTS

Population de filles

Ajar : (née le 11/11/09) Présente une leucodystrophie (Français/Arabe)

07/02/13 : 5^{ème} séance = 3 ans 2 mois 26 j
20/02/14 : 42^{ème} séance = 4 ans 3 mois 9 j
04/12/14 : 90^{ème} séance = 5 ans 2 mois 2 j

Période de 9 mois 27 j (85 séances)

Ebrar : (née le 20/12/10) Présente une souffrance fœtale aiguë +hydrocéphalie (Français/Turque)

18/12/13 : 7^{ème} séance = 2 ans 11 mois 28 j
21/03/14 : 17^{ème} séance = 3 ans 3 mois 1 j
26/05/14 : 29^{ème} séance = 3 ans 5 mois 6 j

Période de 4 mois 8 j (22 séances)

Population de garçons

Atiens : (né le 02/08/10) Présente une malformation de Chiari type 1 +hydrocéphalie + dysmorphie crânio-faciale (Français/Albanais).

31/10/12 : 13^{ème} séance = 2 ans 2 mois 29 j
21/11/12 : 14^{ème} séance = 2 ans 3 mois 19 j
03/01/13 : 17^{ème} séance = 2 ans 4 mois 1 j

Période de 2 mois 2 j (4 séances)

Noah : (né le 09/07/08) Présente une quadriplégie + Maladie de Lesch-Nyhan (trouble du métabolisme), (Français)

21/01/13 : 70^{ème} séance = 4 ans 6 mois 12 j
07/03/13 : 78^{ème} séance = 4 ans 7 mois 28 j
30/05/13 : 90^{ème} séance = 4 ans 10 mois 21 j

Période de 4 mois 9 j (20 séances)

Ryan : (né le 02/10/08) Présente une neuropathie centrale et périphérique progressive (Français/ Arabe).

09/01/13 : 29^{ème} séance = 4 ans 2 mois 7 j
06/02/13 : 32^{ème} séance = 4 ans 4 mois 4 j
13/03/13 : 35^{ème} séance = 4 ans 5 mois 11 j

} Période de 2 mois 4 j (4 séances)

VII.3 ANNEXE : TABLEAU COMPLET PLUS ECHELLE DE DEGLUTITION

VII.3.1 AJAR

date	n°	sequence mesurée	VOT	VOI	durée	Situation	F1	F2	F3	F4	STADE ALIMENTAIRE
07/02/2013	3 an 2 mois 26 J	Sens-Sensé	sous ("mot")								
	1	[ləpjɛɔ̃] le mouton	[l] + [ɛ]	53,988	54,023	3,5	NV				
	2	[mɛ̃ aŋ du] mon dou dou	[d] + [ɛ]	146,302	146,300	88	V				
	3	[dubdu] dou dou	[d] + [u]	146,713	146,719	6	V				
	4	[b]j) ecceito	[b] + [t]	149,857	149,977	20	V				
	5	[ki] qui	[k] + [t]	154,425	154,445	20	V				
	6	[ekɔ̃] mout (fruit de la vache)	[k] + [ɛ]	156,280	156,372	92	NV				
	7	[dubu] mouton	[d] + [u]	234,626	234,648	22	NV				
	8	[b]j) b̄ (bruit du mouton)	[b] + [s]	314,208	314,209	10	V				
	9	[midbdu] maison	[b] + [s]	317,126	317,162	36	V				
	10	[b]j) pomme	[b] + [ɔ]	320,890	320,916	46	V				
	11	[pmɔ̃] pomme	[p] + [m]	327,787	327,821	34	V				
	12	[edf] papa (arabe)	[d] + [ɛ]	332,366	332,388	22	NV				
	13	[ʃwɑ̃] pomme	[p] + [v]	394,352	394,364	12	NV				
	14	[bɛ̃:] hu (bruit du cheval)	[b] + [ɛ]	436,618	436,639	21	V				
	15	[ɛ?ag̩ebab] b̄ (bruit du mouton)	[g] + [ɛ]	449,489	449,516	70	V				
	16	[n̩ɔ̃#tudu] comme un discau	[b] + [ɔ]	450,753	450,759	6	V				
	17	[bɔ̃] beau	[b] + [u]	469,039	469,056	17	NV				
	18	[bɛ̃] maison	[d] + [u]	470,990	470,995	105	NV				
	19	[bɔ̃pɔ̃] pomme	[d] + [ɔ]	470,374	470,393	19	NV				
	20	[po] pomme	[b] + [ɔ]	473,180	473,192	12	V				
	21	[gu] (spontané)	[b] + [ɔ]	486,152	486,194	42	V				
	22	[b]j) b̄ (bruit du mouton)	[b] + [ɛ]	486,152	486,194	42	V				
	23	[ɛ?odu] un cecthon	[b] + [ɛ]	504,776	504,789	13	V				
	24	[ɛbɔ̃] humane	[b] + [ɔ]	505,341	505,410	69	NV				
	25	[ag̩i#b̄] (spontané)	[b] + [ɔ]	506,234	506,278	34	NV				
	26	[fe#ib̄yɛ̃] (spontané)	[b] + [ɛ]	551,028	551,056	28	V				
	27	[fœ̃] (spontané)	[b] + [ɛ]	552,494	552,516	22	V				
	28	[ab̄] Napa arabe	[b] + [ɔ]	564,206	564,318	22	V				
	29	[gab̄] animus	[b] + [ɛ]	676,038	676,052	14	V				
	30	[ga#ɛ̃yɛ̃] pas de bêté	[b] + [ɛ]	814,702	814,839	137	V				
	31	[amapo] pomme	[b] + [ɛ]	816,144	816,205	61	NV				
	32	[bɛ̃] (spontané)	[b] + [ɛ]	1243,103	1243,205	102	NV				
20/02/2014	1	[selkwal] c'est quoi	[k] + [v]	12,494	12,520	26	NW				
	2	[kwa] quoi	[k] + [w]	14,647	14,679	32	NW				
	3	[selkwal] c'est quoi	[k] + [v]	29,380	29,427	47	NW				
	4	[selkwal] c'est quoi	[k] + [v]	57,579	57,654	75	NW				
	5	[selkwal] c'est quoi	[k] + [v]	59,617	59,667	50	NW				
	6	[pil] pl	[p] + [t]	61,977	62,022	23	NW				
	7	[selkwal] c'est quoi	[k] + [w]	78,534	78,560	26	NW				
	8	[selkwal] c'est quoi	[k] + [v]	83,223	83,223	31	NW				
	9	[kukuz] cuisine	[k] + [t]	95,417	95,479	62	NW				
	10	[bɛ̃] (spontané)	[b] + [ɛ]	1255,708	1255,718	10	V				
	29	[2255.823866.766.209534.1659.780389.2914.823491.4332.377884]		58,1245.335811.704.179517.3096.697355.4162.846915							
				58,870.651080.627.823352.1242.3801.47.2978.865600.3813.603755							
				84,795.654318.660.707227.1004.590906.2084.825867.3877.654594							
				105,5716561.106,403.423,69.1190.66576.2060.893220.3647.654576							
				34,154.565184.462.444602.1382.8212796.3160.684931.4933.625356							
				21,234.709313.935.694919.1782.16597.2863.310204.4153.606541							
				35,312.28031.893.648771.157.593156.287.337551.							
				80,321.12017.792.313385.1693.145191.4719.609770							
				279,327.923049.1092.57992.1995.223139.3352.357002.5076.666232							
				393,590266.668.606815.1329.153179.3162.822609.4729.84837							

date	n°	sens ("mot")	séquence mesurée	VOT délai	fin direct(n)s	vois(s)V/Nom/Voises (NV)	consonnes	fonction	durée	Situation	F1	F2	F3	F4	STADE AUMENAYAINE	ÉCHELLE AUMENAYAIRE
04/12/2014	1	[dʒipwəʃan#p̚] un lapin	[p̚]+[val]	95,888	95,917	29	NV									5
90ème séance	2	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[p̚]+[t̚]	126,772	126,783	11	NV									5
sans 2 mots/231	3	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[k]+[val]	130,702	130,724	22	V									5
	4	[səækwaŋ] manteau	[k]+[val]	161,391	161,395	4	V									5
	5	[lo p̚] le pull	[p̚]+[ɔ̃]	180,369	180,393	24	NV									5
	6	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[k]+[val]	181,279	181,298	19	V									5
	7	[dəmənu] des cerises	[k]+[ɔ̃]	216,725	216,743	18	V									5
	8	[dʒɔ̃pɔ̃] il dit pomme	[k]+[ɔ̃]	306,209	306,223	44	V									5
	9	[səækwaŋ] c'est un canion	[k]+[ɔ̃]	307,318	307,333	15	V									5
	10	[səækwaŋ] c'est quoi un bâton	[k]+[ɔ̃]	308,565	308,580	15	V									5
	11	[labuŋθ̚] le bateau	[b̚]+[ɔ̃]	309,068	309,085	17	V									5
	12	[sp̚e] lapin	[p̚]+[ɛ̃]	316,912	316,938	46	V									5
	13	[çʃlafelboʃ] et qu'il est beau le chat	[b̚]+[ɔ̃]	320,048	320,062	14	V									5
	14	[labuŋθ̚] la balancoire	[b̚]+[ɔ̃]	368,316	368,338	22	NW									5
	15	[labuŋθ̚] la balancoire	[b̚]+[ɔ̃]	369,462	369,483	21	NW									5
	16	[galabuŋθ̚] regarde la balancoire	[b̚]+[ɔ̃]	382,892	382,937	45	NW									5
	17	[labuŋθ̚] la balancoire	[b̚]+[ɔ̃]	413,984	414,000	16	NW									5
	18	[labuŋθ̚] la bas	[b̚]+[ɔ̃]	449,974	449,991	17	NW									5
	19	[p̚if] piscine	[p̚]+[ĩ]	535,301	535,324	23	NW									5
	20	[nanelep̚ijmə] il met le pyjama	[p̚]+[ĩ]	568,983	569,053	70	NW									5
	21	[panin] patin	[p̚]+[ĩ]	617,833	617,900	47	V									5
	22	[ləkaj] le canier	[k]+[a]	662,222	662,238											5
	23	[parŋ̚] papillon	[p̚]+[a]	662,697	662,708	11	V									5
	24	[eleveaklepk̚] ya les pointes de cau	[p̚]+[e]	712,755	712,789	34	NW									5
	25	[debuŋθ̚] des boules	[d]+[e]	749,647	749,665	18	NW									5
	26	[ja p̚ ĩ ba bu] il a pris le ballon	[b̚]+[u]	774,317	774,335	18	V									5
	27	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[k]+[va]	795,822	795,875	43	NW									5
	28	[səækwaŋ] c'est quoi	[k]+[va]	828,035	828,111	76	NW									5
	29	[z̚bað] une bûche	[k]+[ɔ̃]	967,106	967,126	20	NW									5
	30	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[k]+[va]	104,541	104,565	24	NW									5
	31	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[k]+[ɔ̃]	105,348	105,385	17	NW									5
	32	[ləkɔ̃k̚] le coq	[k]+[ɔ̃]	115,073	115,110	128,572	NW									5
	33	[ləkɔ̃k̚] le coq	[k]+[ɔ̃]	120,967	120,983	128,572	NW									5
	34	[ləkana] le canard	[k]+[a]	154,145	154,169	17	NW									5
	35	[paʃ̚] pas cedui-hâ	[p̚]+[a]	153,210	153,231	21	NW									5
	36	[pan] femme	[p̚]+[a]													5
04/12/2014	1	[dʒipwəʃan#p̚] un lapin	[p̚]+[val]	16,372	16,386	14	NW									5
	2	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[p̚]+[t̚]	17,439	17,433	64	NW									5
	3	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[k]+[val]	28,178	28,193	59	NW									5
	4	[səækwaŋ] manteau	[k]+[val]	39,886	61											5
	5	[lo p̚] le pull	[p̚]+[ɔ̃]	44,574	44,630	56	NW									5
	6	[səækwaŋ] ça c'est quoi	[p̚]+[ɔ̃]	48,327	48,462	35	NW									5
	7	[dəmənu] des cerises	[d]+[t̚]	71,471	71,535											5
	8	[dʒɔ̃pɔ̃] il dit pomme	[d]+[t̚]	72,879	72,982	13	V									5
	9	[səækwaŋ] c'est un canyon	[k]+[ɔ̃]	89,463	89,469	6	NW									5
	10	[səækwaŋ] c'est quoi un bâton	[k]+[ɔ̃]	94,089	94,187	98	V									5
	11	[labuŋθ̚] le bateau	[b̚]+[ɔ̃]	98,381	98,385	4	V									5
	12	[sp̚e] lapin	[p̚]+[ɛ̃]	98,596	98,652	56	NW									5
	13	[dʒipwəʃan#p̚] un lapin	[p̚]+[ɛ̃]	126,542	126,733	191	NW									5

date	n°	sons ("mot")	séquence mesurée	VOT début	fin	durée(ms)	voisées(V)/Non Voisées(NV)	consonnes	FORMANT	STADE AUMENTAIRE				
										Situation	F1	F2	F3	F4
	13	[nape̞] lapin	[p] + [ɛ]	133,431	133,444	13	NV							5
	14	[ɛkɔ̞] un cochon	[k] + [ɔ̞]	141,748	141,769	21	NV							5
	15	[sɔ̞ma] tomate	[t] + [ɔ̞]	146,579	146,598	19	NV							5
	16	[kw] quoi	[k] + [w]	151,336	151,393	57	NV							5
	17	[agɔ̞ɔ̞] là un canyon	[g] + [a]	173,028	173,061	33	V							5
	18	[fiaʃao] elle est là l'auto	[t] + [a]	183,208	183,227	19	NV							5
	19	[sekwa] c'est quoi	[k] + [va]	197,059	197,081	22	NV							5
	20	[ekaro] des canottes	[k] + [a]	198,521	198,535	14	NV							5
	21	[sekwa] c'est quoi	[k] + [va]	216,805	216,849	44	NV							5
	22	[a puif] une pompe	[p] + [u]	224,287	224,307	20	NV							5
	23	[a p'upel] la poupée	[t] + [i]	224,639	224,657	18	NV							5
	24	[ib̩] bleu	[p̩] + [u]	226,556	226,691	135	NV							5
	25	[ledwalañe] les doigts les mains	[b] + [ɑ̞]	283,218	283,255	37	V							5
	26	[dego̞] des gants	[d] + [va]	300,311	300,322	11	V							5
	27	[jekajiljekaj] il est cassé	[d] + [c]	308,667	308,680	13	V							5
	28	[dep̩y] des pullis	[g] + [d̩]	308,934	308,977	23	V							5
	29	[pink] cube	[k] + [a]	360,828	360,839	11	NV							5
	30	[ban̩] banane	[k] + [y]	361,609	361,626	17	NV							5
	31	[sekwal] c'est quoi	[p] + [i]	366,165	366,207	42	NV							5
	32	[dekake] des baskettes	[b] + [a]	372,924	372,979	55	NV							5
	33	[patal̩] pantalon	[k] + [va]	380,855	380,865	10	V							5
	34	[deschel̩] des chaussures	[d] + [e]	392,900	392,957	57	NV							5
	35	[sekache] c'est cassé	[k] + [a]	426,098	426,098	10	V							5
	36	[kaʃe] cassé	[k] + [a]	426,380	426,391	11	NV							5
	37	[ʃkanal] un canard	[k] + [e]	426,679	426,726	47	NV							5
	38	[ɛxɔ̞ɔ̞] un cochon	[p] + [ɔ̞]	454,595	454,613	18	NV							5
	39	[bufedəñe] mange le pain	[d] + [e]	460,803	460,820	17	V							5
	40	[fataleçpon] elle est là la pomme	[k] + [a]	487,154	487,173	19	NV							5
	41	[p̩itañ] pantalon	[k] + [a]	494,885	494,905	20	NV							5
	42	[isiskalo] ici c'est le cochon	[k] + [o]	596,334	596,362	28	NV							5
	43	[ɔ̞ɔ̞] pomme	[k] + [a]	619,596	619,610	14	NV							5
	44	[un k̩at̩o] un canion	[p] + [o]	644,418	644,421	3	NV							5
	45	[simðiko] un canyon	[p̩] + [o]	685,421	685,450	29	NV							5
	46	[sɔ̞ɔ̞ʃekwasseskwal] ça c'est quoi, ça c'est quoi	[t̩] + [o]	691,019	691,039	20	NV							5
	47	[lakɔ̞ɔ̞] le cochon	[k] + [va]	691,201	691,242	41	NV							5
	48	[ajasyʃfiliñikʃʃe] celui là il est cassé	[k] + [a]	699,549	699,576	27	NV							5
		Raccourcissement et disparition progressives des pauses		756,656	756,664	8	NV							5
		Présence du "spirre"		759,999	760,122	123	NV							5
		Présence de pause ou de silence transcrits #		760,293	760,338	35	NV							5
		Présence de coup de glotte (anbe) transcrit [?]		766,222	766,268	46	NV							5
				835,098	835,148	50	NV							5
				878,381	878,406	25	NV							5
				952,029	952,049	20	NV							5

Remarques:

[a p'upel] la poupée
[ib̩] bleu
[ledwalañe] les doigts les mains
[dego̞] des gants
[jekajiljekaj] il est cassé
[dep̩y] des pullis
[pink] cube
[ban̩] banane
[sekwal] c'est quoi
[dekake] des baskettes

[patal̩] pantalon
[deschel̩] des chaussures
[sekache] c'est cassé
[kaʃe] cassé
[ʃkanal] un canard
[ɛxɔ̞ɔ̞] un cochon
[bufedəñe] mange le pain
[fataleçpon] elle est là la pomme
[p̩itañ] pantalon

[isiskalo] ici c'est le cochon
[ɔ̞ɔ̞] pomme
[un k̩at̩o] un canion
[sɔ̞ɔ̞ʃekwasseskwal] ça c'est quoi, ça c'est quoi
[lakɔ̞ɔ̞] le cochon

[ajasyʃfiliñikʃʃe] celui là il est cassé

Raccourcissement et disparition progressives des pauses

Présence du "spirre"

Présence de pause ou de silence transcrits #

Présence de coup de glotte (anbe) transcrit [?]

ECHELLE AUMENTAIRE

VII.3.2 EBRAR

date	n°	sous ("mot")	séquence mesurée	VOT ^a	début	fin	durées(ms)	CONSONNES Voisées(V)/Non voisées(NV)	DUREE CONSONNES	FORMANT	Silence	F1	F2	F3	F4	STADE ALIMENTAIRE	ÉCHELLE ALIMENTAIRE
18/12/2013	1	[b̥] biphip	[b̥] +[ɛ]	115,901	115,951	117,001	50	V									2
2 ans 11 mois (28)	2	[b̥b̥] biphip	[b̥] +[ɛ]	117,001	117,052	118,001	3	V									2
3	[b̥b̥b̥] biphip	[b̥] +[ɛ]	118,001	118,053	119,001	22	V									2	
4	[b̥b̥b̥b̥] biphip	[b̥] +[ɛ]	119,001	119,309	120,001	22	V									2	
5	[futata] cuicuk (bruit des oiseaux)	[f̥] +[a]	163,822	163,861	164,001	3	NV									2	
6	[futata] cuicuk (bruit des oiseaux)	[f̥] +[a]	164,002	164,112	164,404	3	NV									2	
7	[futata] cuicuk (bruit des oiseaux)	[f̥] +[a]	164,376	164,404	164,706	4	NV									2	
8	[futata] cuicuk (bruit des oiseaux)	[f̥] +[a]	164,665	164,746	165,101	81	NV									2	
9	[futata] cuicuk (bruit des oiseaux)	[f̥] +[a]	164,911	164,924	165,001	14	NV									2	
10	[futata] coucou	[t̥] +[ɛ]	169,002	169,047	169,101	27	NV									2	
11	[futata] coucou	[t̥] +[ɛ]	169,056	169,066	169,101	23	NV									2	
12	[futata] coucou	[t̥] +[ɛ]	169,779	169,808	169,901	29	NV									2	
13	[futata] coucou	[t̥] +[ɛ]	191,181	191,196	191,201	15	NV									2	
14	[futata] coucou	[t̥] +[ɛ]	191,592	191,592	191,601	12	NV									2	
15	[b̥] b̥	[b̥] +[ɛ]	273,078	273,093	273,098	15	NV									2	
16	[b̥] b̥ (expression : "coucou, b̥uh")	[b̥] +[ɛ]	441,279	441,318	441,321	39	NV									2	
17	[p̥p̥] p̥ (ture)	[p̥] +[ɛ]	452,173	452,186	452,191	13	NV									2	
18	[app̥] humame	[p̥] +[d̥]	474,548	474,554	474,561	6	NV									2	
21/03/2014																	
17ème séance	1	[alopito] (spontané)	[p̥] +[t̥]	180,206	180,217	180,228	11	NV								3	
3 ans 3 mois (11)	2	[numele] miaou	[t̥] +[ɛ]	206,296	206,304	206,308	8	NV								3	
3	[ge dadal] le chat	[b̥] +[ɛ]	208,583	208,654	208,657	71	V									3	
4	[ge dadal] le chat	[d̥] +[ɛ]	208,933	208,957	209,001	24	V									3	
5	[ge dadal] le chat	[d̥] +[ɛ]	209,259	209,259	209,259	0	V									3	
6	[bevebebebebe] coin coin (bruit du canard)	[b̥] +[ɛ]	250,317	250,357	250,357	40	V									3	
7	[bevebebebebe] coin coin (bruit du canard)	[b̥] +[ɛ]	251,204	251,212	251,212	8	V									3	
8	[bevebebebebe] coin coin (bruit du canard)	[b̥] +[ɛ]	252,214	252,236	252,236	12	V									3	
9	[bevebebebebe] coin coin (bruit du canard)	[b̥] +[ɛ]	252,695	252,705	252,705	10	V									3	
10	[b̥] meuh	[b̥] +[ɛ]	309,502	309,514	309,514	12	NV									3	
11	[le epe] b̥ (bruit du mouton)	[p̥] +[t̥]	428,208	428,227	428,227	29	NV									3	
12	[b̥p̥] b̥ (bruit du mouton)	[b̥] +[ɛ]	434,016	434,049	434,049	33	V									3	
13	[p̥p̥]	[p̥] +[t̥]	434,355	434,369	434,369	14	NV									3	
14	[p̥p̥]	[p̥] +[ɛ]	434,694	434,698	434,698	14	NV									3	
15	[p̥p̥] pap̥pap̥pap̥b̥hah (langage spontané)	[p̥] +[d̥]	456,429	456,439	456,439	10	NV									3	
16	[p̥p̥] pap̥pap̥pap̥b̥hah (langage spontané)	[p̥] +[ɛ]	459,108	459,118	459,118	10	NV									3	
17	[gega] (langage spontané)	[g̥] +[ɛ]	549,241	549,261	549,261	20	V									3	
18	[gega] (langage spontané)	[g̥] +[ɛ]	549,762	549,768	549,768	6	V									3	
19	[fo jo dœ] (langage spontané)	[d̥] +[ɛ]	680,306	680,406	680,406	10	V									3	
20	[fo jo dœ] (langage spontané)	[d̥] +[ɛ]	680,702	680,724	680,724	22	V									3	
21	[fez devront] (langage spontané)	[d̥] +[ɛ]	697,805	697,828	697,828	23	V									3	
22	[fez devront] (langage spontané)	[d̥] +[ɛ]	705,005	705,103	705,103	50	NV									3	
26/05/2014	1	[lego] écureuil	[g̥] +[ɛ]	194,49	194,49	194,49	0	V								3	
29ème séance	2	[fodane] (langage spontané)	[d̥] +[ɛ]	278,142	278,142	278,142	0	V								3	
3 ans 5 mois (6)	3	[oujaja] (langage spontané)	[d̥] +[ɛ]	289,378	289,394	289,394	47	NV								3	
4	[dausyvõõõõ] meuh (bruit de la vache)	[d̥] +[ɛ]	430,882	430,898	430,898	16	V									3	
5	[bebebebe] coin coin (bruit du canard)	[d̥] +[ɛ]	476,456	476,492	476,492	16	V									3	
6	[bebebebe] coin coin (bruit du canard)	[d̥] +[ɛ]	477,007	477,023	477,023	15	NV									3	
7	[ch] popa	[d̥] +[ɛ]	807,902	807,918	807,918	16	V									3	
8	[ada] (ton y va tunc)	[d̥] +[ɛ]	814,135	814,141	814,141	6	V									4	
9	[ada] (ton y va tunc)	[d̥] +[ɛ]	821,404	821,404	821,404	0	V									4	
10	[ada] (ton y va tunc)	[d̥] +[ɛ]	862,233	862,233	862,233	102	NV									4	
11	[ada] (ton y va tunc)	[d̥] +[ɛ]	877,109	877,142	877,142	33	NV									4	

Prise de sonore, ou non pris.

VII.3.3 ATIENS

date	n°	sous ("mot")	séquence mesurée	début	VOT	durée(ms)	CONSONNES voisées(V) non voisées(NV)	DUREE CONSONNE	FORMANTS	STADE ALIMENTAIRE	ÉCHELLE ALIMENTAIRE	
				fin			NV	Suasion	F1	F2	F3	F4
31/10/2012	1	[t̪] to	[t̪ + e]	161,899	161,964	65						
13ème séance 2 ans 2 mois 29)	2	[opə] popa (partir)	[p̪ + o]	303,153	303,195	42	NV	35.302.595,73 768.840.825 1211.094.983 1824.617.390	351.569.941	Boit au biberon	1	
21/11/2012	3	[ata] ata	[t̪ + a]	571,59	571,618	28	NV	128.571.764.111 849.422.692 1528.648.667 2958.108.266	4271.543.799	STADE ALIMENTAIRE	1	
14ème séance 2 ans 3 mois 19)	1	[b̪] bravo	[b̪ + a]	124,096	124,113	34	V	90.124.188.770 1075.288.342 1653.633.984 3188.757.734 4528.196.928	Boit de l'eau dans un verre	2		
	2	[p̪] cheval	[p̪ + a]	486,565	486,602	37	NV	107.1091.968.853 761.523.234 156.523.319 2953.314.173 4368.113.261	(Phase d'apprentissage)	2		
	3	[d̪] attends	[d̪ + a]	1091,741	1091,805	64	NV					
03/01/2013	1	[t̪oe] pourquoi	[t̪ + o]	100,694	100,724	30	NV					
17ème séance 2 ans 4 mois 1)	2	[t̪oe] pourquoi	[t̪ + e]	100,951	100,99	39	NV	122.10.305.25 709.22.049.8 1001.807.901 2591.916.935 4087.411.369	Boit au verre à table	3		
	3	[dole] dolé (spontané)	[d̪ + o]	600,598	600,635	37	V	101.60.70.369.85 591.99.256 1502.61.144 3230.56.776 4392.334.356		3		
	4	[pepet] petite	[p̪ + e]	612,387	612,406	19	NV					
	5	[pepet] petite	[p̪ + e]	612,715	612,755	40	NV	119.62.79.635.8 790.393.25 1515.00.624 2340.283.8 4001.134.40		3		
	6	[atœ] un ours	[t̪ + o]	880,14	880,17	30	NV	182.880.236.63 695.76.944 1246.238.31 2421.210.422 4239.177.14		3		
	7	[atœ] attendus	[t̪ + o]	901,961	902,027	66	NV	99.902.091.447 703.13.781 1250.384.443 2271.645.512 4074.340.80		3		
	8	[d̪] attends	[d̪ + o]	915,609	915,643	34	NV	82.95.721.72 719.848.76 1294.481.189 2038.82.481.9 4604.29.893		3		
	9	[ki] biscuit	[k + i]	939,596	939,687	91	NV	179.939.316.991 509.602.092 1644.294.585 3968.23995.98 4472.75.844		3		

VII.3.4

NOAH

date	n°	sous ("mot")	équence mesurée	VOT	CONSONNES	FORMANT	SITUATION	F1	F2	F3	F4	STADE ALIMENTAIRE	ECHELLE ALIMENTAIRE	
			début fin	duré(ms)	Voisées(V)/non Voisées(NV)									
21/01/2013	1	[babab] papa	[b] +[a]	79,002 79,308	79,014 79,321	12 13	V V	153	79,11659 164,788	81,444974 164,799	100,733814 165,41199	359,9341847 359,93531	bon au biberon	1
70ème séance 4 ans 6 mois 12J	2	[pabao] panpan	[b] +[a]	79,308 165,046	79,321 165,062	11 16	V V	111	79,435638 164,62684	1104,62684	176,171053 165,41199	359,9341847 359,93531	essaie de boire à la tasse mais non conciliant	1
3	[pabao] panpan	[b] +[a]	165,046 172,629	165,062 172,651	22 29	V V	73	173,67699 208,174,7562	631,158823 695,67213	1253,997145 1061,742422	3588,671646 3588,671646	432,163264 430,525549		
4	[bo] pan	[b] +[o]	172,629 174,575	172,922 174,583	29 10	V V	174,575 174,583	171,618 171,618	179,357 179,357	179,371 179,371	14	V NV		
5	[bə] pan	[b] +[ə]	174,575 174,583	172,922 174,583	29 10	V V	174,583 174,583	171,618 171,618	179,357 179,357	179,371 179,371	14	V NV		
6	[sboboo] panpan	[b] +[ə]	174,583 212,455	174,583 212,455	10 24	V V	174,583 212,455	171,618 212,455	179,357 212,455	179,371 212,455	14	V NV		
7	[pipyve] biphip	[b] +[i]	212,455 212,918	212,455 212,918	0 0	V V	212,918 212,918	212,918 212,918	179,357 212,918	179,371 212,918	14	V NV		
8	[bubuvij] biphiphip	[b] +[i]	212,918 229,982	212,918 229,982	0 0	V V	212,918 229,982	212,918 229,982	179,357 212,918	179,371 212,918	14	V NV		
9	[bi] biphip	[b] +[i]	229,982 230,333	229,982 230,333	0 26	V V	229,982 230,333	229,982 230,333	179,357 230,333	179,371 230,333	14	V V		
10	[pibib] biphip	[b] +[i]	230,333 245,058	230,333 245,058	26 14	V V	230,333 245,058	230,333 245,058	179,357 230,333	179,371 245,058	14	V V		
11	[pibio] biphip	[b] +[i]	245,058 248,978	245,058 248,978	8 19	V V	245,058 248,978	245,058 248,978	179,357 245,058	179,371 248,978	14	V V		
12	[b]io bip	[b] +[i]	248,978 258,835	248,978 258,835	19 8	V V	248,978 258,835	248,978 258,835	179,357 248,978	179,371 258,835	14	V V		
13	[sboboo] (biberon) biphip	[b] +[i]	258,835 273,884	258,835 273,884	8 12	V V	258,835 273,884	258,835 273,884	179,357 258,835	179,371 273,884	14	V V		
14	[bɛ] bé (bruit du biberon)	[b] +[ε]	273,884 274,630	273,884 274,630	8 8	V V	273,884 274,630	273,884 274,630	179,357 273,884	179,371 274,630	14	V V		
15	[bɛ] bé (bruit du moueton)	[b] +[ε]	274,630 294,599	274,630 294,599	8 20	V V	274,630 294,599	274,630 294,599	179,357 294,599	179,371 294,599	14	V V		
16	[lobonɔ̄] panpan	[b] +[ɔ̄]	294,599 305,148	294,599 305,148	23 23	V V	294,599 305,148	294,599 305,148	179,357 305,148	179,371 305,148	14	V V		
17	[pɔ̄nɔ̄pɔ̄] panpanpan	[b] +[ɔ̄]	305,148 318,824	305,148 318,824	24 16	V V	305,148 318,824	305,148 318,824	179,357 318,824	179,371 318,824	14	V V		
18	[bibij] biphip	[b] +[i]	318,824 322,946	318,824 322,946	31 16	V V	318,824 322,946	318,824 322,946	179,357 322,946	179,371 322,946	14	V V		
19	[p̄ep̄ɔ̄] pimpon	[b] +[ɔ̄]	322,946 323,34	322,946 323,34	31 31	V V	322,946 323,34	322,946 323,34	179,357 322,946	179,371 323,34	14	V V		
20	[loɔ̄pɔ̄] papap (sonne tout le temps)	[b] +[a]	323,34 595,148	323,3405 595,148	31 40	V V	323,34 595,148	323,3405 595,148	179,357 595,148	179,371 595,148	14	V V		
21	[agakā] ta	[g] +[a]	595,148 595,614	595,148 595,614	40 180	V NV	595,148 595,614	595,148 595,614	179,357 595,148	179,371 595,614	14	V NV		
22	[kal] ta	[k] +[a]	595,614 608,976	595,614 608,976	18 18	V NV	595,614 608,976	595,614 608,976	179,357 608,976	179,371 608,976	14	V NV		
23	[dal] ta	[d] +[a]	608,976 610,850	608,976 610,850	10 10	V V	608,976 610,850	608,976 610,850	179,357 610,850	179,371 610,850	14	V V		
24	[b̄v̄l] biz (bruit de l'abeille)	[b̄] +[i]	610,850 633,569	610,850 633,569	10 21	V V	610,850 633,569	610,850 633,569	179,357 633,569	179,371 633,569	14	V V		
25	[gakaga] tata	[g] +[a]	633,569 680,173	633,569 680,173	21 27	V V	633,569 680,173	633,569 680,173	179,357 680,173	179,371 680,173	14	V V		
26	[pɔ̄] coin (bruit du canard)	[g] +[ɔ̄]	680,173 823,056	680,173 823,056	23 15	V NV	680,173 823,056	680,173 823,056	179,357 823,056	179,371 823,056	14	V NV		
07/03/2013	1	[baɔ̄] ballon	[b] +[a]	209,315 393,154	209,328 393,167	13 13	V V	209,315 393,154	209,328 393,167	123,32022 185,1715956	2202,396596 332,1715956	3916,5522799 4393,770994	longue silencie entre les deux	2
78ème séance 4 ans 7 mois 28J	2	[bo] te	[b] +[ə]	505,678 505,693	505,678 505,693	15 15	V NV	505,678 505,693	505,678 505,693	155,915957 155,915957	657,4672113 657,4672113	185,1715956 185,1715956	mais moins de prononc	2
4	[kakaga] tata	[k] +[a]	505,693 506,185	505,693 506,185	11 28	V NV	505,693 506,185	505,693 506,185	155,915957 155,915957	1301,499907 1360,151774	2302,217077 2323,543901	fin mars/bot du lait + caca à la paille	2	
5	[by] tu	[b] +[y]	506,185 580,632	506,185 580,642	16 16	V V	506,185 580,632	506,185 580,642	155,915957 155,915957	473,8332939 209,770444	158,185718 408,30367		2	
6	[b̄y] tu	[b̄] +[y]	580,632 592,877	580,632 592,877	4 4	V V	580,632 592,877	580,632 592,877	155,915957 155,915957	211,580,77151 473,8332939	249,837338 398,335528		2	
7	[kwakwa] concoin (son du canard)	[k] +[wa]	592,877 613,120	592,877 613,120	42 42	V NV	592,877 613,120	592,877 613,120	155,915957 155,915957	60,593,073688 197,7960190	398,335528 2013,006940		2	
			613,598	613,598	38	V NV							2	

VII.3.5 RYAN

date	#	word ("morph")	syllable number	VOT	duration	voiced/vowel/voiced (V/V)	onset consonant	consonants	dele	silence	F1	F2	F3	F4	tonal information	tonal movement
00/01/2011	1	[dəb] right	1	[d]	2.000	2.916	9	v			130.1350 170.5470 141.9660 201.8030 200.5130					
29/01/2011	2	[dɒf] right	1	[d]	0.003	5.105	22	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
4 mo 2 mon 1	3	[ɒfz] batte	1	[f]	0.019	55.979	122	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	4	[ləkə] place	1	[k]	62.281	63.388	75	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	5	[glɪf] place	1	[tʃ]	68.039	68.383	13	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	6	[jʌdʒəv] it is round	1	[tʃ]	76.659	76.719	90	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	7	[ləðəv] it is round	1	[d]	104.080	104.115	26	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	8	[ɒfɪg] it is round	1	[p]	138.189	138.216	27	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	9	[ɪvɛ] cool	1	[tʃ]	142.617	142.796	35	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	10	[ʃən] she comes	1	[b]	196.382	199.895	13	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	11	[bəmə] book	1	[b]	236.583	236.511	30	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	12	[lɛvɪp] book	1	[tʃ]	262.534	262.592	38	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	13	[lədʒɪ] it does	1	[d]	323.558	323.596	28	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	14	[dəb] down	1	[tʃ]	328.612	328.663	56	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	15	[tɒbɪ] below	1	[b]	342.346	342.394	48	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	16	[tɒbɪh] it is below	1	[b]	345.505	345.530	15	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	17	[ɔɪpɪ] it is good	1	[b]	366.960	366.910	20	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	18	[dɒbɪ] down	1	[d]	371.608	371.627	19	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	19	[bɒbɪ] below	1	[b]	498.770	498.789	16	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	20	[ləmədə] it is bad and angry	1	[d]	631.945	631.969	15	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	21	[bɒbɪ] below	1	[b]	878.467	878.493	26	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
00/02/2011	1	[bɪg] chat	1	[tʃ]	27.946	27.934	8	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	2	[pɒd] position	1	[p]	18.913	18.943	19	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	3	[ləkə] place	1	[k]	183.180	183.202	22	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	4	[ləkə] place	1	[tʃ]	196.545	196.581	39	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	5	[təpɪ] regards	1	[tʃ]	228.610	228.629	23	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	6	[estɪgɪdə] he regards	1	[d]	258.645	258.669	15	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	7	[dəbəmə] doesn't go	1	[d]	268.642	268.678	16	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	8	[dəbɪ] above	1	[tʃ]	287.734	287.766	23	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	9	[təkəpɪdə] it is open	1	[d]	918.881	918.901	20	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	10	[pɒsɪpɪ] open	1	[d]	917.448	917.463	14	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	11	[tɒpɪ] open	1	[d]	107.711	108.809	29	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	12	[ləmədə] it is bad and angry	1	[d]	110.095	110.115	10	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	13	[təpɪdə] it is open	1	[d]	134.763	134.780	17	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	14	[ləkə] place	1	[tʃ]	110.060	110.071	23	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	15	[ləkə] place	1	[tʃ]	113.237	113.246	16	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	16	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	161.794	161.857	18	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	17	[təpɪdə] it is open	1	[d]	165.919	165.941	22	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	18	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	186.150	186.175	25	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	19	[təpɪdə] it is open	1	[d]	193.521	193.532	11	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	20	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	193.829	193.832	23	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	21	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	202.225	202.230	8	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	22	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	208.629	208.639	25	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	23	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	306.680	306.712	31	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	24	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	308.900	308.900	30	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	25	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	308.743	308.752	6	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	26	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	460.579	460.554	15	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					
	27	[tɒbɪ] below	1	[tʃ]	484.609	484.639	27	v			49.1515 171.2760 140.9060 201.8030 200.5130					

date	n°	sons ("mot")	séquence mesurée									
			VOI	duré(ms)	CONSONNES	FORMANT	DURÉE	SITUATION F1	F2	F3	F4	STADE ALIMENTAIRE
14		[l]ərɔ̃tɔ̃k([lɔ̃tɔ̃]) pour "le pony"	[p] + [ɔ̃]	486,335	486,361	26	NV					3
15		[papa]([pa]) et [pa]) pour "papa"	[d] + [i]	489,980	490,049	69	V					3
16		[a]ətʃ([i]ətʃ) pour "attends"	[p] + [a]	495,364	495,377	13	NV					3
17		[əbɔ̃dãmã]([du]) pour "c'est ton c'est la même"	[t] + [ɑ̃]	495,606	495,617	11	NV					3
18		[əbɔ̃dãmã]([du]) pour "regarde c'est la même"	[b] + [ɑ̃]	510,909	510,943	34	NV					3
19		[əpɔ̃]([pɔ̃]) pour "je peux"	[b] + [ɑ̃]	518,209	518,238	29	V					3
20		[əpɔ̃]([pɔ̃]) pour "elle est là la môme"	[p] + [ɑ̃]	540,917	540,938	21	V					3
21		[əkəmã]([te]) pour "le mouton"	[t] + [ɑ̃]	550,212	550,227	15	NV					4
22		[əkəmã]([te]) pour "elle est là la mème"	[t] + [ɔ̃]	594,017	594,033	16	NV					4
23		[ətɔ̃]([tɔ̃]) pour "attends"	[d] + [i]	605,822	605,841	19	NV					4
24		[əmɛ̃tʃ]([ju]) pour "je mets tout"	[d] + [ɔ̃]	705,394	705,428	34	V					4
25		[əmɛ̃tʃ]([ju]) pour "le mouton est le même"	[d] + [ɔ̃]	705,682	705,708	26	V					4
26		[əmɛ̃tʃ]([ju]) pour "le mouton"	[d] + [ɔ̃]	757,161	757,175	14	NV					4
27		[əsɛ̃tʃ]([tɔ̃]) pour "c'est bon" (vol?)	[t] + [ɔ̃]	776,319	776,337	18	NV					4
28		[ətʃwɔ̃]([bwɔ̃]) pour "boute" (vol?)	[b] + [w]	827,198	827,213	15	NV					4
29		[ətʃwɔ̃]([bwɔ̃]) pour "bouteille"	[b] + [w]	859,704	859,723	19	NV					4
30		[ətʃwɔ̃]([bwɔ̃]) pour "ranger la boute"	[b] + [w]	901,317	901,331	14	V					4
31		[ətʃwɔ̃]([bwɔ̃]) pour "ranger la boute"	[b] + [w]	954,689	954,715	26	V					4
32		[twɛ̃zgɔ̃]([twɛ̃z]) pour "tu as range"	[b] + [w]	963,996	964,019	23	V					4
33		[tapse]([tɔ̃s]) pour "tapis"	[b] + [w]	1017,514	1017,540	46	V					4
34		[kana]([ka]) pour "canard"	[p] + [a]	1055,201	1055,307	16	NV					4
35		[ɛpɔ̃pɔ̃]([papaj]) pour "papa"	[p] + [a]	1055,534	1055,541	17	NV					4
36		[ədəlãmã]([tɔ̃]) pour "attends c'est la même"	[t] + [ɑ̃]	1074,509	1074,529	20	NV					4
				1138,505	1138,581	16	NV	134,1138,645601	1068,855768	1546,15713	2529,489397	3918,411980
				1142,006	1142,025	19	NV					4
				1170,889	1170,908	19	NV	132,1170,930166	674,365725	1541,074132	2286,539748	3710,164140
				1171,141	1171,152	11	NV	139,1171,930166	674,365725	1541,074132	2286,539748	3710,164140
				1206,610	1206,638	18	NV					4

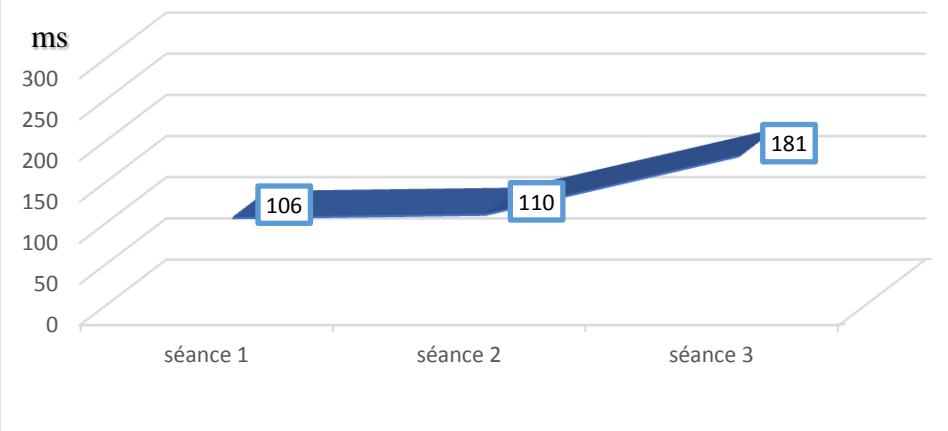
Remarques

Présence du "h" aspiré

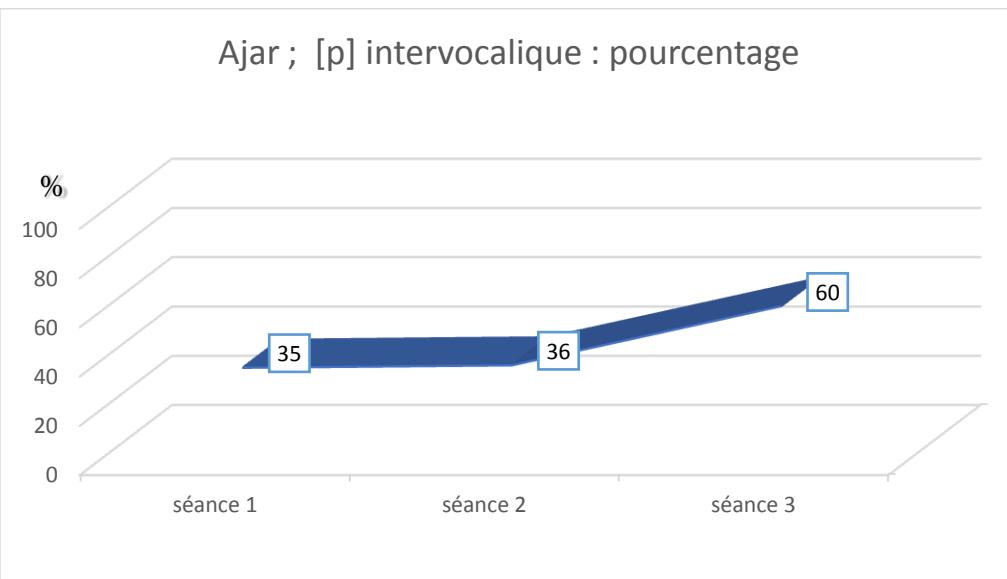
VII.4 ANNEXE : GRAPHIQUE DES DUREES DE CONSONNES ET DES POURCENTAGES

VII.4.1 AJAR :

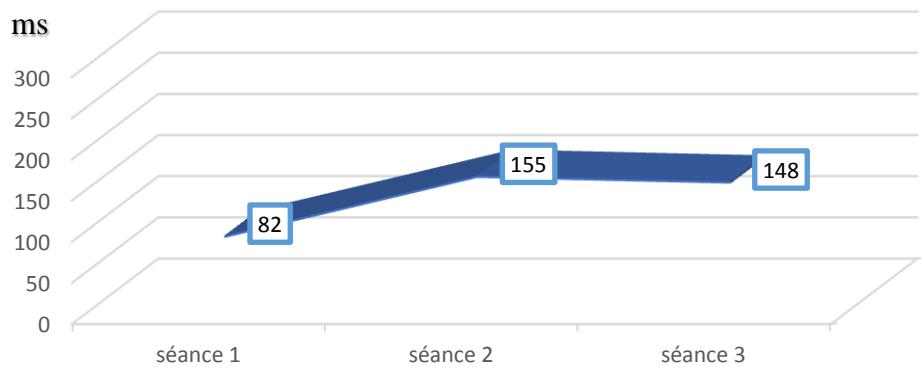
Ajar ; [p] intervocalique : durée de la consonne



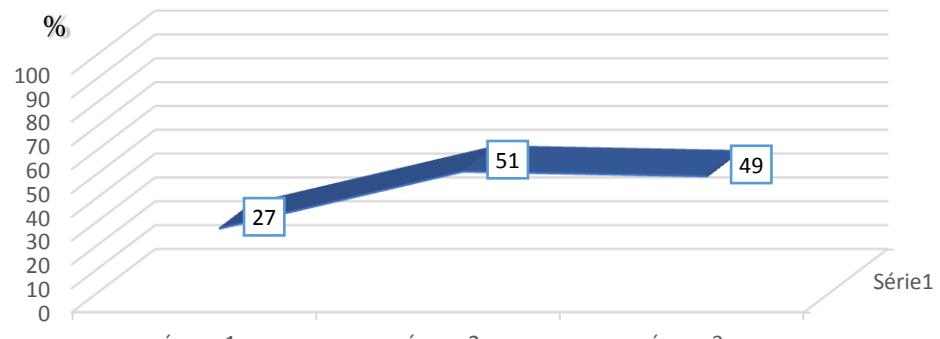
Ajar ; [p] intervocalique : pourcentage



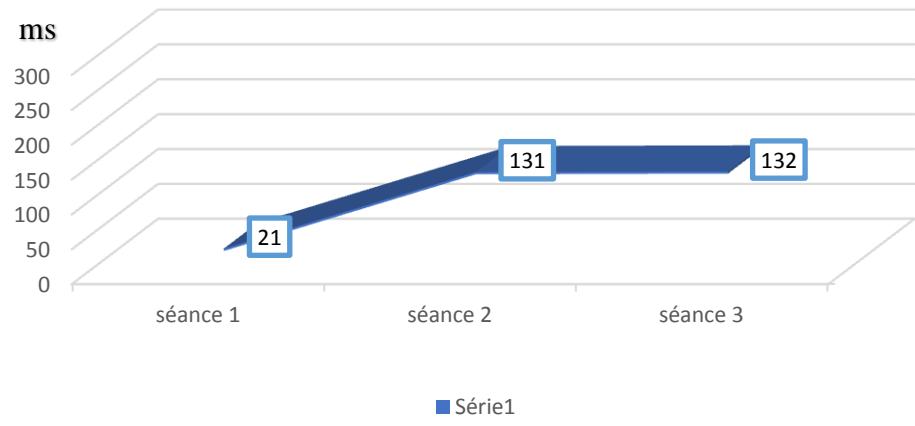
Ajar ; [t] intervocalique : durée de la consonne



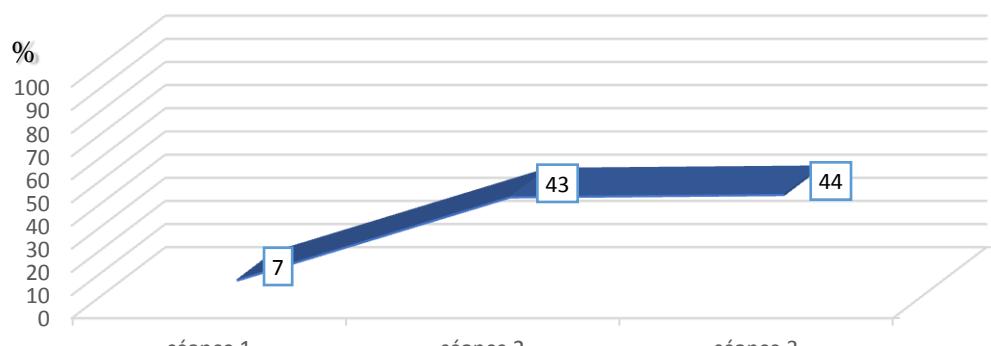
Ajar ; [t] intervocalique : pourcentage



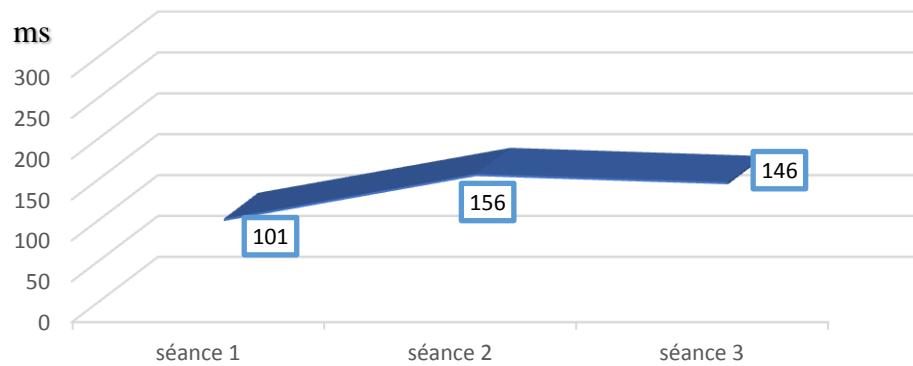
Ajar ; [k] intervocalique : durée de la consonne



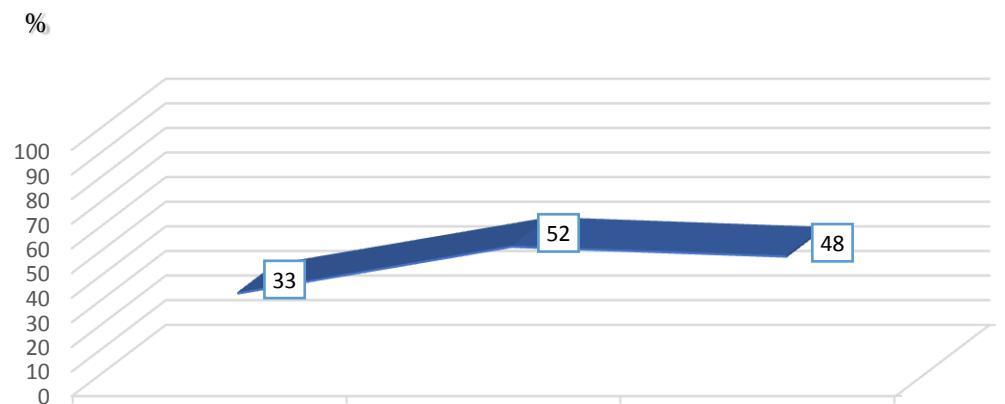
Ajar ; [k] intervocalique : pourcentage



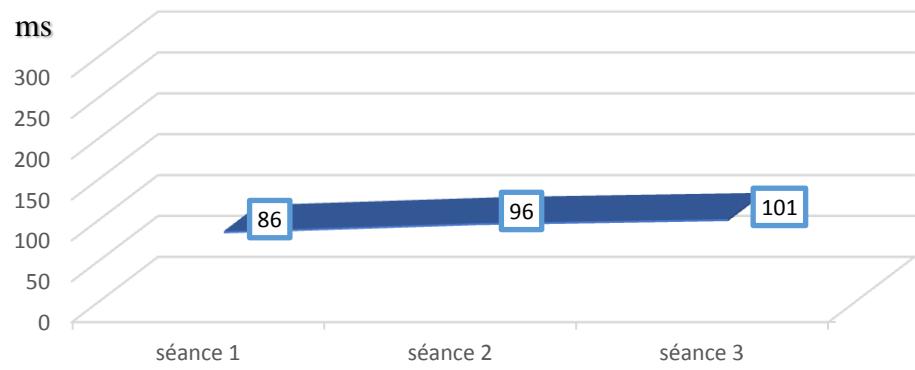
Ajar ; [b] initial : durée de la consonne



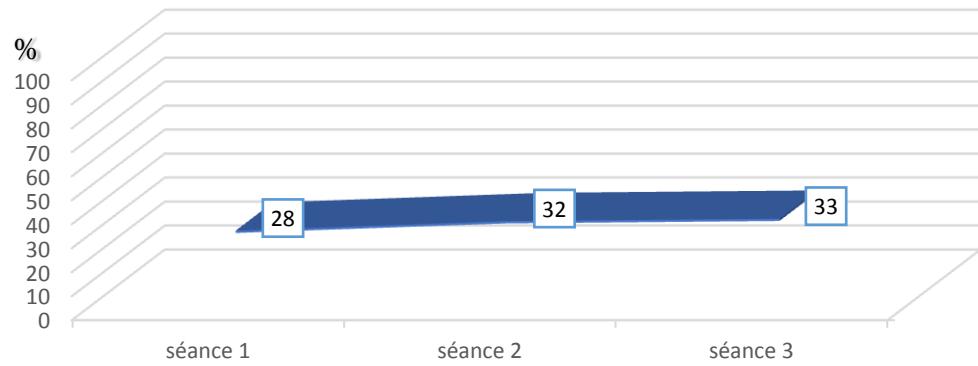
Ajar ; [b] initial : pourcentage



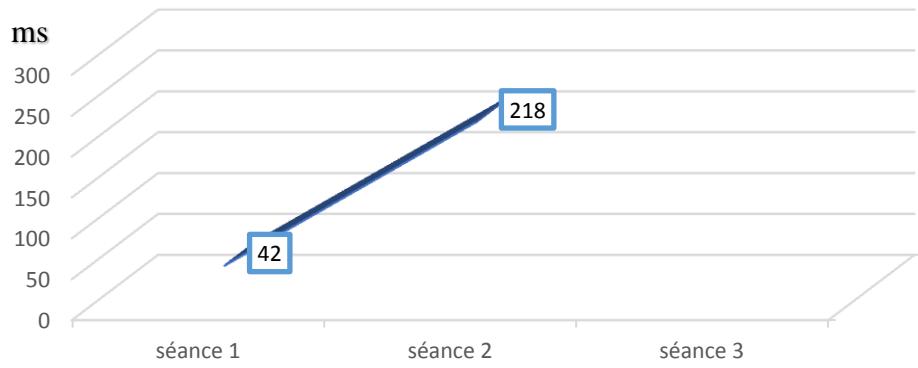
Ajar ; [b] intervocalique : durée de la consonne



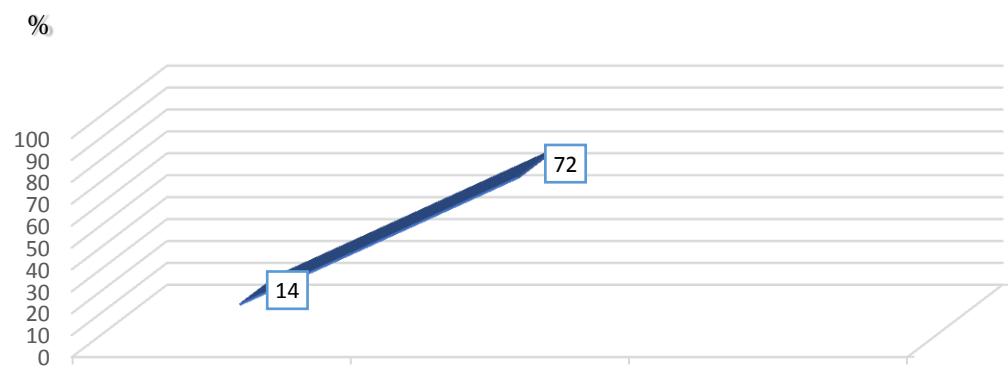
Ajar ; [b] intervocalique : pourcentage



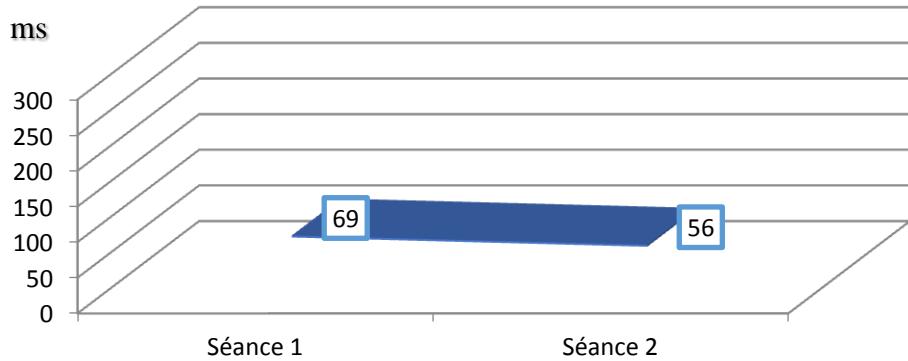
Ajar ; [d] initial : durée de la consonne



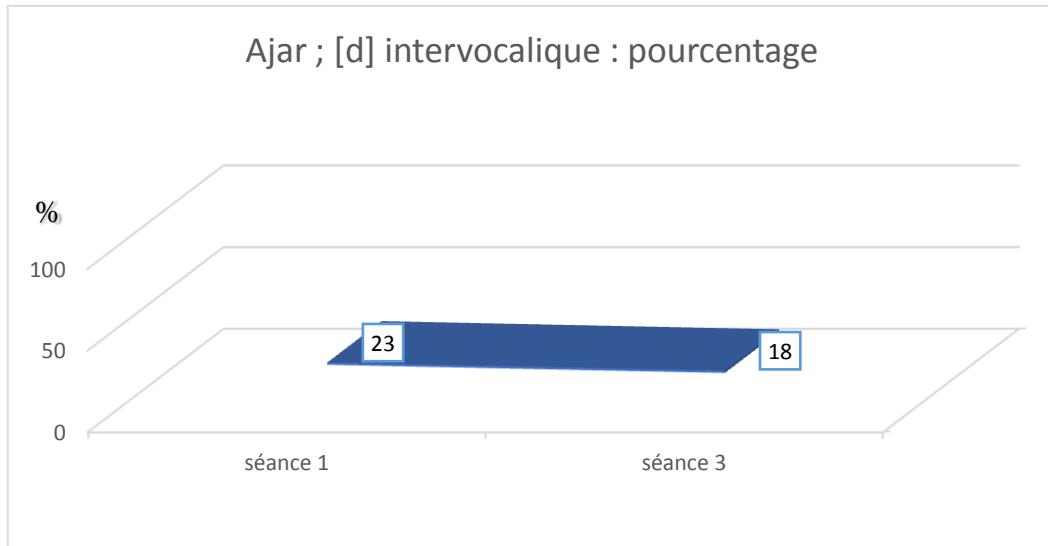
Ajar ; [d] initial : pourcentage



Ajar ; [d] intervocalique : durée de la consonne



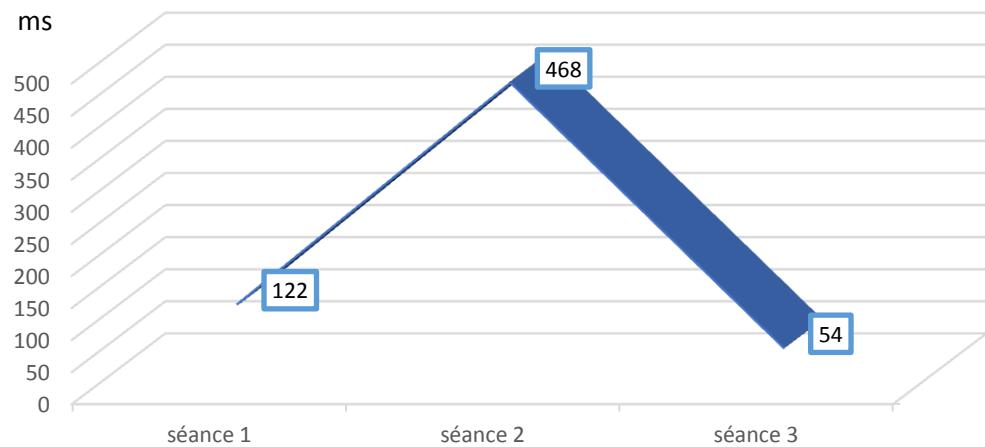
Ajar ; [d] intervocalique : pourcentage



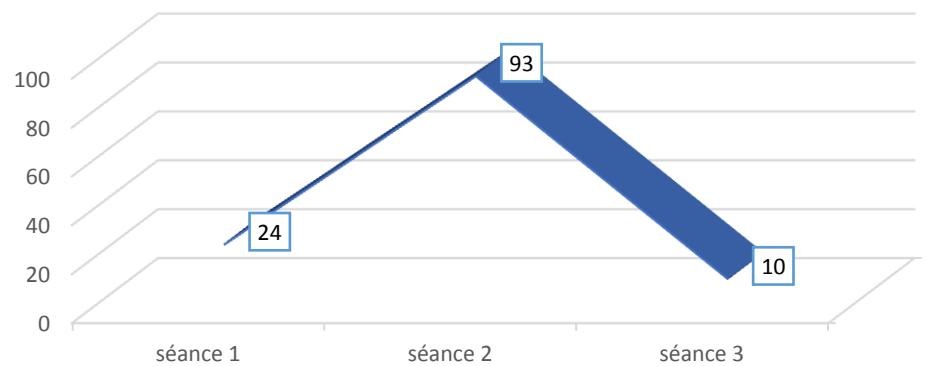
VII.4.2

EBRAR

Ebrar; [t] intervocalique : durée de la consonne

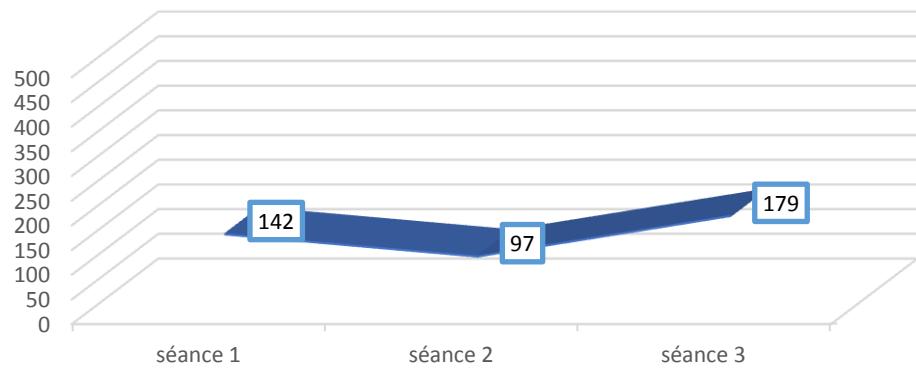


Ebrar ; [t] intervocalique : pourcentage



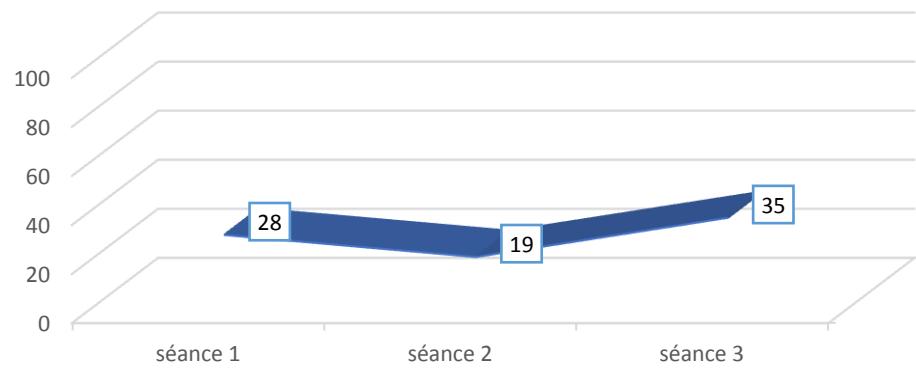
Ebrar;[b] initial : durée de la consonne

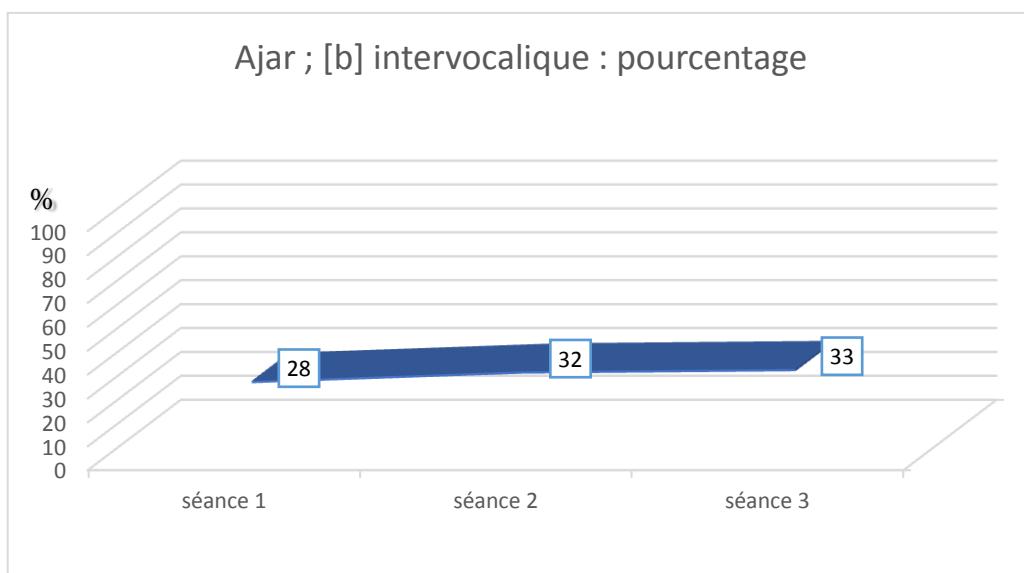
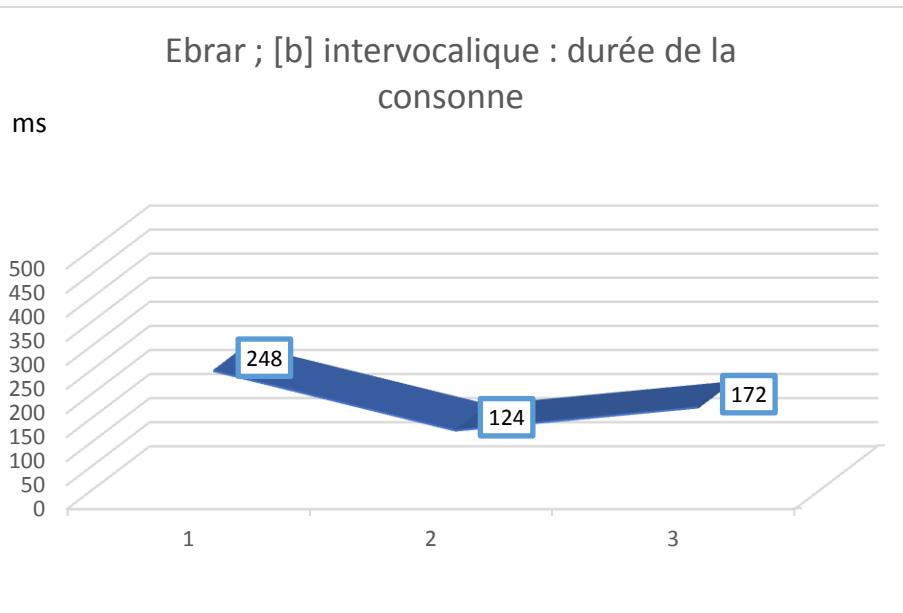
ms



Ebrar ; [b] initial : pourcentage

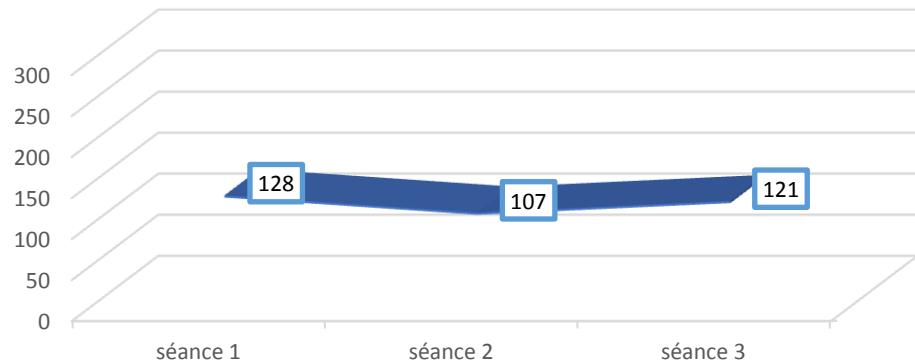
%



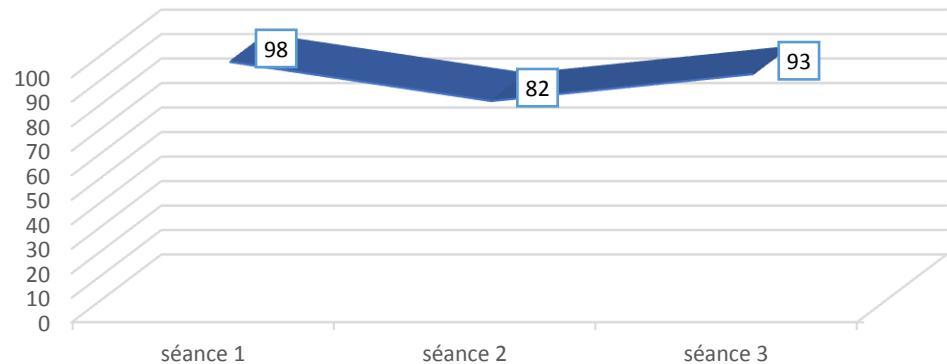


VII.4.3 ATIENS

Atiens ; [t] intervocalique : durée de la consonne

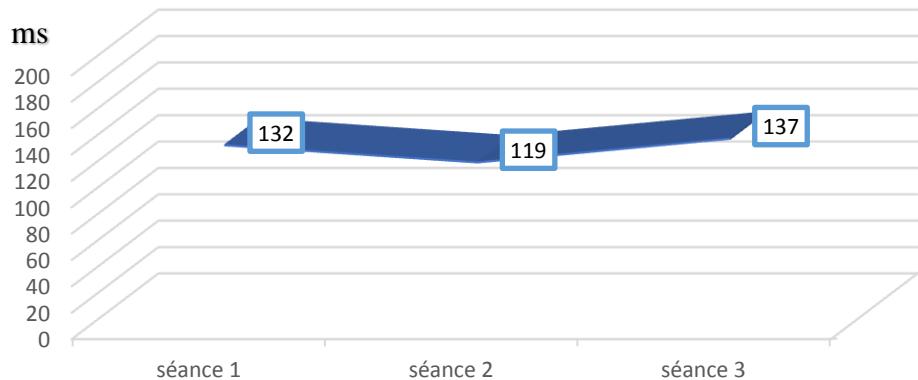


Atiens ; [t] intervocalique : pourcentage

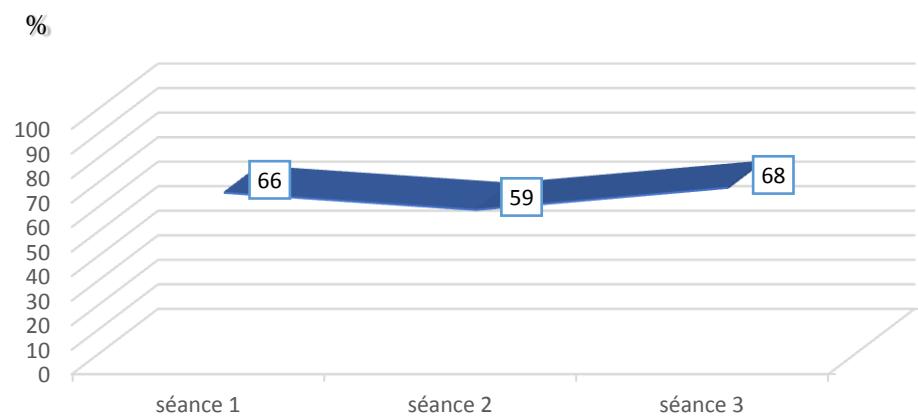


VII.4.4 NOAH

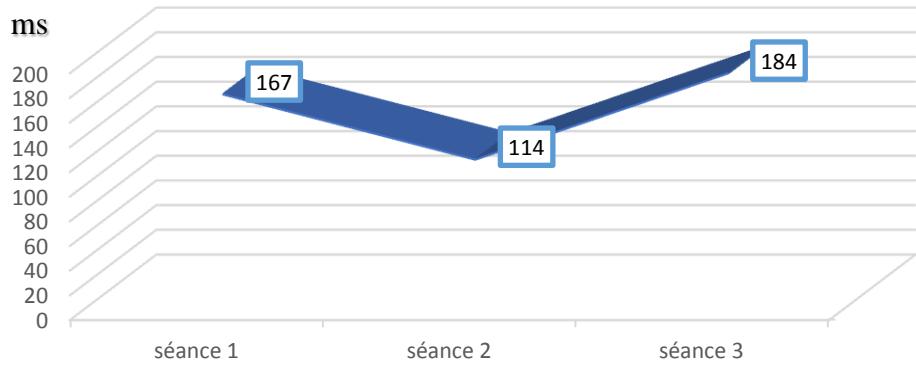
Noah ; [p] intervocalique : durée de la consonne



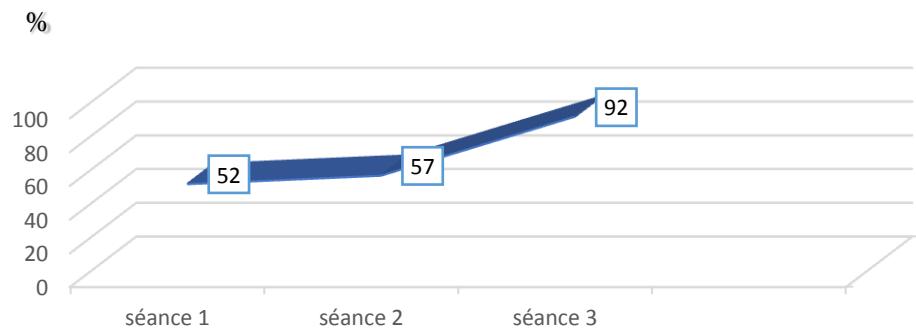
Noah ; [p] intervocalique : pourcentage



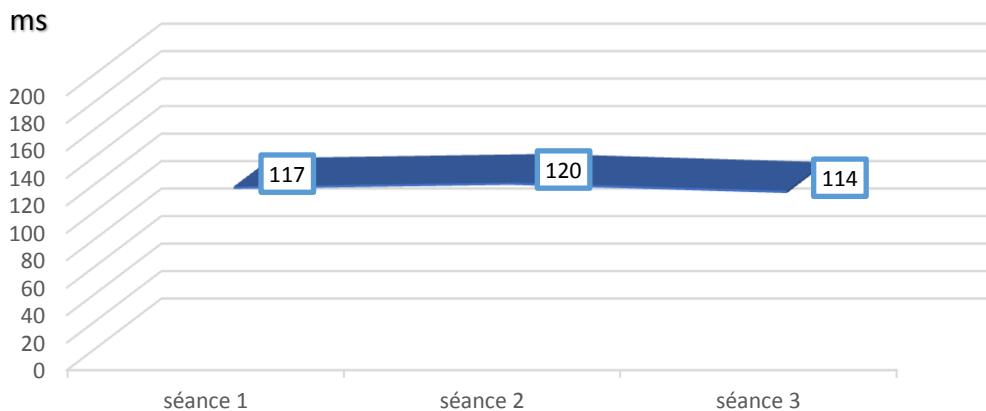
Noah ; [k] intervocalique : durée de la consonne



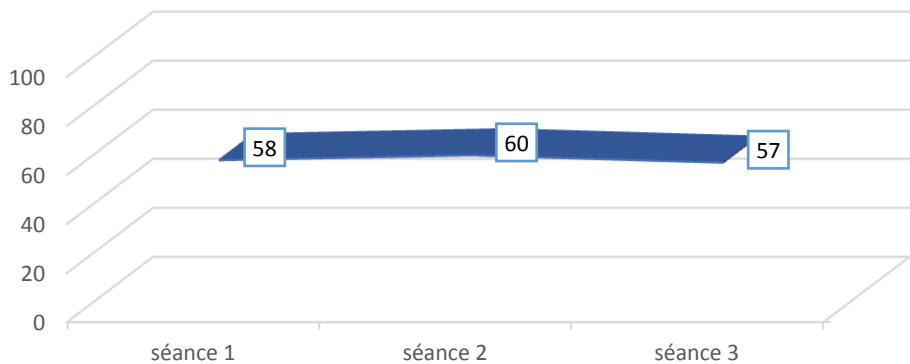
Noah ; [k] intervocalique : pourcentage



Noah ; [b] initial : durée de la consonne

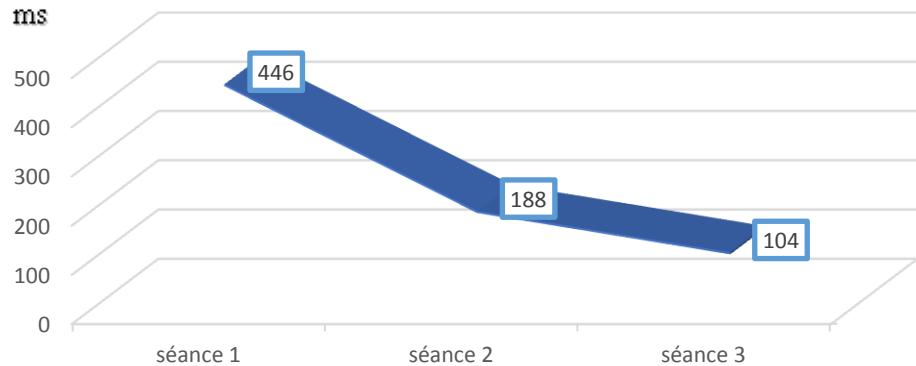


Noah ; [b] initial : pourcentage

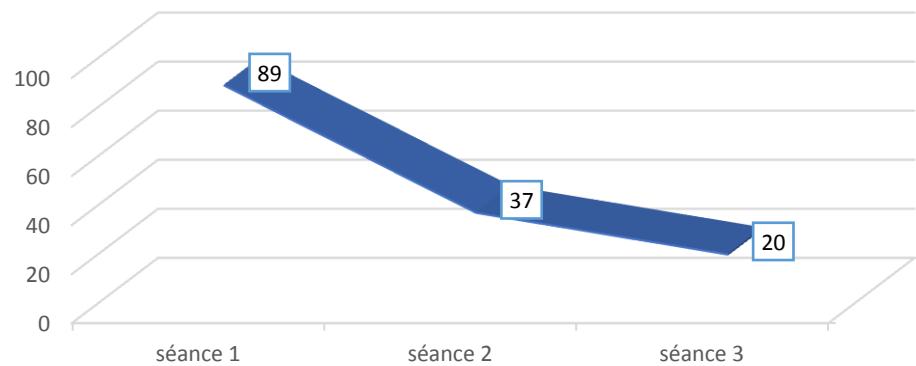


VII.4.5 RYAN

Ryan ; [p] intervocalique : durée de la consonne

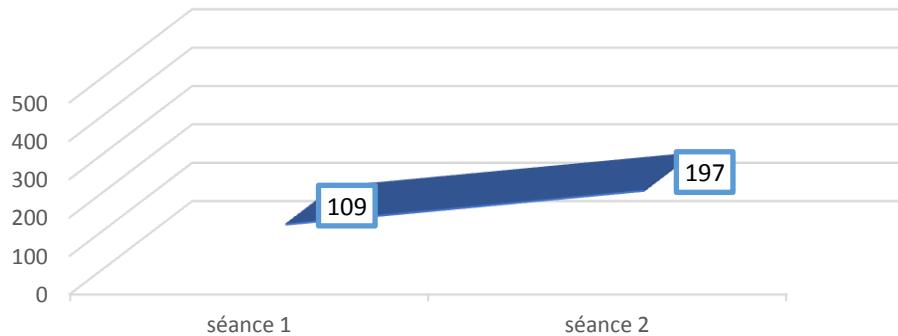


Ryan ; [p] intervocalique : pourcentage



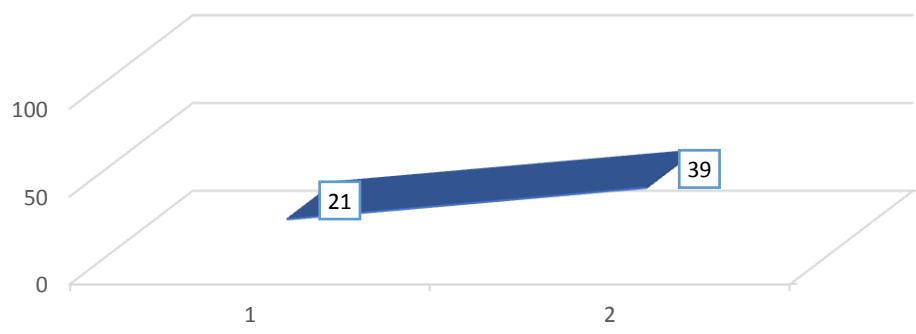
Ryan; [b] initial: durée de la consonne

ms

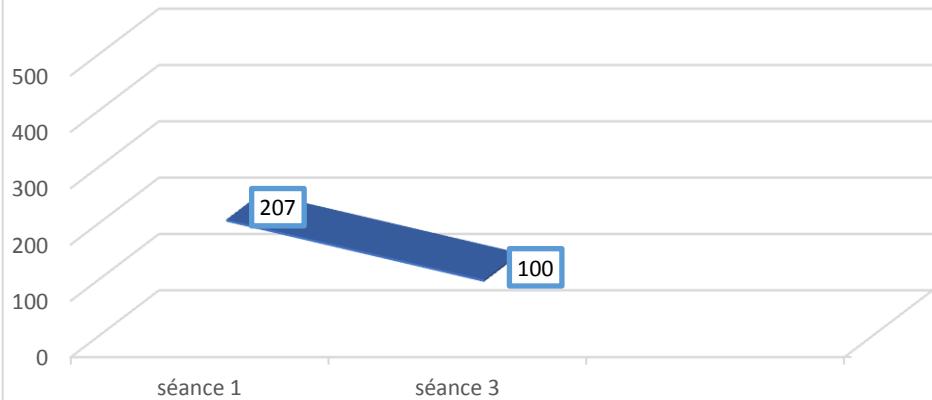


Ryan ; [b] initial : pourcentage

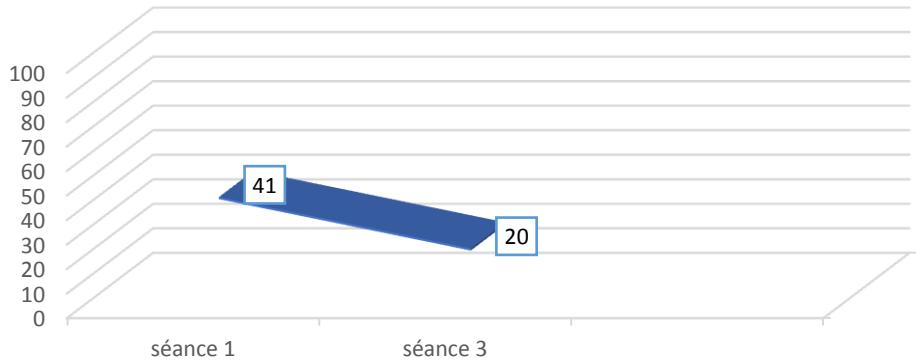
%



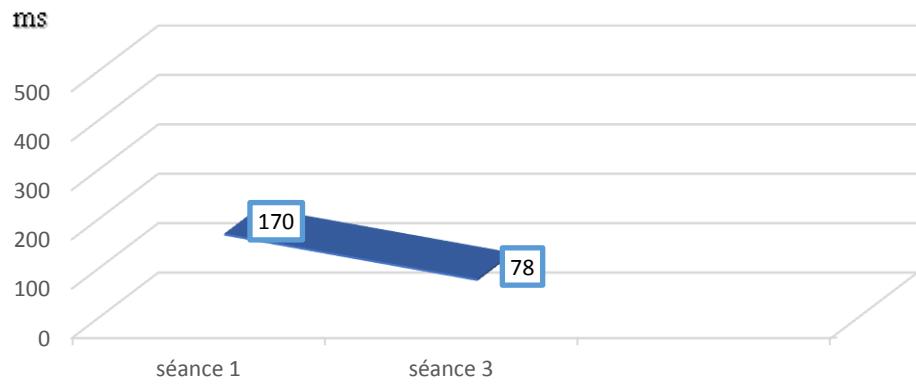
Ryan ; [b] intervocalique : durée de la consonne



Ryan ; [b] intervocalique : pourcentage



Ryan ; [d] intervocalique : durée de la consonne



Ryan ; [d] intervocalique : pourcentage

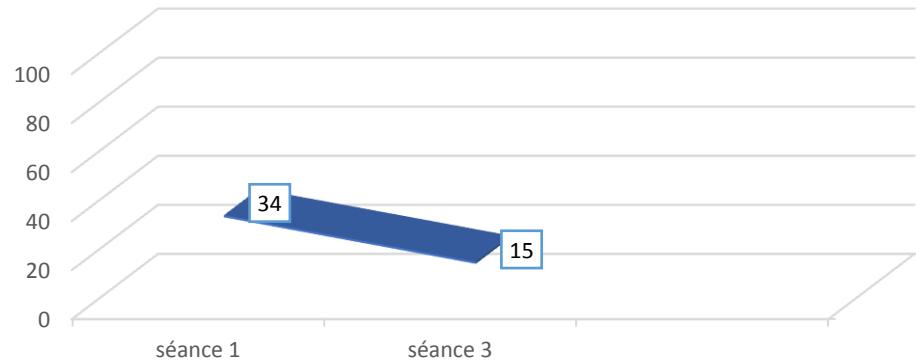
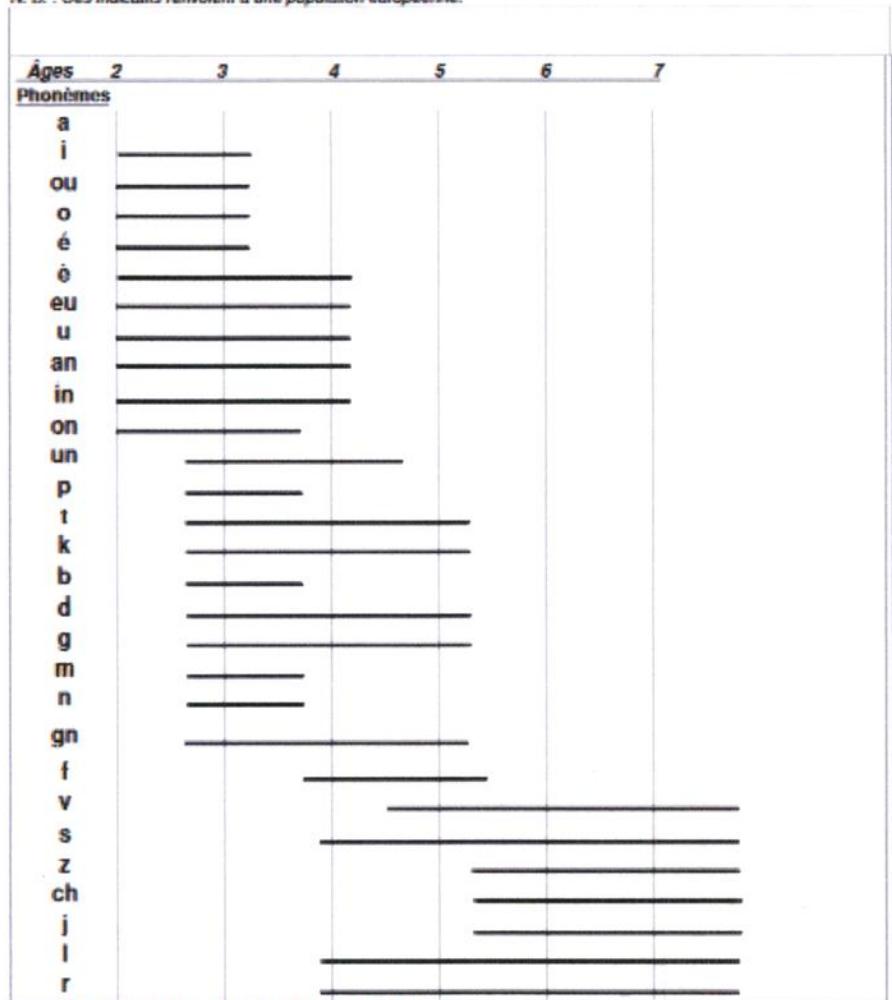


Tableau d'acquisition des phonèmes

Le tableau suivant indique des points de repère relatifs au moment de l'intégration phonologique de chacun des phonèmes (point de départ : âge où 50% des élèves environ prononcent le son correctement; point d'arrivée : âge où la grande majorité a acquis la bonne prononciation du son).

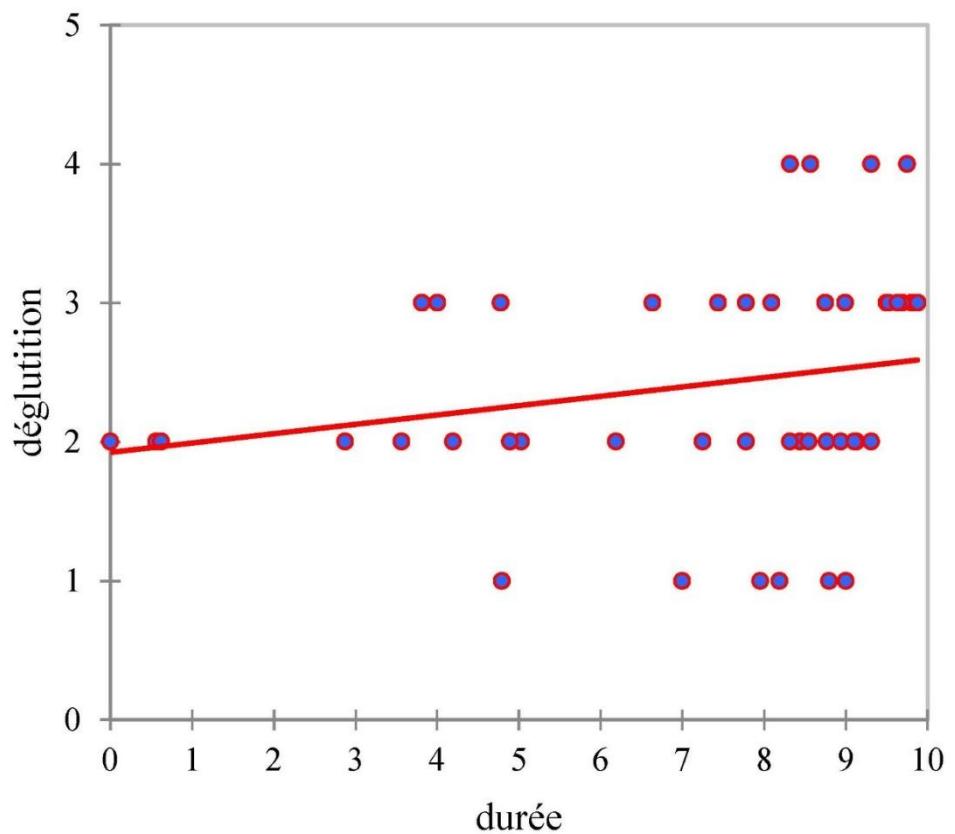
N. B. : Ces indicateurs renvoient à une population européenne.



Source : Rondal, 1979, p. 35, cité par CFORP, 1997, p. 112.

Conscience phonologique

Ontario
© Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2004



GLOSSAIRE

AMS ou SMA : Aire Motrice Supplémentaire

A.P.F. : Association des paralysés de France

APGAR : l'évaluation de la vitalité d'un nouveau-né au moment de sa naissance

ATM : Articulation temporo mandibulaire

C : Content ou contenu

C.A.M.S.P.S.-APF : Centre Action Médico-Social Précoce Spécialisé

C-V : Consonne-Voyelle

C : Consonne

CP : Cerebral Palsy

F : Frame

F0 : Fréquence fondamentale

Gène HPRT1: Gène hypoxanthine phosphoribosyltransferase 1

GGA : Muscle génioglosse antérieur

GGP : Muscle génioglosse postérieur

HP : Muscle hyoglosse

Hypersignaux : tâches

Hyperuricémie : Concentration d'acide urique dans le sang

H&H : Hyper et hypo speech

IMC : Infirme moteur cérébral

IMOC : Infirme moteur d'origine cérébrale

IRM : Imagerie à résonance magnétique

Leucomalacie Périventriculaire : Lésion ischémique du cerveau néo-natal, caractérisée par une nécrose de la substance blanche autour des ventricules cérébraux

Leucodystrophie : Démyélinisation du système nerveux central et périphérique.

Malformation de Chiari de type 1 : Malformation congénitale du cervelet

Maladie de Lech-Nyhan : Trouble du métabolisme avec augmentation de l'acide urique.

Mouvement de protrusion : Mouvement vers l'avant.

Myélogenèse : Formation de ma myéline

Neuropathie centrale et périphérique : Maladie des nerfs centrale et périphériques

Nystagmus : Mouvement involontaire de l'œil

PACT : Théorie de la perception pour le contrôle de l'action

Patron LC : Patron labial-coronal

PC : Paralysie cérébrale

PEA : Potentiels évoqués auditifs

Protocole d'évaluation de Chevrie-Muller « forme A » (BEPL A - Forme courte): batterie développée pour l'évaluation des aptitudes psycholinguistiques du jeune enfant (1997).

Rétro cochléaire : Partie arrière de la cochlée, dans l'oreille interne

SG : Muscle styloglosse

Substance blanche : tissu de couleur blanchâtre qui fait partie du système nerveux central située dans le cerveau et la moëlle épinière,

Substance grise : Tissu du système nerveux central de couleur grisâtre. Elle est localisée dans l'encéphale et la moëlle épinière, au fond et à la surface du cerveau.

Valve de dérivation : Dériver l'excès de liquide (liquide céphalorachidien vers l'extérieur du cerveau à partir d'une valve.

VOT : Voice Onset Time (Délai d'établissement du voisement)

VTT : Voice Terminaison Time (Délai d'arrêt du voisement)

V1 : Voyelle 1

V2 : Voyelle 2

V1 : Voyelle 1

V2 : Voyelle 2

RESUME

Dans le cadre de cette recherche de l'émergence de la parole auprès d'enfants paralysés cérébraux ayant comme pathologie des troubles moteurs, nous nous sommes basée sur des approches de certains chercheurs, notamment celles défendues par Mac Whinney ; Leinbach ; Taraban et Mc Donald (1989) qui permettent de comprendre le développement cognitif général, avec le fonctionnement neurobiologique du cerveau, ainsi que les processus moteurs biomécaniques, sensoriels impliqués dans la production de la parole. Parmi ces théories, nous retrouvons les théories motrices du "Frame /Content " de MacNeilage et Davis (2000 ; 2001 ; 2004), combinées à la théorie phonétique articulatoire de Wahlen et de Mennella (2011), ainsi que la théorie de la Viabilité en production et en perception de la parole proposée par Sock (1998). Le modèle biomécanique à la base de la théorie « Frame/Content » s'appuie sur le fait que le babillage apparaît à 6 mois chez tous les enfants « pseudo normaux » du monde (théorie universelle), quel que soit l'environnement linguistique (Lalevee et Vilain, 2006). Le babillage présente des caractéristiques universelles, car les cycles mandibulaires seraient identiques pour toutes les langues maternelles, sauf pour les enfants sourds qui auraient des stratégies de production réduite (Mc Caffrey Davis, Mac Neilage & Von Hasburg, 1998).

D'après la théorie « Frame/Content », le rôle de la motricité dans les productions du babillage est fondamental, puisque le babillage serait généré à la base par le système de contrôle neuromoteur de la mandibule qui permet le cycle d'oscillation mandibulaire (MacNeilage, 1998), en particulier par ses rythmes d'oscillations spontanés (ouverture et fermeture de la mandibule). Aussi, des fonctions prélinguistiques se développeront telles que la succion, la mastication, la déglutition, ainsi que la respiration qui seront « les socles fondamentaux » à la production de l'articulation. Au niveau acoustique, grâce aux travaux de Whalen (2011) sur la phonétique articulatoire et de Mennella (2011), il existerait un contraste entre des closants (consonnes) produits par la configuration du conduit vocal fermé et des vocants (voyelles) produits avec un conduit vocal ouvert. Le rythme serait ainsi sous le contrôle du geste mandibulaire, et l'oscillation mandibulaire fournirait le « cadre » (frame) articulatoire dont le « contenu » (content) serait donné par les mouvements de la langue. Aussi, se rajoute la théorie de la Viabilité en production et en perception de la parole (Sock, 1998) qui défend l'idée que grâce aux interactions des différents sous-systèmes sous-jacents à la régulation du système de production de la parole, notamment en utilisant la notion de « cible » comme espace de réalisation dans le cadre de la parole pathologique, celle-ci permettrait la réorganisation de la production en tenant compte des réalisations déviantes dans un espace

dit « viable » pour la réalisation et la production d'une entité linguistique, telle que le phonème.

Notre hypothèse de départ se situe principalement dans le domaine de la production de la parole. Acceptant que la compétence langagière se construise, à partir de la mise en place précoce de coordinations gestuelles appropriées, de séquences sonores associées à une intention communicative et à des informations contextuelles, nous posons l'existence d'une corrélation entre le développement de la déglutition-mastication et l'émergence de la parole. Sous-jacents à cette corrélation, serait le développement du contrôle de la mandibule, ainsi que celui des articulateurs de la sphère oro-faciale (langue, lèvres, voile du palais).

Au niveau expérimental, notre méthodologie a consisté en une étude longitudinale de cinq enfants paralysés cérébraux, avec trois garçons et deux filles, âgés de 2 ans 2 mois à 4 ans 10 mois, dont quatre enfants qui ont baignés dans un bilinguisme (français/arabe, français / turc, français / albanais). Lors des enregistrements, nous avons utilisé un matériel d'enregistrement numérique (MARANTZ, SOLID STATE RECORDER) et un micro directif Senheiser e 845S. Les enregistrements ont été effectués en cabinet d'orthophonie, et les sessions d'enregistrement ont duré entre 15 et 30 minutes, avec des fichiers enregistrés au format « .wav » sur une période de 2 à 10 mois durant des séances orthophoniques hebdomadaires ou bihebdomadaires. Toutefois, nous avons tenu compte des enregistrements sur une période de 25 mois pour l'ensemble des patients et nous nous sommes limitée aux enregistrements acoustiques, tâchant d'extraire des informations articulatoires de ces signaux acoustiques. Cette analyse s'inscrit dans une approche articulatori-acoustique (Abry *et al.*, 1990; Sock *et al.*, 1998). Notre analyse a été axée sur l'étude des durées des consonnes comme indices de l'évolution du contrôle articulatoire, à partir de l'étude des occlusives non voisées [p, t, k] et voisées [b, d, g], et de la durée du VOT, en relation avec différentes phases de la déglutition, ainsi que l'étude des formants des voyelles [i, a, u]. Donc, d'après Boë (1997), les sons produits privilégiés seraient les voyelles [i, a, u, ə, o] et les consonnes occlusives non voisées et voisées [p, t, k, b, d, g]. Nous avons analysé ces consonnes en position intervocalique pour [p, t, k] et en position initiale et intervocalique pour [b, d, g]. Les données mettent en évidence pour l'ensemble de « la population », une majorité de production de consonnes [p, b], ensuite une production des sons [t, d], avec une préférence pour le son non voisé [t]. Ces consonnes sont combinées essentiellement à la voyelle [a]. Les observations montrent que les cinq enfants produisent des occlusives [p, b, k, t], ainsi que les voyelles [a, o, i, ε, u] de manière

décroissante, quelle que soit la pathologie. Egalement, nous pouvons souligner que la production de certains sons, tels que [k, g] est en lien avec le stade de la déglutition. Aussi, nous constatons que la durée de l'allongement du VOT diminue avec la production des sons labiaux, vélaires puis dentaux. En revanche, nous constatons la présence de répétition des syllabes [pa, pa, pa] en plus de celle des syllabes [ba, ba, ba], et non exclusivement [ba, ba, ba] selon la théorie de MacNeilage. De même, nous remarquons qu'il n'existe pas de vocants antérieurs qui sont précédés de closants coronaux [de, de, de], mais des productions de sons [ta, ta, ta]. Néanmoins, il faut souligner que « chez les filles », la production du [k] arrive en deuxième position [p, k, t], ce qui nous permet d'émettre comme hypothèse que seule Ajar est en transition vers la déglutition secondaire. En conséquence, nous pouvons affirmer que malgré la pathologie cérébrale, ces enfants de manière générale suivent les mêmes tendances préférentielles que les enfants valides attestées dans la littérature, notamment avec une production majeure d'occlusives labiales [p, b], ensuite de dentales [t], et de la voyelle [a], en fonction de leur développement neurologique.

En 1998, MacNeilage pensait que les liens articulatoires vocants/closants donnaient naissance à la production de syllabes, telles que bababa, dédédé, gogogo, suite au développement neurologique, et que l'émergence soudaine vers 6-7 mois serait contrôlée par l'Aire Motrice Supplémentaire, AMS (*Supplementary Motor Area*) et non par l'aire de Broca (Abry *et al.*, 1998), située dans le cortex frontal inférieur. Cette Aire Motrice Supplémentaire pourrait prendre en charge le « cadre » sans s'occuper du « contenu ». De ce fait, nous trouverons des syllabes qui seraient composées pendant le stade du babillage selon la combinaison suivante : association de vocants médians qui se trouvent dans l'environnement de closants labiaux [ba, ba, ba], de vocants antérieurs qui sont précédés de closants coronaux [de, de, de], et finalement, de vocants postérieurs qui sont produits lors de la production de closants vélaires [go, go, go]. Ces protosyllabes sont dénommés « cadres » (Frames) par MacNeilage et Davis (1994) avant que ne se mette en place un contrôle indépendant des phases vocaliques et consonantiques, qui est dénommé « contenu » (Content), d'où le nom de la théorie « Frame then Content » de MacNeilage et Davis (1990 ; 1994 ; 1998).

Aussi, dans notre étude, nous avons vérifié l'hypothèse selon laquelle il existerait une corrélation entre le développement de la déglutition-mastication et l'émergence de la parole. Sous-jacents à cette corrélation, serait le développement du contrôle de la mandibule, ainsi que celui des articulateurs de la sphère oro-faciale (langue, lèvres, voile du palais).

Si nous suivons l'hypothèse qu'au cours de la phylogénèse et de l'ontogenèse, la parole aurait été acquise à partir d'une spécialisation des gestes de mastication-déglutition avec une « réorganisation » de leur contrôle grâce à la corticalité, les émissions sonores émises dans le larynx changeraient. Celui-ci descendrait progressivement et libèrerait un espace en arrière du résonateur. La partie postérieure de la langue deviendrait mobile et permettrait la production de nouveaux sons (Thibault, 2012). Cette mobilité linguale coïnciderait également avec le « passage » nécessaire de la déglutition primaire à la déglutition secondaire, selon une évolution dans la diversité, mais aussi dans la texture alimentaire, c'est à dire le passage de la texture lisse (liquide) vers la texture homogène lisse (mixée lisse), ensuite de la texture tendre en morceaux (mouliné), pour aboutir à la texture hachée, et finalement aux morceaux entiers. L'anatomie oro-faciale du nourrisson montre que la langue occupe la quasi-totalité de la cavité buccale, ce qui limite les mouvements latéraux de la langue. L'épiglotte est au contact du voile du palais lors de la déglutition, ce qui constitue une protection anatomique des voies aériennes supérieures, tandis qu'à partir de 6 mois, le cou s'allonge, entraînant la création de l'oropharynx. La cavité buccale s'agrandit, laissant plus d'espace à la langue qui pourra commencer à bouger latéralement. Lors de la déglutition, le voile du palais ne vient plus au contact du larynx, mais monte pour fermer le nasopharynx, et l'épiglotte bascule en arrière pour assurer la protection des voies aériennes supérieures. Simultanément, la diversité alimentaire permet à la langue d'être plus mobile en recherchant les aliments situés dans la cavité buccale, et à l'apex de s'élever, de prendre appui sur le palais dur, derrière les arcades dentaires supérieures. Donc, la langue initie un mouvement de l'avant vers l'arrière et propulse le bol alimentaire vers le pharynx (Bandelier, 2015). A ce stade, la déglutition secondaire est opérationnelle. Grâce à la maturation cérébrale, le développement anatomo-physiologique, associée à un travail de rééducation orthophonique axé sur la diversification alimentaire en relation avec la déglutition (stimulation de l'aire motrice supplémentaire), ont permis le passage des mouvements globaux aux mouvements fins comme ceux de l'apex et des lèvres (De Boysson-Bardies, 1996). De ce fait, malgré leurs pathologies, ces enfants suivent les tendances préférentielles observées chez les tous enfants « valides », avec la production d'un nouveau patron associatif qui apparaît, dont les sons labiaux et coronaux. Il convient de rappeler que ces sons sont produits avec un contrôle différentiel des gestes, de la langue et de la mandibule (Kern, 2010 ; Canault, 2015). Aussi, l'analyse de nos données montre une corrélation très étroite entre la durée des consonnes et le développement de la déglutition. Quant aux valeurs formantiques, nous constatons que tous les enfants produisent

correctement le son [a], malgré les différences de pathologies dont ils souffrent. Nous trouvons des syllabes qui sont composées pendant le stade du babillage selon la combinaison suivante : association de vocants médians qui se trouvent dans l'environnement de closants labiaux. L'absence de ces combinaisons de sons [de, de, de] et [go, go, go], se justifie par le fait que ces types d'associations demandent une certaine énergie, une force et un maintien des articulateurs de la part de ces enfants paralysés cérébraux. Quant au VOT, nous constatons pour l'ensemble de la population, que la durée du VOT des occlusives diminue avec la production des vélaires, puis des dentales et enfin des labiales, dont la particularité de l'allongement du VOT se situe au niveau des sons non voisés pour les trois catégories de sons.

En conclusion, notre étude montre que la saisie et la prise alimentaire, à travers sa diversité ainsi que sa texture, permettraient l'évolution du développement prélinguistique et linguistique chez l'enfant. Par ailleurs, nous pouvons souligner que les enfants présentant des troubles de l'oralité alimentaire, correspondant au trouble de l'oralité primaire auront tendance à développer des troubles de l'oralité secondaire qui engendreront des troubles de la parole.

RESUME

Dans le cadre de cette recherche sur l'émergence de la parole auprès d'enfants paralysés cérébraux, ayant comme pathologie des troubles moteurs, nous avons située notre démarche épistémologique dans le champ de théories qui permet de comprendre le développement cognitif général, avec le fonctionnement neurobiologique du cerveau et les processus moteurs biomécaniques et sensoriels, impliqués dans la production de parole.

Au niveau expérimental, notre méthodologie a consisté en une étude longitudinale de cinq enfants-patients paralysés cérébraux : trois garçons et deux filles, âgés de 2 ans 2 mois à 4 ans 10 mois, dont quatre enfants qui ont baigné dans un bilinguisme (français/arabe, français / turc, français / albanais). L'acquisition des données acoustiques a été effectuée en cabinet d'orthophonie sur une période de 25 mois, pour l'ensemble des enfants-patients.

Dans notre étude, nous avons émis l'hypothèse de l'existence d'une corrélation entre le développement de la déglutition-mastication et l'émergence de la parole. Sous jacents à cette corrélation, serait le développement du contrôle de la mandibule, ainsi que celui des articulateurs de la sphère oro-faciale (langue, lèvres, velum, épiglotte).

Les résultats expérimentaux principaux montrent que malgré leurs pathologies, ces enfants suivent les tendances préférentielles observées chez les tous enfants « valides », avec la production d'un nouveau patron associatif qui apparaît, dont les sons labiaux et coronaux. En outre, notre étude indique que la saisie et la prise alimentaire, à travers sa diversité, ainsi que sa texture, permettraient l'évolution du développement prélinguistique et linguistique chez ces enfants. Par ailleurs, nous pouvons souligner que les enfants présentant des troubles de l'oralité alimentaire, correspondant au trouble de l'oralité primaire, auront tendance à développer des troubles de l'oralité secondaire qui engendreront des troubles de la parole.

ABSTRACT

In this research on the emergence of speech among children with cerebral palsy, whose pathology is motor disorders, our epistemological approach lies within theories that help to understand general cognitive development, based on the neurobiological functioning of the brain, and also on motor biomechanical and sensory processes involved in speech production.

At the experimental level, our methodology consisted of a longitudinal study of five children-patients suffering from cerebral palsy: three boys and two girls, aged 2 years 2 months to 4 years 10 months, including four children who were immersed in bilingualism (French / Arabic), French / Turkish, French / Albanian). Acquisition of acoustic data was performed in a speech therapy practice over a period of 25 months, for all children-patients.

In our study, we hypothesized the existence of a correlation between the development of swallowing-mastication and the emergence of speech. Underlying this correlation would be the development of control of the mandible, as well as that of the articulators of the oro-facial sphere (tongue, lips, velum and epiglottis).

The main experimental results show that despite their pathologies, these children follow preferential trends observed in all "valid" children, with the production of a new associative pattern that appears, including labial and coronal sounds. In addition, our study indicates that grasping and food intake, through its diversity, as well as its texture, would favour the development of prelinguistic and linguistic maturity in these children. Moreover, we posit that children with eating disorders, corresponding to primary eating disorders, will tend to develop secondary eating disorders that will lead to speech disorders.