



HAL
open science

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

Claire Lalevée

► **To cite this version:**

Claire Lalevée. 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. Linguistique. Université de Grenoble, 2010. Français. NNT: . tel-00579921

HAL Id: tel-00579921

<https://theses.hal.science/tel-00579921>

Submitted on 25 Mar 2011

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

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



UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE
Spécialité « **Sciences du langage** »

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée et soutenue publiquement par

Claire LALEVEE-HUART

le **17 décembre 2010**

**DEVELOPPEMENT DU CONTROLE MOTEUR DE LA PAROLE : UNE
ETUDE LONGITUDINALE D'UN ENFANT FRANCOPHONE AGE DE 7
A 16 MOIS, A PARTIR D'UN CORPUS AUDIO-VISUEL.**

Thèse dirigée par **Anne VILAIN**
(co-direction Christian ABRY & Anne VILAIN jusque février 2009)

JURY

Mme Sophie WAUQUIER	SFL / Université Paris VIII	Rapporteur
Mr Steven GILLIS	CLiPS / Université d'Anvers	Rapporteur
Mme Sophie KERN	DDL / CNRS UMR 5596	Examineur
Mme Anne VILAIN	GIPSA-lab / Université Grenoble III	Directrice
Mr Jean-Luc SCHWARTZ	GIPSA-lab/ CNRS UMR 5216	Président

Thèse préparée au sein du **Département Parole et Cognition, Laboratoire
GIPSA-lab UMR CNRS 5216** dans le cadre de l'**Ecole Doctorale L.L.S.H.**

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE
Spécialité « **Sciences du langage** »

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée et soutenue publiquement par

Claire LALEVÉE-HUART

le **17 décembre 2010**

**DEVELOPPEMENT DU CONTROLE MOTEUR DE LA PAROLE : UNE
ETUDE LONGITUDINALE D'UN ENFANT FRANCOPHONE AGE DE 7
A 16 MOIS, A PARTIR D'UN CORPUS AUDIO-VISUEL.**

Thèse dirigée par **Anne VILAIN**
(co-direction Christian ABRY & Anne VILAIN jusque février 2009)

JURY

Mme Sophie WAUQUIER	SFL / Université Paris VIII	Rapporteur
Mr Steven GILLIS	CLiPS / Université d'Anvers	Rapporteur
Mme Sophie KERN	DDL / CNRS UMR 5596	Examineur
Mme Anne VILAIN	GIPSA-lab / Université Grenoble III	Directrice
Mr Jean-Luc SCHWARTZ	GIPSA-lab/ CNRS UMR 5216	Président

Thèse préparée au sein du **Département Parole et Cognition, Laboratoire
GIPSA-lab UMR CNRS 5216** dans le cadre de l'Ecole Doctorale **L.L.S.H.**

« Si deux chemins se présentent devant toi, prends toujours le plus difficile. »

Parole tibétaine

A l'être si cher qui un soir d'automne m'a rendu le chemin tellement plus difficile...

A la petite-fille de la Côte des lapins qui m'a donné le goût des boîtes aux trésors et des histoires vraies.

A mes indispensables, Frédérique, Jean-François & Jérémy

Résumé :

La première année de vie est une période cruciale pour le développement de la parole chez l'enfant. Le babillage, étape clé dans ce développement, apparaît vers 6 mois sous une forme quasi-similaire chez tous les enfants du monde quel que soit le langage environnant. Durant cette période, l'enfant ne contrôle pas la nature de ses productions et n'a pas encore acquis les capacités pour produire les unités phonologiques de sa langue maternelle. Avec l'apparition de ses premiers mots autour de 12 mois, c'est-à-dire de productions verbales désignant de façon stable un référent identifiable, l'enfant a parcouru un chemin développemental durant lequel il a acquis de nouvelles capacités motrices, articulatoires et phonologiques.

Nous nous sommes intéressées à l'apparition de ces capacités en adoptant une démarche à la croisée des approches scientifiques actuelles de type bottom-up (MacNeilage, 1998) et top-down (Fikkert & al. 2004, Wauquier, 2005, 2006) En effet, il nous semble que les productions de parole ne peuvent pas s'expliquer hors du cadre articulatoire et moteur. Mais il nous paraît pour autant indispensable de prendre en considération les caractéristiques structurelles et les contraintes linguistiques de l'*input* (Vihman, 1996). Pour nous, l'enfant doit donc s'adapter à sa langue maternelle en fonction de ses capacités motrices et articulatoires qui évolueront avec la croissance et la maturation cognitive, tout en comparant constamment ses productions à sa langue maternelle. Pour évaluer ces propositions théoriques, nous avons élaboré une base de données des productions vocales d'un enfant francophone âgé de 7 à 16 mois à partir d'un corpus audio-visuel. Notre questionnement porte sur la nature des premiers mots. En effet, si le contrôle des oscillations mandibulaires peut bien être considéré comme la structure de base de la parole, l'enfant ne pourra pas produire de syllabe adulte tant qu'il n'aura pas acquis trois contrôles supplémentaires à celui de la mandibule : (i) le contrôle du vélum qui permet d'obtenir un conduit vocal globalement oral pour produire des séquences consonnes-voyelles distinctes, (ii) le contrôle de la coordination oro-laryngée qui permet d'obtenir la distinction voisée/non voisée, et (iii) le contrôle du rythme mandibulaire qui va permettre à l'enfant d'adapter ses productions au patron prosodique de sa langue maternelle.

Mots-clés : *développement de la parole, corpus audio-visuel, contrôle moteur, représentations phonologiques*

Abstract:

"Development of speech motor control: a longitudinal study of one French child aged from 7 to 16 months based on an audio-visual corpus".

The first year of life can be considered as a crucial period for speech development in children.

Indeed 6 months of age is the time when babbling, a key step for this development, appears under a form which is quite similar for all children in the world, whatever the language in which they are reared. It is a period when the child has no control over the nature of his productions and no ability to produce phonological units of his mother tongue. Around 12 months the child begins to produce his first words i.e. his first meaningful utterances. The child has followed a developmental path in which he has acquired new motor, articulatory and phonological skills.

We studied the development of these capabilities with an approach at the crossroad of bottom-up (MacNeilage, 1998) and top-down (Fikkert et al. 2004, Wauquier, 2005, 2006) current scientific approaches. Indeed, it seems that the production of speech can not be explained outside the articulatory and motor control and acquisition. But so far it seems essential to take into account the structural features and constraints of the input language (Vihman, 1996). For us, the child must adapt to his mother tongue, as permitted by his articulatory motor skills, that will evolve with growth and cognitive maturation, while constantly comparing his productions with his native language.

To evaluate these theoretical propositions, we developed a database composed by the vocal productions of a child aged from 7 to 16 months from an audio-visual corpus. Our question concerns the nature of early words. Yet if the control of mandibular oscillations can be described as the basic underlying structure in speech, the development of an adult-like language-specific syllable will imply three types of controls in addition to that of the mandible: (i) the control of the velum, which yields a fully oral vocal tract to produce salient consonant-vowel sequences, (ii) the control of the oro-laryngeal coordination to obtain the voiced vs unvoiced distinction and (iii) the rhythmic mandibular control which enables the child to adapt to the prosodic patterns of his mother tongue.

Keywords: *speech development, audio-visual corpus, motor control, phonological representations.*

Remerciements

Rendons à César ce qui lui appartient. Je remercie donc tout d'abord Christian Abry, directeur initial de ce travail, pour avoir proposé ce sujet.

Je tiens ensuite à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer cette thèse et d'avoir porté de ce fait un intérêt à mon travail.

Sophie Wauquier & Steven Gillis, pour avoir accepté d'être rapporteurs de ce travail, d'avoir lu en détails les pages suivantes et d'avoir fait de ma soutenance, par leurs questions tellement pertinentes, un moment d'échange scientifique rare.

Sophie Kern, pour avoir accepté d'être examinatrice de ma thèse et de toujours avoir manifesté de l'intérêt pour mon travail. Sophie, je t'avais promis de te tenir au courant de la date de ma soutenance, merci d'y être venue et d'y avoir participé scientifiquement.

Jean-Luc Schwartz, pour avoir endossé le rôle de président du jury. Ta présence dans ce jury était importante pour moi, merci Jean-Luc d'avoir accepté ce rôle.

Anne Vilain, pour avoir repris seule la direction de ma thèse. Anne, merci de m'avoir patiemment supportée jusqu'à la fin. Notre chemin commun pour ce travail a été long et parsemé d'embûches, et pour un premier encadrement de thèse, je ne t'ai pas facilité la tâche... Je te souhaite de nombreuses autres thèses et soutenances, plus courtes et plus légères à encadrer ! Merci d'avoir été plus qu'une simple encadrante, et de m'avoir fait confiance jusqu'au bout.

Merci à Stefanie Brosda, pour avoir recueilli ce superbe corpus et merci aux parents des petits sujets d'avoir accepté de partager le babillage et les premiers mots de leurs enfants.

Petite - maintenant grande - sujet C. (c'est un peu impersonnel comme nom, j'en conviens), tu as une importance toute particulière pour moi. Je connais tes premières productions linguistiques par cœur et j'aime te savoir grandir. Merci car sans toi ce travail ne serait pas.

Elisabetta, Nathalie, Solange, Jean-Luc & Gérard vous êtes mes piliers du labo et je vous en remercie.

Gérard, tu es parfois rude et abrupte mais c'est grâce à toi que je n'ai pas pu lâcher, alors continues d'être ainsi.

Jean-Luc, je connais peu de gens qui en savent autant que toi sur la parole et qui arrivent à faire passer leur savoir avec autant de limpidité et d'humilité. Merci infiniment pour l'intérêt que tu as toujours porté à mon travail, merci pour ton soutien scientifique et humain, notamment les derniers temps, et merci pour tes encouragements si précieux.

Elisabetta, Nathalie & Solange, où en serais-je sans vous ? Vous avez été mes piliers enseignants, scientifiques, mais aussi tellement humains.

Elisabetta, tu es cette voix chantante, douce et posée avec qui j'ai discuté morpho-phonologie lorsque nous donnions ce cours ensemble, qui m'a réconfortée et encouragée un certain nombre de fois, et qui m'a toujours redonné l'optimisme quand je le perdais.

Nathalie, tu es celle qui a éveillé en moi le goût de la phonétique lors des cours que tu dispensais en DEUG et c'est avec toi que j'ai fait mes premiers pas de phonétique expérimentale sur le parler de La Fouillouse, en Licence. Tu es celle avec qui j'ai discuté de sujets scientifiques ou non, et qui m'a toujours solidement soutenue.

Solange, ma reine du velum au tempérament de feu, c'est la nasalité et ses mystères mais aussi ta fille aînée qui nous ont d'abord rapprochées. Solange, tu as toujours répondu à toutes mes questions, qu'elles soient de cours, scientifiques ou personnelles. Merci pour ta bienveillance constante au cours de toutes ces années et ton soutien sans faille.

Lors de mes années passées à l'ICP d'abord, devenu GIPSA-lab ensuite, j'ai rencontré un grand nombre de personnes que je tiens à remercier ici.

Dominique, Marie-Thé & Alain, vous étiez d'une compagnie délicieuse et vos départs successifs à la retraite ont eu un petit goût d'amertume. Marie-Ange & Liva, vos passages au secrétariat du labo ont été pour moi des rencontres et des échanges très enrichissants. J'espère revoir vos sourires de temps en temps. Houria, je t'ai d'abord connue à l'ED et tu es ensuite « descendue » au Gipsa. Houria, tu es LA star administrative, merci pour ton dynamisme, ton efficacité, ton soutien et ta sympathie.

Il y a aussi tous ceux avec qui j'ai partagé de bons moments que ce soit sur Stendhal ou sur Ampère (ou anciennement la gare) : Albert, Annemie, Carole, Cécile, Christophe, Coriandre, Feng, Frédéric E., Hélène, Jean-Pierre, Isabelle (à l'ICP et ensuite au LIDILEM), Lionel, Louis-Jean, Marc, Marion, Muriel, Nadine, Pierre & Véro.

Et puis il y a les thésards, ceux avec qui on partage tant et qui deviennent parfois de véritables amis. Je remercie donc les anciens et les actuels pour tous les instants passés ensemble : Anahita, La p'tite Anne, Benjamin, Chloé, Guillaume G., Ibrahima, Krystyna et son soutien solide des derniers jours avant la soutenance, Maria et ses encouragements perpétuels et son enthousiasme communicatif, Maëva, Marine ou mon cursus inverse, Nico du labo, Omran, Rosario, Silvia et son petit cadeau de Noël, Virginie A.. Le groupe « des anciennes » : Aude, Fanny & Virge, avec qui la thèse est de l'histoire ancienne mais les soirées et pique-niques sont toujours d'actualité. Antoine, Bertrand et Julie : comme tu l'as dit dans tes remerciements de thèse, Julie, nous sommes tous les quatre un peu comme des frères et sœurs de thèse. Et celle qui n'est ni ingénieure, ni normalienne, ni durement

scientifique mais qui a fait sa place parmi vous, vous remercie tous les trois pour les moments partagés au labo mais surtout en dehors !!

Il y a bien sûr Hien et Sandra, mes deux petites perles. Les filles, ma chance a été d'avoir deux paillettes telles que vous à mes côtés durant ces années particulièrement dures pour moi, et de vous garder auprès de moi. Nous avons encore de nombreuses choses à partager.

Emilie, je ne t'ai pas laissée avec le groupe des anciennes même si tu y as bien évidemment ta place, mais il me semble que tu mérites un merci tout particulier ! Tu étais ma copine de labo, tu es maintenant ma copine d'ortho, et grâce à toi et à ton soutien, la reprise d'un nouveau cursus a été plus facile à supporter. Tu m'as toujours encouragée à terminer ma thèse et tu as été d'un soutien considérable sur la fin de ma rédaction.

C'est tout naturellement ici que je tiens à remercier mes orthocopines, et plus particulièrement Alizée, Dulcie, Eloïse, Clémence et Thiphaine, vous avec qui je repartage le stress des partiels et l'apprentissage d'un nouveau métier, merci pour votre fraîcheur, votre enthousiasme, votre admiration devant mon grand âge (!) et vos encouragements.

Viennent maintenant les mercis plus personnels avec la bande des copains. Sans les mariages, les naissances, les anniversaires, les soirées et vous tout simplement, je n'aurais jamais tenu le coup ! Vous êtes ma source d'équilibre et je vous en remercie.

Amande, merci pour ton soutien, ta présence et ta proposition d'aide pour m'alléger des corvées.

Cath, tu es celle qui a le don de me faire pleurer d'émotion, de surprise et de joie. Tu as été ma maman par le biais de ce petit paquet postal bourrés de bonnes choses pour que mes quinze derniers jours de rédac soient plus doux.

Clau, ce travail s'est mis plus d'une fois entre nous et je te remercie du fond du cœur de ne pas m'en avoir tenu rigueur. Tu m'as toujours encouragée à persévérer, merci mille fois ma « jumelle ».

Nath, tu es celle qui encourage sans cesse et qui a compris les enjeux de cette thèse en un clin d'œil. Merci pour tes encouragements réguliers via divers moyens de communication, et même du Brésil !

Sab, un doute, besoin d'une parole réconfortante, tu es toujours présente et à mon écoute. Tu as été d'un soutien inestimable durant toutes ces années, merci ma entre autres, hammam amie.

Mimie, ma double cousine, si proche et si attentive, je te remercie de me comprendre aussi bien.

Maman, Papa, vous m'avez laissée choisir ma voie universitaire et vous m'avez toujours fait confiance. Si cette aventure de thèse n'a pas été simple pour moi, elle ne l'a pas été pour vous non plus. Si j'y suis arrivée aujourd'hui, c'est grâce à votre soutien et à votre amour inconditionnel. Merci pour vos relectures attentives et d'être partis à la chasse aux coquilles. Merci de tout mon cœur.

Jérèm, tu es la patience incarnée. Ta confiance, ta tolérance, ton respect, ta compréhension et ta complicité ont rendu ma vie plus simple à la maison et m'ont permis de cheminer jusqu'ici dans une relative tranquillité. Tu as sacrifié un week-

end de repos pour faire l'ultime relecture de cette thèse. Merci d'être qui tu es, celui qui m'est indispensable. A nos jours heureux.

Nico, Mamy, pas facile de terminer ma thèse fin septembre/début octobre... Vous n'êtes plus là pour lire ces lignes mais j'ose espérer que vous seriez fiers de savoir que j'y suis enfin arrivée.

Enfin, à tous ceux que j'ai probablement oubliés et qui m'ont soutenue et encouragée dans cette aventure sinueuse, merci.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	17
CHAPITRE I	23
LE DEVELOPPEMENT VOCAL AU COURS DE LA PREMIERE ANNEE DE VIE	23
I.1. QUELLES CAPACITES PERMETTENT AUX ENFANTS D'ENTRER DANS LA LANGUE ?.....	26
<i>I.1.1. Les capacités perceptives du nouveau-né</i>	26
I.1.1.1. La perception : une capacité présente in-utero.....	26
I.1.1.2. Les capacités de perception de parole chez le nouveau-né	27
I.1.1.3. La perception multimodale	29
I.1.1.4. Quand la perception s'adapte à la langue maternelle : la surdité phonologique	29
<i>I.1.2. Construction d'une représentation sensori-motrice multimodale</i>	30
I.1.2.1. Les capacités d'imitation du nouveau-né pour la parole.....	30
<i>I.1.3. La production de parole durant la première année de vie</i>	31
I.1.3.1. Quelques approches descriptives	32
I.1.3.2. Une description articulatoire des capacités vocales de l'enfant : l'approche de Koopmans Van Beinum & Van Der Selt (1986).....	34
a). Une classification articulatoire du développement vocal au cours de la première année basée sur un modèle source/filtre.....	34
b). Classification articulatoire de 0 à 18 mois en 7 stades	35
c). Les apports et les limites de cette description.....	36
I.2. LE BABILLAGE : ETAPE CRUCIALE POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA PAROLE.....	36
<i>I.2.1. Aspects phonétiques du babillage</i>	37
I.2.1.1. Aspects universels.....	37
I.2.1.2. redupliqué vs. varié	38
<i>I.2.2. Aspects rythmiques</i>	41
<i>I.2.3. Babillage et pathologies</i>	42
I.2.3.1. Le babillage chez l'enfant non-voyant.....	42
I.2.3.2. Le babillage chez l'enfant malentendant.....	43

I.2.3.3. Un babillage en langue des signes	44
I.3. DU BABILLAGE AUX PREMIERS MOTS, QUELLES HYPOTHESES DEVELOPPEMENTALES ?.....	45
I.3.1. <i>La théorie Frame then Content, un postulat fort</i>	45
I.3.1.1. Une théorie globale de la production de parole	45
I.3.1.2. Une explication du babillage.....	47
I.3.1.3. Les cadres protosyllabiques comme contrôle de la porteuse de la parole.....	48
a). L'hypothèse <i>Frame then Content</i>	48
b). Réponses à l'hypothèse <i>Frame then Content</i>	49
I.3.1.4. Développement du contenu segmental	53
a). Quelques éléments de description.....	53
b). Un contrôle développé par le feed-back sensoriel ?	58
I.3.1.5. Qu'en est-il des premiers mots ?.....	60
I.3.2. <i>L'émergence des premiers mots : différentes approches</i>	61
I.3.2.1. L'approche phonologique de l'émergence des premiers mots.....	62
a). Le structuralisme en phonologie : la question de la marque	62
b). Le paradigme génératif	62
c.) La phonologie prosodique	63
d). La Théorie de l'Optimalité	63
I.3.2.2. L'hypothèse gabaritique.....	63
I.3.2.3. Notre approche : la rencontre du contrôle moteur et de la phonologie pour l'émergence de la parole.	64
I.3.2.4. Un récapitulatif du développement de la parole	65
I.4. PROPOSITION D'UN CHEMIN DEVELOPPEMENTAL	67
CHAPITRE II.....	
UNE BASE DE DONNEES AUDIOVISUELLE DU DEVELOPPEMENT DE LA PAROLE ...	69
II.1. LE CORPUS.....	72
II.1.1. <i>Intérêts d'un suivi longitudinal</i>	72
II.1.1.1. Arguments en faveur du suivi longitudinal.....	72
II.1.1.2. Les intérêts d'un corpus audio-visuel	74
II.1.1.3. Description du corpus « C » complet.....	75
II.1.1.4. Description du corpus de l'étude	76
II.1.2. <i>Préparation des données</i>	77
II.1.2.1. Format des fichiers	77
II.1.2.2. Extraction des productions de l'enfant	77

II.2. PRINCIPES ET OUTILS POUR LE CODAGE	78
II.2.1. Les principes de codage.....	78
II.2.2. Les outils de codage.....	80
II.2.2.1. CHILDES	80
II.2.2.2. CLAN	81
II.2.3. Description articulatoire à l'aide d'un codage CHAT dans l'environnement	
CLAN	82
II.2.3.1. Données générales sur le sujet.....	83
II.2.3.2. Description de la structure (proto-) syllabique et phonatoire	84
II.2.3.3. description des closants et vocants trait par trait	87
II.2.3.4. description de nos ajouts.....	92
II.2.4. Procédure de codage	92
II.2.5. Les problèmes de codage	95
CHAPITRE III	
STRUCTURE PHONETIQUE DU BABILLAGE ET CONTROLE SPATIAL DES ARTICULATEURS SUPRA-GLOTTIQUES	97
III.1. STRUCTURE DE L'INVENTAIRE PHONETIQUE DU BABILLAGE POUR LE SUJET C.....	99
III.1.1. Les lieux d'articulation les plus fréquents pour les consonnes du babillage	99
III.1.2. Les modes d'articulation les plus fréquents dans le babillage	103
III.1.3. Proportions et types de variations dans le babillage : babillage varié vs redupliqué ...	104
III.2. LA DOMINANCE DES CADRES	110
III.2.1. Test de la 1ère tendance de la dominance des cadres : évolution de l'espace vocalique de 7 à 16 mois.....	112
III.2.4. Test de la 2 ^{ème} tendance de la dominance des cadres : les changements de modes plutôt que de lieux pour les closants.....	119
III.2.5. Test de la 3 ^{ème} tendance de la dominance des cadres : les changements de voyelles sur l'axe vertical plutôt qu'horizontal.....	121
III.2.3. Test de la 4 ^{ème} tendance de la dominance des cadres : les co-occurrences sont-elles favorisées ?.....	123
III.2.2. Test de la 5 ^{ème} tendance de la dominance des cadres : prédominance du patron Labial- Coronal ?.....	125
III.3. CONCLUSION SUR L'INVENTAIRE PHONETIQUE ET LA DOMINANCE DES CADRES	128

CHAPITRE IV
LE CONTROLE DU RYTHME MANDIBULAIRE OU L'APPARITION DES STRUCTURES SYLLABIQUES ET PROSODIQUES DES PREMIERS MOTS.....	131
IV.1. DU RYTHME BIOLOGIQUE AU RYTHME LINGUISTIQUE	134
<i>IV.1.1. La première année de vie, une période d'intense activité rythmique</i>	<i>134</i>
IV.1.1.1. Une activité rythmique de la jambe et de la main	135
IV.1.1.2. Importance du retour sensoriel dans le développement de l'activité rythmique	136
IV.1.1.3. Le babillage : une activité motrice rythmique.....	136
a). Des rythmes spécifiques	136
b). La perception du rythme.....	139
<i>IV.1.2. L'émergence du contrôle : le passage d'un rythme monotone à la production d'unités indépendantes</i>	<i>139</i>
IV.1.2.1. Un parallèle entre les activités rythmiques générales et le babillage	139
IV.1.2.2. Du geste manuel au geste de pointer : relations entre rythme des mots et rythme du pointer	141
IV.2. DU RYTHME BIOLOGIQUE AU RYTHME CONTROLE : QUAND LE RYTHME DU BABILLAGE SE SEPARA DU RYTHME BIOLOGIQUE	142
<i>IV.2.1. Emergence des variations rythmiques</i>	<i>142</i>
<i>IV.2.2. Emergence d'un patron de mot ?.....</i>	<i>146</i>
<i>IV.2.3. Emergence d'un rythme spécifique à la langue maternelle ?.....</i>	<i>149</i>
IV.3. EN CONCLUSION SUR LE RYTHME	154
CHAPITRE V	157
LA COORDINATION ORO-LARYNGEE OU L'ACQUISITION D'UN CONTRASTE ACOUSTIQUE PERTINENT A L'INTERIEUR DU CONDUIT VOCAL	157
V.1. CONTROLE ET PERCEPTION DU VOISEMENT DES PLOSIVES, DE L'ENFANT A L'ADULTE.....	160
<i>V.1.1. Le trait phonologique de voisement, et son corrélat phonétique majeur, le VOT.....</i>	<i>160</i>
V.1.1.1. Le voisement	160
V.1.1.2. Le VOT.....	161
<i>V.1.2. Production et perception du voisement des occlusives chez l'adulte.....</i>	<i>162</i>
V.1.2.1. Production du VOT à travers les langues	162
V.1.2.2. Production du VOT chez l'adulte en Français.....	166
V.1.2.3. Perception du voisement chez l'adulte	167
<i>V.1.3. Production et perception du VOT chez l'enfant.....</i>	<i>168</i>
V.1.3.1. Identification précoce du VOT chez le bébé	168

V.1.3.2. Renforcement spécifique des indices acoustiques par l'adulte s'adressant à l'enfant	170
V.1.3.3. La production du VOT chez l'enfant.	171
V.2. LE VOT OU L'EMERGENCE D'UN CONTROLE ACTIF DE LA VIBRATION DES CORDES VOCALES DURANT L'OCCLUSION A 11MOIS ?	173
V.2.1. Méthode pour la mesure du VOT	173
V.2.2. Résultats	175
V.2.2.1. Distribution globale	175
a). Variations de la distribution avec le lieu d'articulation de la plosive	176
b). Evolutions de la distribution avec l'âge du sujet	178
V.3. DISCUSSION & CONCLUSION SUR LE CONTROLE DE LA COORDINATION ORO-LARYNGEE	181
CHAPITRE VI	
LE CONTROLE ORAL / NASAL OU L'ACQUISITION D'UN CONDUIT VOCAL ORAL.	183
VI.1. LES NASALES : LE POINT DE VUE TRADITIONNEL	185
VI.1.1. Définition classique	185
VI.1.1.1. Une différence de positions articulatoires	185
VI.1.1.2. Les données en typologie	186
VI.1.2. Les nasales du point de vue développemental	187
VI.1.2.1. Dégression de la nasalité au cours du babillage	187
VI.1.2.2. L'émergence des sons oraux : une stimulation auditive	187
VI.1.2.3. La nasalité et la <i>dominance des cadres</i> .	188
VI.1.3. La nasalité : un problème complexe	189
VI.1.3.1. Les problèmes de la caractérisation acoustique de la nasalité	189
VI.1.3.2. Aspects articulatoires de la nasalité	191
VI.1.3.3. Considérations aéroacoustiques	193
VI.1.3.4. En conclusion, la nasalité consonantique plutôt et plus tôt que la nasalité vocalique ?	194
VI.1.4. L'approche développementale de la nasalité	194
VI.1.4.1. Différences acoustiques entre consonnes et voyelles dans le développement	194
VI.1.4.2. Distinction voyelle nasale vs. voyelle nasalisée	195
VI.2. HYPOTHESES ET CHOIX METHODOLOGIQUES	198
VI.2.1. 1 ^{ère} hypothèse : 2 contrôles articulatoires successifs	198
VI.2.2. 2 ^{ème} hypothèse	199

VI.2.3. 3 ^{ème} hypothèse : les facteurs explicatifs de l'émergence et de l'évolution du contrôle du velum.....	199
VI.1.2.3.1. La distinctivité.....	200
VI.1.2.3.2. La langue ambiante	200
VI.2.4. Méthodologie employée pour l'analyse des closants nasaux du corpus.....	200
VI.3. LES CLOSANTS NASAUX : UN INDICE POUR DECELER LE CONTROLE DU VELUM CHEZ L'ENFANT A LA PERIODE DU BABILLAGE.....	202
VI.3.1. Réponses aux hypothèses 1 et 3	202
VI.3.2. Réponses aux hypothèses 2 et 3	206
VI.4. EN CONCLUSION, L'APPORT DE NOTRE ETUDE SUR LE CONTROLE DU VELUM DANS LE DEVELOPPEMENT : DEUX CONTROLES DIFFERENTS ET SUCCESSIFS DU VELUM POUR LES CONSONNES ET LES VOYELLES NASALES ?.....	208
CHAPITRE VII.....	211
CONCLUSION & PERSPECTIVES	211
Structure phonétique et hypothèse de la dominance des cadres	213
Trois contrôles pour un premier mot.....	216
Un chemin développemental à deux étapes	219
Des premiers mots aux dernières phrases	221
BIBLIOGRAPHIE	223
ANNEXES	249

LISTE DES FIGURES

Figure I- 1 : Imitation par le bébé des gestes de protrusion de langue, ouverture de bouche et protrusion de lèvres effectués par l'adulte (Meltzoff & Moore (1977)).....	25
Figure I-2 : Fréquence des consonnes labiales et alvéolaires chez des enfants entendants (NH) et des enfants sourds (HI) à 5-7 mois, 14-14 mois et 22-39 mois (Stoel-Gammon, 1988).....	43
Figure I-3 : Apparition du babillage chez des enfants entendants (symboles blancs) et chez des enfants sourds (symboles noirs) (Oller & Eilers, 1988).....	44
Figure I-4 : Vue latérale du cerveau avec le système latéral ou aire de Broca (n°45) et système médian ou cortex moteur primaire (n°4) pour le langage.	46
Figures I-5 & I-6 : cadre coronal pour le modèle Maeda (à gauche) avec l'interface SMIP, cadre labial pour le modèle Gentiane (à droite).	50
Figure I-7 : espace vocalique réel d'enfants de 4 mois (gauche), et de 7 mois (droite, points noirs), par rapport à l'Espace Vocalique Maximal pour un conduit vocal de même taille (points gris), d'après Serkhane et al. 2002.	52
Figure I-8 : Déplacements verticaux des lèvres, inférieure et supérieure, en fonction du temps au cours de la production répétitive de [bababa] par un bébé de 8 mois et un adulte.....	54
Figure I-9 : Extrêmes hypothétiques des pentes d'équation de locus (Sussman & al. 1999) ..	56
Figure I-10 : Pentes des équations des locus dérivées des productions [bVoyelle] pour chaque mois de 7 à 40 mois (Sussman & al. 1999).....	57
Figure I-11 : Pentes des équations des locus dérivées des productions [dVoyelle] pour chaque mois de 7 à 40 mois (Sussman & al. 1999).....	57
Figure I-12 : Pentes des équations des locus dérivées des productions [gVoyelle] pour chaque mois de 7 à 40 mois (Sussman & al. 1999).....	58
Figure II-13 : exemple de variabilité interindividuelle pour le nombre de production de consonnes par sujet à 12 mois, pour 20 enfants de milieu anglophone monolingue (tableau tiré de Locke, 1983) avec en abscisse les types de consonnes et en ordonnée les sujets numérotés de 1 à 20.	73
Figure II-14 : Illustration de la transcription effectuée et des critères utilisés.....	83
Figure II-15 : Illustrations des informations concernant le sujet, présentes au début de chaque session.	84
Figure II-16 : Illustration du code de transcription en surligné.....	84

Figure II-17 : Illustration des critères permettant d’obtenir les informations synthétisées sur une production en surligné.	84
Figure II-18 : Illustration des critères permettant de décrire précisément les closants en surligné.	88
Figure II-19 : Illustration des critères permettant de décrire précisément les vocants en surligné.	89
Figure II-20 : Triangle vocalique en quadrants pour l'enfant, équivalents articulatoires et valeurs formantiques pour chaque étiquette.	90
Figure II-21 : représentation d'un tracé de contour sagittal à partir de la grille semi-polaire. .	93
Figure II-22 : interface du modèle GROWTH présentant la production d’un [a] pour un conduit vocal de 1 an.	94
Figure III-23 : commande de recherche des types de lieux et résultats de la requête pour la session 11	101
Figure III-24 : types de lieux d’articulation des closants de 7 à 16 mois pour le sujet C.	102
Figure III-25 : types de modes d’articulation des closants de 7 à 16 mois pour le sujet C. ...	104
Figure III-26 : commande de recherche des types de babillage et résultat de la requête pour la session 12.	105
Figure III-27 : Age d’apparition et proportions du babillage varié et redupliqué pour le sujet C. de 7 à 16 mois.	106
Figure III-28 : proportions du babillage varié C, varié V, varié CV et redupliqué de 7 à 16 mois pour le sujet C.	107
Figure III-29 : types de lieux dans le babillage redupliqué pour le sujet C. de 7 à 16 mois. .	109
Figure III-30 : Illustration du principe de cooccurrences selon Davis & MacNeilage (1995).	111
Figure III-31 : exemple de commande et résultat de recherche automatique pour les vocants de la session 18b pour le sujet C.	114
Figure III-32 : évolution de l'espace vocalique de 7 à 16 mois pour le sujet C.	116
Figure III-33 : évolution de la proportion des voyelles centrales, d’avant et d’arrière de 7 à 16 mois pour le sujet C.	117
Figure III-34 : évolution de la proportion des voyelles hautes, moyennes et basses de 7 à 16 mois pour le sujet C.	118
Figure III-35 : exemple de commande et résultat de recherche automatique pour les types de changements de closants dans la session 6 pour le sujet C.	119

Figure III-36 : types de changements de closant à closant dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.	120
Figure III-37 : exemple de commande et résultat de recherche automatique pour les types de changements de vocants dans la session 6 pour le sujet C.	121
Figure III-38 : types de changements de vocants à vocants dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.	122
Figure III-39 : changements de lieux dans une même production pluri-syllabique de 7 à 16 mois pour le sujet C.	126
Figure IV-40 : Graphique représentant le nombre de mouvements rythmiques de mains (en noir) et de jambe (en blanc).	135
Figure IV-41 : Graphique représentant le nombre de secousses du hochet audible (en noir) et du hochet inaudible (en blanc)	136
Figure IV-42 : à gauche, spectrogramme et courbe d'amplitude d'une production CVCV dans le babillage. A droite spectrogramme et courbe d'amplitude d'une production CVCV dans les premiers mots (d'après Bickley & al., 1986).	137
Figure IV-43 : à gauche, spectrogramme, courbe d'amplitude et analyses des enveloppes spectrales d'une production redupliquée dans le babillage. A droite spectrogramme, courbe d'amplitude et analyses des enveloppes spectrales d'une production non rythmique du babillage (d'après Bickley & al., 1986).	137
Figure IV-44 : En trait plein, patron rythmique des enfants exposés à la langue des signes et en trait en pointillés, patron rythmique des enfants non-exposés à la langue des signes (d'après Petitto & al, 2001).	138
Figure IV-45 : Schéma illustrant l'hypothèse du Rendez-vous développemental proposé par Ducey (2007).	141
Figure IV-46 : Exemple de mesure de la durée des CV du début de la consonne à la fin de la voyelle.	143
Figure IV-47 : Evolution de la durée moyenne des CV de 7 à 16 mois pour le sujet C et tableau des valeurs.	144
Figure IV-48 : Evolution des durées pour toutes les syllabes CV à 8 mois chez le sujet C. .	144
Figure IV-49 : Evolution des durées pour toutes les syllabes CV à 11 mois chez le sujet C.	145
Figure IV-50 : Evolution des durées pour toutes les syllabes CV à 16 mois chez le sujet C.	146
Figure IV-51 : commande de recherche des types de babillage et résultat de la requête pour la session 12.	147

Figure IV-52 : Evolution des proportions CVCV vs. les autres types de productions entre 7 et 16 mois pour le sujet C.....	148
Figure IV-53 : Exemple de mesure de la durée des CV1 et CV2 dans les CVCV du début de la consonne à la fin de la voyelle.	151
Figure IV-54 : Evolution et tableaux des valeurs des moyennes de ratio S2/S1 de 7 à 16 mois pour le sujet C.	152
Figure IV-55 : Evolution des durées moyennes en millisecondes de S1 en noir et S2 en gris pour le sujet C de 7 à 16 mois.	153
Figure IV-56 : Evolution de la durée des syllabes finales (S2) et non finales (S1) pour un enfant entre 8 et 24 mois (d'après Konopczynski, 1990).....	154
Figure V-57 : à droite : séquence VCV où l'on peut voir le voisement de la consonne sur le signal de parole. A gauche : séquence VCV où l'on peut voir l'absence de voisement de la consonne sur le signal de la parole.....	160
Figure V-58 : exemple de mise en vibration des cordes vocales avant la détente de l'occlusion (VOT négatif) pour une séquence de type consonne occlusive voisée – voyelle.	161
Figure V-59 : exemple de mise en vibration des cordes vocales après la détente de l'occlusion (VOT positif) pour une séquence de type consonne occlusive non-voisée – voyelle.....	162
Figure V-60 : Distribution normalisée du VOT par lieux pour l'ensemble des langues étudiées (Lisker & Abramson, 1964).	163
Figure V-61 : représentation schématique des trois modes de timing laryngé mis en évidence par Lisker & Abramson (1964)..	165
Figure V-62 : Schéma du processus de spécialisation phonologique selon Serniclaes (2005).	165
Figure V-63 : Distribution du VOT des occlusives prévocales [b d g] et [p t k] en français (Serniclaes, 1987).....	166
Figure V-64 : graphique représentant les réponses des enfants de 4 mois avec en abscisse le temps en minutes et en ordonnée le taux moyen de nombre de suctions..	169
Figure V-65 : Exemple d'étiquetage sous PRAAT du burst (bruit d'explosion) et du début de voisement pour un VOT positif.....	174
Figure V-66 : Exemple d'étiquetage sous PRAAT du début de voisement au burst (bruit d'explosion) pour un VOT négatif.....	174
Figure V-67 : Valeurs du VOT tous lieux confondus pour tous les mois pour le sujet C.	175
Figure V-68 : Valeurs du VOT pour le lieu bilabial pour tous les mois pour le sujet C.....	176

Figure V-69 : Valeurs du VOT pour le lieu coronal pour tous les mois pour le sujet C.....	177
Figure V-70 : valeurs du VOT pour le lieu vélaire pour tous les mois pour le sujet C.....	177
Figure V-71 : Évolution des valeurs de VOT positif de 7 à 16 mois pour le sujet C.	178
Figure V-72 : Évolution des valeurs de VOT négatifs de 7 à 16 mois pour le sujet C.....	179
Figure V-73 : valeurs moyennes des VOT positifs par mois pour le sujet C.....	180
Figure V-74 : valeurs moyennes des VOT négatifs par mois pour le sujet C.....	180
Figure VI-75 : coupe sagittale d'une consonne bilabiale orale [p]. Le velum est relevé	186
Figure VI-76 : coupe sagittale d'une consonne bilabiale nasale [m]. Le velum est abaissé...	186
Figure VI-77 : spectrogramme d'une bilabiale nasale [m] suivie d'une voyelle.	189
Figure VI-78 : spectrogramme d'une bilabiale orale [p] suivie d'une voyelle	190
Figure VI-79 : spectrogrammes d'une voyelle orale (à droite) et d'une voyelle nasale (à gauche).	191
Figure VI-80 : distribution de la hauteur du velum pour les voyelles orales, nasales et les consonnes orales et nasales (cf. Rossato & al., 2003).....	192
Figure VI-81 : Tracé du contour sagittal sur lequel est superposée la grille semi-polaire qui permet d'effectuer les mesures.	193
Figure VI-82 : Spectrogramme représentant la phrase « ma maman ment » dans laquelle les deux premiers [a] sont nasalisés par l'effet des consonnes nasales qui les entourent, alors que les deux [ɑ] sont des voyelles nasales.	197
Figure VI-83 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C.	203
Figure VI-84 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux sans les mots contenant des consonnes nasales de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C. (moins 122 occurrences à 13 mois, moins 51 occurrences à 14 mois et moins 113 occurrences à 15 mois).	204
Figure VII-85 : un chemin développemental du babillage aux premiers mots pour le sujet C. de 7 à 16 mois.....	220

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : d'après Kent & Miolo (1995, p. 324) : Tableau récapitulatif du développement de la parole chez l'enfant pendant la première année de vie.	32
Tableau I-2 : (d'après Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt, 1986) modèle source-filtre de production de parole pour des productions sonores d'enfants.	34
Tableau I-3 : Stades articulatoires du développement de la parole d'après Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt (1986)	35
Tableau I-4 : Principales étapes de l'acquisition de la parole d'un point de vue articulatoire, moteur et phonologique.....	67
Tableau II-5 : Pourcentages d'accords et de désaccords entre deux transcrip-teurs pour l'identification de données audio du babillage (Davis, B.L. & MacNeilage, P.F., 1995)	74
Tableau II-6 : âges des premiers et derniers enregistrements pour les 6 sujets du corpus.....	75
Tableau II-7 : âge, durée et nombre de productions vocales de chaque session pour le sujet C.	77
Tableau II-8 : (d'après Koopmans van Beinum & Van der Stelt, 1986) Eléments de transcription basée sur un modèle source-filtre de production de parole pour des productions sonores d'enfants.....	80
Tableau III-9 : nombres de productions pour les lieux bilabial, coronal, pharyngal, vélares et autres lieux confondus et par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.	102
Tableau III-10 : pourcentages de productions pour les lieux bilabial, coronal, pharyngal, vélares et autres lieux confondus et par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.....	102
Tableau III-11 : nombres par modes d'articulation par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.	103
Tableau III-12 : pourcentages par modes d'articulation par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.	104
Tableau III-13 : Nombre de productions de babillage varié et redupliqué par rapport à toutes les productions du babillage pour le sujet C. de 7 à 16 mois.	105
Tableau III- 14 : Pourcentages de productions de babillage varié et redupliqué par rapport à toutes les productions du babillage pour le sujet C. de 7 à 16 mois.....	106
Tableau III-15 : nombre de productions du babillage varié C, varié V, varié CV et redupliqué de 7 à 16 mois pour le sujet C.	108

Tableau III-16 : pourcentages de productions du babillage varié C, varié V, varié CV et redupliqué de 7 à 16 mois pour le sujet C.	108
Tableau III-17 : nombre de productions redupliquées par lieux pour le sujet C de 7 à 16 mois.	109
Tableau III-18 : pourcentage de productions redupliquées par lieux pour le sujet C de 7 à 16 mois.	109
Tableau III-19 : nombre de voyelles centrales, d’avant et d’arrière de 7 à 16 mois pour le sujet C.	116
Tableau III-20 : pourcentage de voyelles centrales, d’avant et d’arrière de 7 à 16 mois pour le sujet C.	117
Tableau III-21 : pourcentages de voyelles hautes, moyennes et basses de 7 à 16 mois pour le sujet C.	117
Tableau III-22 : pourcentages de voyelles hautes, moyennes et basses de 7 à 16 mois pour le sujet C.	117
Tableau III-23 : nombres de changements de closant à closant dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.	120
Tableau III-24 : types de changements de closant à closant dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.	120
Tableau III-25 : nombres de changements de vocant à vocant les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.	122
Tableau III-26 : pourcentages de changements de vocant à vocant les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.	122
Tableau III-27 : tableaux des ratios entre les co-occurrences attestées et les co-occurrences attendues par mois et sur la totalité du babillage pour le sujet C.	124
Tableau III-28 : nombre de changements de lieux dans une même production pluri-syllabique de 7 à 16 mois pour le sujet C.	126
Tableau III-29 : pourcentages de changements de lieux dans une même production pluri-syllabique de 7 à 16 mois pour le sujet C.	127
Tableau IV-30 : relations entre les étapes du langage et les étapes du geste d’après Bates & Dick (2002).	140
Tableau IV-31 : Tableaux des nombres de CVCV, CVCVCV..., CV et autres types de syllabes par mois pour le sujet C.	148

Tableau IV-32 : Tableaux des pourcentages de CVCV, CVCVCV..., CV et autres types de syllabes par mois pour le sujet C.....	148
Tableau IV-33 : Tableau récapitulatif des études sur la production du patron prosodique de la langue maternelle.	150
Tableau V-34 : Mesures de VOT (en ms) de Serniclaes (1987).	167
Tableau VI-35 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux avec les mots contenant des consonnes nasales de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C.....	203
Tableau VI-36 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux sans les mots contenant des consonnes nasales de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C.	204
Tableau VI-37 : Types de changements de modes en contexte CVC, CCV et CVC+CCV de 7 à 16 mois pour Célia.....	206

INTRODUCTION

Il est des étapes importantes dans les deux premières années de vie de l'enfant. Les premiers mots comme les premiers pas sont deux étapes attendues et nettement identifiables pour lesquelles des précurseurs se mettent en place bien avant leurs réalisations effectives autour de 12 mois. Du côté de la locomotion, l'enfant va passer par divers paliers pour atteindre la locomotion bipède : tenue de la tête (0 - 5 mois), position assise (6 - 11 mois), reptation (7 - 11 mois), station debout (5 - 16 mois), la marche accompagnée puis seule (9-17 mois) (d'après GASSIER, 1981). Les premiers pas ne pourront se faire sans ces étapes intermédiaires et même s'ils sont le moment-clé de la marche, celle-ci n'équivaudra pas encore à la marche parfaitement maîtrisée, semblable à celle de l'adulte, pour laquelle l'enfant devra acquérir et contrôler la coordination des différents segments du corps notamment de la jambe et du pied. Pour la mise en place des premiers mots, il en est de même. L'enfant va parcourir un chemin développemental composé d'étapes successives.

Se pose donc la question de savoir comment s'effectue la mise en place de ces étapes successives ? Quelles sont les contraintes qui pèsent sur cette mise en place ? De quels outils dispose l'enfant à la naissance pour mettre en place ces différentes étapes ?

Le modèle behavioriste, modèle psychologique comportementaliste né dans les années 1920 propose que les phénomènes psychologiques soient analysés comme des comportements qui se réduisent à une mise en relation entre stimulus et réponse, et que le langage et son apprentissage soit une réponse comportementale dénuée de représentation mentale qui s'adapte au fur et à mesure aux situations d'échanges verbaux (Skinner, 1957). Chomsky (1986) propose quant à lui une approche innéiste de l'acquisition du langage. Il considère que l'enfant naît équipé de connaissances sur le langage et son fonctionnement, ce que Chomsky appelle Grammaire Universelle, et d'un appareil d'acquisition du langage, le LAD (Language Acquisition Device). De cette théorie générative du langage découle l'idée que l'enfant dispose dès sa naissance du même système linguistique que celui de l'adulte et qu'il y aurait une continuité entre les deux systèmes. Le lien entre les structures innées, déjà présentes chez

l'enfant et celles présentes dans la langue adulte se fait par l'intermédiaire du bootstrapping sémantique (Pinker, 1987) ou de la maturation linguistique (Wexler, 1999).

La conception innéiste a été remise en cause, à son tour, par les chercheurs s'inscrivant dans des approches empiristes considérant généralement l'ontogenèse linguistique comme un phénomène complètement émergent et résultant de contraintes perceptives, neuro-motrices ou environnementales. Ces théories s'attachent d'abord à rendre compte des stades de développement et de la logique qui guide les processus de maturation (MacNeilage, 1998).

Selon Piaget (1979) les capacités cognitives de l'être humain ne sont ni totalement innées, ni totalement acquises. Elles résultent d'une construction progressive où l'expérience et la maturation interne se combinent. D'autres chercheurs (Bates & al., 1995, Tomasello, 2003, Vihman, 1996) ont suggéré que le développement du langage résulte de capacités cognitives générales et de l'interaction entre l'apprenant et la communauté qui l'entoure. L'émergence des facultés linguistiques résulterait d'une auto-organisation passive ou active de l'enfant sous l'influence de l'environnement et des contraintes de maturation biologique et cognitive.

C'est dans la lignée de ces études que s'inscrivent nos travaux : ils visent à comprendre l'entrée de l'enfant dans son code linguistique maternel, par l'élaboration de représentations sensori-motrices conditionnées par l'*input* perceptif et l'émergence de capacités motrices.

Les unités sonores de la parole sont des objets à deux facettes, ils possèdent une matière et une structure, ce que l'on appelle la substance et la forme. Le terme de substance, s'attache à décrire et expliquer le contenu des mécanismes de production et de perception et à décrire les sons de parole sous leurs aspects acoustiques et articulatoires, c'est-à-dire l'aspect phonétique. La notion de forme, quant à elle, réfère à la structure phonologique, c'est-à-dire à la valeur et à la fonction du son dans le système de la langue. Les langues répondent donc à une organisation en système dans laquelle la description motrice, acoustique et auditive du son revient à l'étude de la substance, alors que la description des systèmes phonologiques, la mise en évidence des universaux, des règles structurales et des représentations mentales reviennent à la forme. Et de nombreuses études visent à élucider les rapports entre ces deux facettes de la langue, et en particulier lors du développement de l'enfant.

Lorsque les chercheurs adoptent une conception de type top-down (du haut vers le bas), cela renvoie au fait qu'ils considèrent que la forme (les représentations phonologiques) détermine la substance (les productions phonétiques) (Chomsky, 1986). Au contraire, l'approche bottom-up (du bas vers le haut) considère que les productions de parole (substance)

déterminent les représentations phonologiques (forme) (Liljencrants & Lindblom , 1972). Selon eux, dans une perspective d'unification de la forme et de la substance, les systèmes phonologiques des langues du monde devraient prendre forme sous l'influence d'un ensemble de diverses contraintes et dans les activités de perception et de production de la parole. Ces contraintes étant partagées par tous les individus de l'espèce humaine, leur action conjointe expliquerait les universaux observés dans les langues du monde. Les universaux renverraient donc à tout ce qui est commun aux être humains possédant le même appareil vocal pour produire la parole, et donc aux tendances universelles des langues du monde. L'aspect spécifique référerait à ce qui est propre à une langue et à une communauté linguistique.

L'enjeu pour l'enfant, au cours de son développement, est donc à la fois d'acquérir la substance de sa langue, c'est-à-dire d'apprendre à produire tous les sons de parole de la même manière que les autres locuteurs, et d'acquérir la forme, c'est-à-dire d'apprendre à utiliser, à jouer avec les unités sonores de sa langue maternelle de la même manière que les autres locuteurs.

L'hypothèse et le cadre de travail de notre laboratoire sont axés sur l'importance des relations sensori-motrices et du contrôle moteur comme clé de voûte de l'unification forme/substance, et de ce qui relève de l'universel et du spécifique. Les travaux de Vallée (1994) sur la typologie et les systèmes des voyelles des langues du monde, et de Stefanuto & Vallée (1999) sur la typologie et les systèmes consonantiques des langues du monde, de Rousset (2004) sur les tendances et les universaux lexicaux et syllabiques, de Boë (2007b) avec les travaux de modélisation du conduit vocal et des contraintes articulatoires chez les adultes (Vilain & al. 1999, Vilain, 2000) et chez l'enfant (Serkhane, 2005) ont contribué à cette unification forme /substance et à expliquer ce qui revient à l'universel et ce qui revient au spécifique.

Selon Schwartz & al. (2002), le paramétrage du contrôle de l'action s'acquiert grâce aux retours sensoriels, en particulier auditif. Dans la théorie de la perception pour le contrôle de l'action (PACT), si perception et action sont liées, cela ne veut pas dire qu'elles mettent en jeu les mêmes processus, comme le suppose la théorie motrice. Pour Schwartz et al. (2002), le contrôle moteur et la perception de la parole seraient co-construits mais, contrairement à ce que défend la théorie motrice, cette co-construction ne consisterait pas à associer les mouvements articulatoires à des percepts mais à spécifier les paramètres du contrôle de l'action via la perception. Ainsi, la perception ne serait pas uniquement un miroir de l'action mais se développerait avec elle et les représentations qui la sous-tendent seraient multimodales et sensori-motrices.

L'influence des organes des sens et de l'action donnerait un moyen à la substance d'agir sur la forme, et donc à la parole de déterminer la langue. La forme émergerait à l'aide de la substance par les interactions entre ces deux facteurs.

Le développement de la parole chez le bébé humain peut être considéré comme l'émergence, au cours des premières années de la vie, de capacités de production et de perception de la parole, et de représentations phonologiques, destinées à être utilisées en interaction avec d'autres locuteurs d'une même communauté linguistique. Pour comprendre la chronologie de ce processus, nous avons choisi de nous intéresser plus particulièrement aux productions du babillage aux premiers mots d'un enfant francophone de 7 à 16 mois et d'observer le développement du contrôle moteur de la parole guidé par l'*input* afin que l'enfant puisse produire ses premiers mots et adapter ses productions à sa langue maternelle. Sans adopter de position radicale dans les termes du débat entre théories innéistes et constructivistes – que nous avons rappelé précédemment – l'originalité de notre démarche est de tenter d'accompagner les premiers mois du développement de la production de la parole vers celle du langage, chez notre sujet de 7 à 16 mois, dans plusieurs dimensions simultanées du contrôle, ce qui se fait, à notre connaissance, rarement. Ainsi, nous avons élaboré une base de données des productions vocales d'un enfant francophone âgé de 7 à 16 mois à partir d'un corpus audio-visuel. Notre questionnement porte sur la nature des premiers mots. En effet, nous postulons que, si le contrôle des oscillations mandibulaires peut bien être considéré comme la structure de base de la parole, l'enfant ne pourra pas produire de mot adulte tant qu'il n'aura pas acquis trois contrôles supplémentaires à celui de la mandibule : (i) le contrôle du velum qui permet d'obtenir un conduit vocal globalement oral pour produire des séquences consonnes-voyelles distinctes, (ii) le contrôle de la coordination oro-laryngée qui permet d'obtenir la distinction voisée/non voisée, et (iii) le contrôle du rythme mandibulaire qui va permettre à l'enfant d'adapter ses productions au patron prosodique de sa langue maternelle.

Dans une première partie théorique, nous présenterons le développement vocal au cours de la première année de vie de l'enfant, ses capacités en perception et en production, les différentes approches théoriques en acquisition de la parole et notre situation par rapport aux différents courants.

Dans une seconde partie, nous présenterons le cadre méthodologique dans lequel s'inscrit ce travail et la constitution de la base de données sur laquelle ont porté nos analyses.

Le troisième chapitre s'attachera à présenter la structure phonétique du babillage de notre sujet et à tester le rôle du contrôle de la mandibule et de la langue dans les productions vocales de notre sujet (hypothèse de la *dominance des cadres*, MacNeilage & Davis, 1995).

Les trois chapitres suivants seront consacrés à l'étude d'autres types de contrôles moteurs, dont l'émergence peut expliquer la transition des productions vocales du babillage aux premiers mots.

Nous traiterons tout d'abord d'un contrôle temporel, celui du rythme mandibulaire, puis du contrôle glottique avec notre étude sur la coordination oro-laryngée, pour terminer avec le contrôle de la nasalité.

Nous terminerons par une discussion de nos résultats et nos perspectives quant au prolongement de notre étude dans un dernier chapitre de conclusion.

Chapitre I

Le développement vocal au cours de la première année de vie

Tout comme pour d'autres activités telles que la marche ou la préhension, il est possible d'observer chez l'enfant un développement chronologique des capacités cognitives nécessaires à son entrée dans la communication parlée. De nombreuses études en psychologie expérimentale ont montré que certaines capacités utiles notamment pour la mise en place de la communication étaient présentes dès la naissance chez le bébé.

Par exemple, l'enfant présente des dispositions extrêmement précoces pour identifier et reconnaître, dans son entourage, des interlocuteurs potentiels. Des auteurs comme Bruce & Young (1986), De Schonen & al. (1994), Goren & al. (1975) ou encore Johnson & al. (1991) ont montré, par le biais d'expériences chez le nourrisson, que dès les premières heures de vie, le nouveau-né présente une prédisposition à regarder les visages humains plutôt que des non-visages, préfère un visage connu à un visage inconnu et différencie le visage de sa mère d'un autre visage.

D'autre part, des auteurs comme Meltzoff & Moore (1977, 1989) ont montré que le nouveau-né était capable de percevoir sur les visages, des informations qui lui seront nécessaires plus tard pour la parole, et de les reproduire, pour les gestes faciaux de protrusion de langue dès 72 heures de vie, et pour les gestes d'ouverture de bouche à partir de 12 jours (cf. Figure I-1).



Figure I-1 : Imitation par le bébé des gestes de protrusion de langue, ouverture de bouche et protrusion de lèvres effectués par l'adulte (Meltzoff & Moore (1977))

Deuxième prédisposition importante pour le développement de la communication parlée, il semblerait que l'enfant soit capable très tôt de mettre en relation les informations sensorielles qu'il perçoit. En effet, d'après Aronson & Rosenbloom (1971), dès 41 jours les enfants sembleraient sensibles à la cohérence audio-visuelle, c'est-à-dire à dire que l'enfant s'attendrait à ce qu'un son émis par un visage qu'il voit à sa droite, lui parvienne plutôt dans

l'oreille droite. Si ce son lui parvient dans l'oreille gauche alors il détecterait une incohérence audio-visuelle. L'enfant serait donc sensible à la cohérence entre une localisation auditive et une localisation visuelle. Kuhl & Meltzoff (1982) ont montré que les enfants, un peu plus tard, vers 19 semaines, semblent établir une cohérence audio-visuelle appliquée à la parole puisqu'ils arrivent à mettre en correspondance des gestes articulatoires vus sur les lèvres (étirement ou ouverture) et les sons entendus ([i] et [a]).

Toutes ces expériences nous permettent donc de supposer que l'enfant est prédisposé, dès la naissance, à repérer tout ce qui lui sera utile pour mettre en place la parole et la communication parlée.

I.1. Quelles capacités permettent aux enfants d'entrer dans la langue ?

I.1.1. Les capacités perceptives du nouveau-né

Pour pouvoir accéder à la parole, l'enfant va avoir besoin de percevoir et de discriminer les sons de son environnement linguistique sonore. Jusque dans les années 1970, les chercheurs (Jakobson, 1969) avaient tendance à penser que les capacités perceptives du nouveau-né à la naissance étaient quasiment nulles et évoluaient jusqu'à lui permettre de distinguer tous les sons de la langue maternelle à 1 an. Nous allons voir que les capacités perceptives de l'être humain sont en réalité très précoces puisque déjà présentes *in utero*.

I.1.1.1. La perception : une capacité présente in-utero

Le fœtus, doté de facultés de perception, est soumis en permanence à des informations sensorielles auditives qui lui parviennent par voies intra et extra utérines. Le fond sonore dans lequel il évolue est alors constitué de bruits endogènes, recouvrant essentiellement les bruits biologiques maternels, placentaires et fœtaux, et de stimuli sonores exogènes comme les voix humaines. Querleu & al. (1981) ont montré que le système auditif du fœtus est fonctionnel dès 5 mois. En effet, le bébé réagit aux sons qu'il perçoit dans le ventre de sa mère par un changement du rythme cardiaque ou des agitations motrices. Les mesures du rythme

cardiaque du fœtus ont montré qu'à partir de 6 mois, celui-ci réagit plus particulièrement à la voix humaine et notamment à celle de sa mère (Querleu & al., 1981, Lecanuet & al., 1993). L'exposition précoce à un environnement sonore semble donc importante. Locke & Pearson (1992) la qualifient même de nécessaire pour l'élaboration des réseaux corticaux-auditifs qui seront utiles par la suite pour le traitement de la parole. D'après ces auteurs, l'effet de la stimulation vocale sur le développement cérébral commencerait donc dès la première expérience de vocalisation, c'est-à-dire vers 5 mois pour le fœtus, lorsque celui-ci perçoit la voix de sa mère.

I.1.1.2. Les capacités de perception de parole chez le nouveau-né

Dès la naissance, les bébés sont particulièrement sensibles aux sons de parole plutôt qu'aux autres sons (Jusczyk, 1997). Ils ont une préférence pour la voix de leur mère (DeCasper & Fifer, 1980) et sont particulièrement attirés par la parole qui leur est directement adressée (*infant directed speech*) dont la prosodie est plus accentuée, les voyelles plus longues et les variations de rythme plus fréquentes et plus variées qu'en parole adressée à l'adulte (Cooper & Aslin, 1990). Bien avant d'arriver à produire des sons de parole, l'enfant est attiré par la parole et capable de percevoir et de discriminer les sons qui la composent.

- (2001) ont montré une spécialisation hémisphérique précoce en mettant en évidence l'activation d'aires corticales spécialisées lorsque l'enfant était exposé très tôt à la parole. A l'aide de l'imagerie à résonance magnétique fonctionnelle, Dehaene-Lambertz & al. (2002) ont mis en évidence l'existence de deux patrons d'activation distincts chez des enfants âgés de 3 mois pour traiter la parole prononcée normalement ou « à l'endroit » et la parole p & al. (2003), grâce à un procédé d'imagerie optique, ont pu confirmer l'existence d'une activation plus importante de l'hémisphère gauche, siège de la parole, que de l'hémisphère droit lorsque les nouveau-nés étaient exposés à de la parole « à l'endroit », et l'absence de différence d'activation lorsque ceux-ci étaient exposés à de la parole « à l'envers ». Ces résultats suggèrent donc que l'enfant est équipé de capacités cognitives et psychoacoustiques essentielles au traitement perceptif de la parole dès la naissance voire *in utero*.

Lecanuet & al. (1995) ont pu observer à partir de mesures de la fréquence du rythme cardiaque, que les nouveau-nés présentaient un patron de décélération du rythme cardiaque

lorsqu'ils entendaient des consonnes occlusives plutôt que des sons n'appartenant pas à la parole, patron qui démontre une sensibilité régulière et particulière à ces stimuli.

De nombreuses études ont aussi montré les habiletés précoces des très jeunes enfants à percevoir et discriminer les traits phonétiques des sons de parole.

Swoboda & al. (1976), ainsi que Marean & al. (1992), ont montré que les nouveau-nés étaient capables de discriminer de manière très fine certaines catégories de voyelles puisqu'ils arrivent à distinguer des voyelles qui ne sont pas forcément présentes dans leur langue maternelle, ainsi que des voyelles qui sont très proches acoustiquement. Il semblerait, par contre, qu'ils présentent une asymétrie dans la perception des sons vocaliques (Polka & Bohn, 2003) selon que la voyelle à discriminer est proche d'une voyelle cardinale ou non.

Selon Jusczyk (1997), les enfants, à quelques mois, font des discriminations entre les distinctions phonétiques pertinentes de leur langue. Ils sont alors aptes à identifier et donc à percevoir ces sons.

Eimas & al. (1971) ont observé que les enfants pouvaient, dès 1 mois, percevoir les contrastes phonétiques minimaux, même ceux qui ne sont pas présents dans leur langue maternelle. Ils ont mené une étude sur des bébés anglais âgés de 1 à 4 mois. Ils ont fait percevoir un continuum de 6 stimuli consonantiques qui se différencient les uns des autres par une différence de délai d'établissement du voisement (VOT = Voice Onset Time) de 20 ms. Les résultats ont montré que les bébés âgés de 1 mois étaient capables de perception catégorielle. En effet, ils étaient sensibles à des différences de catégories de VOT présentes dans leur langue maternelle, tout comme les adultes de leur langue, mais insensibles aux différences de VOT intra-catégories. Par la suite, plusieurs études ont confirmé ces résultats montrant que les bébés étaient capables de perception catégorielle pour tous les traits consonantiques (Aslin & al., 1981).

Hillenbrand (1983) a montré que certains contrastes de modes pour les consonnes ou de lieux pour les voyelles étaient mieux perçus que d'autres. Il a montré l'importance de la stimulation extérieure pour percevoir et distinguer les sons et pouvoir les acquérir par la suite. Dans son article, il décrit une expérience visant à montrer que des enfants de 6 mois sont capables de reconnaître les similarités perceptives des syllabes partageant les mêmes segments malgré des changements de l'environnement phonétique et/ou du locuteur.

D'autres études ont aussi montré que des enfants discriminaient les distinctions phonétiques pertinentes des voyelles de l'Anglais alors qu'ils n'avaient pas 4 mois (Kuhl, 1987).

I.1.1.3. La perception multimodale

Nous avons vu plus haut les capacités qu'ont les enfants à mettre en relation les informations issues de leurs différents canaux sensoriels. On peut également observer cette multimodalité de la perception pour ce qui concerne la parole.

Kuhl & Meltzoff (1996) ont mis en évidence la reconnaissance audio-visuelle des voyelles [a] [i] et [u] par des enfants de 4 mois. En effet, les enfants observés regardaient préférentiellement le stimulus visuel d'un visage articulant une voyelle [a], [i] ou [u] lorsque le stimulus audio correspondait à l'articulation vue. La spécificité des prédispositions pour la parole se manifeste donc dans la sensibilité des enfants à la congruence des informations auditives et visuelles qui résultent de l'articulation des sons de la parole.

I.1.1.4. Quand la perception s'adapte à la langue maternelle : la surdité phonologique

L'enfant semble donc être capable très précocement de discriminer très finement les sons de parole, mais nous allons voir que cette capacité va se réduire au bout de quelques mois. En effet, Werker & Tees (1984) ont montré l'évolution des capacités perceptives de l'enfant au cours de la première année de vie. Ils ont effectué une expérience sur trois groupes d'enfants de langues maternelles anglaise, hindi et salish auxquels ils ont fait écouter des sons de leur langue maternelle et d'autres langues. Les enfants ont été testés à trois tranches d'âges différentes : 6-8 mois, 8-10 mois et 10-12 mois. Les résultats montrent que les différences de sons qui ne sont pas pertinentes pour une communauté vont disparaître à partir de 10 mois au profit des sons pertinents pour la langue d'origine. Cette baisse significative de distinction perceptive à l'âge de 10-12 mois est appelée surdité phonologique. L'enfant devient progressivement imperméable à des distinctions de sons qui n'existent pas dans sa langue. Cette étude a été répliquée par d'autres chercheurs en utilisant d'autres procédés expérimentaux et le même patron de déclin de la perception est retrouvé (Best 1995, Anderson & al., 2003, Werker & Lalonde, 1988).

Par contre, cette réorganisation des habilités perceptives apparaîtrait plus tôt pour les voyelles. Kuhl & al. (1992) l'ont montr e chez des enfants anglais et suédois à partir de 6 mois et Polka & Werker (1994) chez des enfants anglais de 4 mois par rapport à des voyelles

de l'anglais et de l'allemand. Mehler & al. (1988) attribuent l'anticipation de la réorganisation des habiletés perceptives des voyelles par rapport aux consonnes au fait que les voyelles contiennent des informations prosodiques très basiques qui semblent avoir une force très attractive pour les enfants.

I.1.2. Construction d'une représentation sensori-motrice multimodale

L'extraction précoce d'informations linguistiques multimodales permet la construction de représentations perceptives, que l'enfant peut alors mettre en relation avec ses propres actions et les retours perceptifs qu'il a de ses propres actions. Ceci est en particulier mis en œuvre lors des comportements d'imitation.

I.1.2.1. Les capacités d'imitation du nouveau-né pour la parole

Piaget & al. (1966), tout comme de nombreux développementalistes, situaient l'émergence de l'imitation comme une étape décisive du développement entre 8 et 12 mois. Pour eux, les enfants plus jeunes ne possédaient pas les habiletés perceptives et cognitives suffisantes pour être capables de proprioception.

On sait pourtant que les enfants ont des capacités perceptives très précoces et qu'ils sont sensibles aux informations visuelles de mouvements sur les visages (Meltzoff & Moore, 1977, 1989). En effet, Meltzoff & Moore ont montré que des enfants âgés de 14 jours en moyenne pouvaient imiter des gestes faciaux (protrusion des lèvres, ouverture de la bouche, et protrusion de la langue) et manuels (mouvement d'ouverture et de fermeture de la main).

Dans une expérience, Legerstee (1990), a présenté à des enfants âgés de 3 à 4 mois des stimuli audiovisuels de parole [a] et [u], accompagnés de visages articulant ces mêmes voyelles. Dans un cas, le son et l'articulation produite par le visage correspondaient, dans l'autre non. L'auteur a pu montrer que les enfants de 3 mois vocalisent et font des mouvements de bouche appropriés quand les informations vues et entendues sont cohérentes. Ils tiennent compte des deux informations puisque l'auteur a observé une interférence forte en condition de non-appariement.

Serkhane & al. (2003) ont simulé à l'aide d'un modèle de croissance articulaire les premières imitations vocales. A partir de données de Kuhl & al. (1996) sur la reconnaissance audio-visuelle des voyelles [i a u] chez des bébés de 4 mois, les auteurs ont d'abord cherché à savoir si l'imitation visuelle peut rendre compte des productions d'enfants de 4 mois. Pour cela, ils ont déterminé par inversion, l'aire aux lèvres. Les résultats obtenus montrent que les seules imitations visuelles ne sont pas suffisantes pour expliquer toutes les premières vocalisations mais permettent d'expliquer une bonne partie des productions.

Ils ont donc testé, ensuite, les imitations auditives et audio-visuelles à l'aide d'une robotique d'apprentissage bayésienne. Les données obtenues montrent que les capacités d'imitation existent non seulement du visuel au moteur, de l'audio au moteur mais aussi de l'audio-visuel au moteur. Il existerait donc une représentation sensori-motrice très précoce des sons de parole.

I.1.3. La production de parole durant la première année de vie

On sait donc (i) que les enfants sont capables de récupérer un grand nombre d'informations phonologiques de l'*input* perceptif qu'ils reçoivent, (ii) qu'ils sont capables de mettre en relation ces informations avec leurs propres productions motrices, afin de reproduire certaines caractéristiques phonétiques. Il faut donc s'intéresser de près aux productions vocales de la première année de vie, afin de comprendre ce qui se joue à cette période, dans l'interaction entre représentations sensori-motrices et capacités de contrôle du conduit vocal.

La période pré-linguistique n'a pas toujours été considérée comme une étape majeure et importante dans le développement de la parole chez l'enfant. En effet, cette période a d'abord été considérée par les linguistes tels que Jakobson (1969) comme un jeu vocal, démunie de structure, dont les sons différaient totalement des sons utilisés dans les premiers mots. Ne constatant pas de continuité particulière entre les productions de la période pré-linguistique et les premiers mots produits par l'enfant, Jakobson définissait la période pré-linguistique comme un exercice vocal constitué de suites de sons aléatoires et variés, qui ne présentaient pas d'intérêt pour les études concernant l'acquisition du langage. Jakobson déterminait même une période de silence entre cette période prélinguistique et la production des premiers sons linguistiques qui apparaissaient avec les premiers mots.

Si les premières productions de parole ne sont pas toujours très évidentes à repérer et à décrire durant la première année de vie de l'enfant, de nombreux auteurs s'y sont intéressés. Bien que certaines études aient pour défaut une approche trop impressionniste, on trouve depuis les années 1970 un ensemble de travaux qui mettent en évidence certaines grandes étapes dans le développement de la parole chez l'enfant.

I.1.3.1. Quelques approches descriptives

Plusieurs auteurs ont décrit les différentes étapes qui composent l'évolution de la parole au cours de la première année. Parmi eux, nous pouvons citer Oller (1980), Stark (1980) ou encore d'autres, qui ont eu pour intérêt de décrire les productions des enfants de la naissance aux premiers mots. Nous pouvons observer leurs descriptions dans le tableau I-1 ci-dessous. Ce qui ressort de ces études, outre des descriptions impressionnistes et peu détaillées (ex : « cooing », roucoulement, ne désigne pas de façon explicite un type de production vocale) de l'émergence de la parole chez l'enfant, c'est une entente relative sur une étape entre 7 et 10 mois de productions répétitives que certains nomment babillage. Il semblerait donc qu'à un moment donné de l'évolution de la parole chez l'enfant, il soit possible de distinguer des productions plus gabaritiques et plus proches de la parole adulte qu'auparavant, et ce aux alentours de 7 mois.

AGES (en mois)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
STARK (1980)		Cris réflexes et sons végétatifs	Gazouillements et rires			Jeux vocaux	Babillage redupliqué			Babillage non redupliqué et jargon expressif			
OLLER (1980)		Phonation	Gazouille-ments	Expansion		Babillage canonique			Babillage varié				
ELBERS (1982)		Vocalisations						répété		concaténation		mélange	
KENT (1990)		Premières phonations	Phonation tardive	Articulation simple avec variantes phonatoires		Babillage multisyllabique (babillage redupliqué et varié en développement parallèle)							
NAKAZIMA (1962)		Cris réflexes	Développement des mécanismes phonatoires, articulatoires et auditifs du babillage				Babillage répété		Réorganisation des mécanismes phonatoires, articulatoires et auditifs				

Tableau I-1 : d'après Kent & Miolo (1995, p. 324) : Tableau récapitulatif du développement de la parole chez l'enfant pendant la première année de vie.

Ces études montrent donc, aux alentours de 7 mois, quelle que soit la langue maternelle de l'enfant, une transition entre productions vocales relativement indéterminées, et babillage canonique.

Stoel-Gammon (1992), dans la même lignée que Stark (1980) & Oller (1980), a proposé une description un peu plus précise et articulatoire du développement de la parole en étayant les différents stades.

L'auteur propose de distinguer cinq grandes étapes qui sont :

- ❖ 1^{ère} étape : la Phonation (0-2 mois)
 - Vocalisations réflexives, cris, sons végétatifs.
 - Quelques sons vocaliques
- ❖ 2^{ème} étape : le Roucoulement (1-4 mois)
 - Sons vocaliques, souvent nasaux, avec des schémas mélodiques variables.
 - Quelques syllabes primitives, avec un son quasi consonantique articulé à l'arrière de la gorge.
 - Emergence du sourire
 - Présence de tours de parole
- ❖ 3^{ème} étape : Exploratoire (3-8 mois)
 - L'enfant joue avec sa voix, produit des sons très forts, très doux, très graves et aigus.
 - La variété de sons « consonantiques » augmente.
- ❖ 4^{ème} étape : Syllabes canoniques (5-10 mois)
 - Apparition de syllabes CV bien formées, avec des caractéristiques temporelles d'une langue adulte, souvent redupliquées.
- ❖ 5^{ème} étape : Intégrative (9-18 mois)
 - Il s'agit d'énoncés contenant des syllabes canoniques de babillage mêlées à des lexies identifiables comme des éléments significatifs.

Nous pouvons donc remarquer que Stoel-Gammon rapporte ses observations à des termes plus linguistiques et propose que le babillage canonique soit une apparition de syllabes répétées, constituées de consonnes et voyelles bien formées, avec des caractéristiques temporelles définies.

I.1.3.2. Une description articulatoire des capacités vocales de l'enfant :

l'approche de Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt (1986)

Une des études qui a permis d'apporter une description basée sur la compréhension du contrôle articulatoire du conduit vocal est celle de Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt (1986).

a). Une classification articulatoire du développement vocal au cours de la première année basée sur un modèle source/filtre

Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt (1986) ont centré leur description du développement de la parole sur la phonation et les mouvements articulatoires produits par l'enfant. Les auteurs se sont pour cela basés sur un modèle source/filtre. Le système de production de parole est donc analysé comme une structure à deux composantes : 1. La source sonore, produite par le geste phonatoire, c'est-à-dire la vibration des cordes vocales ; 2. Le filtre, i.e. la forme du conduit vocal, déterminé par les gestes des articulateurs supra-glottiques.

Le cycle respiratoire est utilisé comme unité de segmentation (cf. Tableau I-2). L'intérêt de l'utilisation du cycle respiratoire a été révélé par les résultats d'une étude "pilote" dans laquelle dix sujets adultes devaient départager les productions émotives des productions de parole produites par les enfants. Cette étude a montré que les sujets discriminaient les sons de parole des autres sons produits par les tout-petits à partir de leur cycle respiratoire.

Dans les productions de l'enfant, tout ce qui ne relève pas du cri ou du son végétatif est analysé comme un type de phonation ou d'articulation. La cavité sub-glottique est considérée comme la source de phonation et la cavité supra-glottique est considérée comme le filtre.

SOURCE = POUMONS + LARYNX = PHONATION : continue ou interrompue

FILTRE = CONDUIT VOCAL = ARTICULATION : mouvements articulatoires

Tableau I-2 : (d'après Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt, 1986) modèle source-filtre de production de parole pour des productions sonores d'enfants.

b). Classification articulatoire de 0 à 18 mois en 7 stades

A partir de critères de transcription relativement précis Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt (1986) ont pu dégager sept stades articulatoires différents pour le développement de la parole et ont relié les produits vocaux des enfants aux contrôles nécessaires pour les réaliser (cf. Tableau I-3 ci-dessous).

Leurs stades vont donc correspondre à l'acquisition progressive de nouveaux gestes glottiques et supra-glottiques :

Stade 1	1-2 mois	- Source : phonation continue plus ou moins intonée - Filtre : pas d'articulation Exemple : [aaa]
Stade 2	2-3 mois	- Source : phonation interrompue au cours d'un cycle respiratoire = phonation rythmée - Filtre : pas d'articulation Exemple : [aʔaʔa]
Stade 3	3-5 mois	- Source : phonation continue ou interrompue - Filtre : 1 seul geste articulatoire supra-glottique Exemples : [aʁə] avec constriction large pharyngale, [awu] avec constriction large aux lèvres.
Stade 4	5-7 mois	- Source : variantes phonatoires (qualités de voix différentes, différents régimes au niveau des cordes vocales : voix rauque, chuchotée, etc.) - Filtre : avec ou sans articulation, plusieurs gestes articulatoires successifs. Exemple : [aaaa] ou [aʁə]
Stade 5	7-8 mois	- Source : phonation continue ou interrompue - Filtre : articulations supra-glottiques rythmées et diversifiées. Etape du babillage canonique. Exemples : [bababa] [dididi]
Stade 6	8-10 mois	- Source : phonation continue ou interrompue - Filtre : articulations supra-glottiques rythmées et plus diversifiées. C'est le babillage panaché ou varié. Exemple : [badi] <i>Remarque : Nous pouvons considérer qu'à ce stade l'enfant sait découpler ses articulateurs d'une syllabe à l'autre</i>
Stade 7	10 à 18 mois	- Source : phonation continue ou interrompue - Filtre : articulations supra-glottiques rythmées et plus diversifiées. C'est le babillage varié avec quelques premiers mots.

Tableau I-3 : Stades articulatoires du développement de la parole d'après Koopmans Van Beinum & Van Der Stelt (1986)

c). Les apports et les limites de cette description

L'intérêt de cette approche par rapport aux précédentes études est donc d'être plus précise au niveau de la description des capacités de parole de l'enfant au niveau articulaire et suivant son âge. Elle est aussi plus interprétative et plus compréhensive de ce qui se passe au niveau articulaire chez l'enfant. C'est aussi la première étude qui propose une description articulaire du développement et notamment du babillage canonique et qui permet de souligner l'apparition chez l'enfant de la coordination oro-laryngée, indispensable à la parole. Cependant, nous pouvons pointer le fait que la description articulaire devient moins précise au niveau supra-glottique à partir du babillage canonique et devient limitée et succincte pour les premiers mots.

I.2. Le babillage : étape cruciale pour le développement de la parole

Le babillage canonique est défini comme l'apparition de la parole chez l'enfant. Il commence de manière typique et abrupte entre 6 et 7 mois pour la majorité des enfants, quelle que soit la langue ambiante. Il se caractérise par l'émergence de proto-syllabes rythmées et répétées, constituées d'une suite de closants et de vocants de type [baba] ou encore [dada], due au contrôle de séries de mouvements d'ouverture et de fermeture du conduit vocal.

De nombreuses études ont eu pour principal objectif de déterminer la nature du babillage, la datation de son apparition et l'observation du déroulement de son acquisition pour expliquer, par la suite, le fonctionnement de la parole adulte.

Des chercheurs parmi lesquels Oller (1980), Locke (1983), Stoel-Gammon (1992), ont montré que le babillage canonique était structuré et qu'il présentait des éléments qui comportaient les caractéristiques de la parole adulte. Le babillage a donc été tout d'abord défini comme « babillage canonique » apparaissant vers 6 mois. Puis, après avoir étudié les productions des enfants, deux types de babillages ont été départagés, le babillage redupliqué et le babillage varié. L'observation du premier s'est effectuée à la suite des deux autres étapes.

D'autres chercheurs comme MacNeilage (1998) ont décrit le babillage d'un point de vue biologique et par rapport aux contraintes biomécaniques de l'homme.

Tous se sont attachés à décrire le babillage, à définir les éléments qui le composaient et à expliquer son développement dans le but de comprendre l'acquisition du langage d'un point de vue à la fois ontogénétique et phylogénétique.

I.2.1. Aspects phonétiques du babillage

Le babillage canonique commence pour la majorité des enfants entre 6 et 7 mois, quelle que soit la langue ambiante. Certains parents interprètent les productions [mama] ou [dada] du babillage canonique de leurs enfants comme étant leurs premiers mots et signifiant "maman" ou "papa", mais il n'est pas évident que les enfants donnent une orientation sémantique à ces productions, ni qu'ils y attribuent un référent identifiable (Stoel-Gammon, 1992).

I.2.1.1. Aspects universels

En ce qui concerne la nature phonétique du babillage, les données empiriques suggèrent que les segments phonétiques de celui-ci soient très restreints. Les segments "closants" sont typiquement limités en termes de traits à un petit ensemble d'occlusives orales et glottales, de nasales et d'approximantes. Le babillage présente peu de sons tels que les liquides, les affriquées ou les fricatives. Les voyelles centrales ouvertes et antérieures ouvertes sont prédominantes parmi les "vocants" (Kent & Bauer, 1985). Les sons obstruants apparaissent rarement en finale de syllabe et les groupes consonantiques sont quasi-inexistants (Locke, 1983).

Locke (1983) a regroupé plusieurs études de différents auteurs (Irwin, 1947, Fisichelli, 1950, Pierce & Anna, 1974, et Stockman, Woods & Tishman, 1981) sur la fréquence des closants et leur ordre d'apparition dans le babillage. Il a ainsi obtenu un grand nombre de données produites par des enfants âgés de 6 à 15 mois et qui provenaient de quinze langues différentes (Afrikaans, Maya, Luo, Thaï, Japonais, Hindi, Chinois, Slovène, Hollandais, Espagnol, Allemand, Arabe, Norvégien, Léton et Anglais). Il a récapitulé les closants qui apparaissaient dans le babillage canonique : [h], [d], [b], [m], [t], [g], [s], [w], [n], [k], [j], [p] pour les plus fréquemment rencontrés et [v], [l], [θ], [z], [f], [ʃ], [ð], [ŋ], [ʒ], [r], [tʃ], [dʒ]. Il a pu aussi définir un ordre d'apparition des closants dans le babillage d'enfants anglais qui est le suivant : [b] et [m], puis [p], [d], [h] et [n], [g] et [k], [j] et [w] et enfin [s].

Robb & Bleile (1994) remarquent que dans la période de 8 à 12 mois différents types de closions co-émergent. Les modes les plus fréquents sont les occlusives orales et nasales. Quant aux lieux, ce sont les lieux alvéolaire et bilabial qui apparaissent en premier, suivis par les lieux vélaire et glottal.

D'après Locke & Pearson (1992), le babillage se distingue des cris, des pleurs, des gazouillements et autres manifestations de mécontentement par la production de syllabes bien formées ou canoniques. Ces syllabes canoniques ont les caractéristiques de la parole adulte. Elles consistent en une alternance des mouvements d'ouverture et de fermeture du conduit vocal (MacNeilage & Davis, 1990). La fermeture rétrécit et obstrue le conduit vocal. Ce phénomène donne lieu aux sons "closants" qui s'apparentent aux consonnes. L'ouverture avec des ajustements oraux collatéraux, donne lieu aux sons "vocants" qui s'apparentent aux voyelles (Kent & Bauer, 1985).

I.2.1.2. redupliqué vs. varié

Oller (1980) propose deux stades consécutifs dans le babillage, le babillage redupliqué et le babillage varié. Il situe le babillage redupliqué entre 6 et 10 mois et le babillage varié à partir de 10 mois.

D'une part, il définit le babillage redupliqué (R.B : *Reduplicated Babbling*) comme un babillage dans lequel il n'y a pas de variation substantielle à l'intérieur des vocalisations, variations en termes d'unités consonantiques et vocaliques à l'intérieur d'une séquence. Ce R.B ne doit pas être confondu avec les productions pendant lesquelles l'enfant focalise souvent sur un type de syllabe, en particulier, les syllabes à un seul closant (ex : [ba] ; [ada] ; [imi] ...).

D'autre part, Oller distingue le babillage varié (VAR : *Variiegated Babbling*) comme un stade pendant lequel les caractéristiques syllabiques de la parole adulte commencent à apparaître, mais où les restrictions du point de vue consonantique et vocalique à l'intérieur d'une chaîne multisyllabique semblent être surmontées au moins partiellement.

Dans le babillage varié, les enfants produisent systématiquement des séquences avec des éléments consonantiques ou vocaliques différents.

Toujours d'après Oller (1980), les enfants produiraient souvent pendant ce stade, une catégorie vocale nommée jargon (GIB : *Gibbering*). Celui-ci semblerait être le rendu de la part des enfants des séquences phonétiques avec des contrastes d'accent syllabique. Dans le

GIB, des syllabes canoniques pleines apparaissent dans la même séquence que les syllabes bredouillées peu accentuées qui semblent avoir comme noyau un Q.R.N (*Quasi-Resonant-Nucleus* = quasi-voyelle, ce que nous appellerons ici « vocant »). Ceci implique une phonation normale mais un contraste non systématique entre l'ouverture et la fermeture du conduit vocal. Dans les Q.R.N, les enfants semblent vocaliser avec la bouche fermée ou presque fermée, ce qui montre qu'ils ne profitent pas du plein potentiel de la cavité orale dans sa fonction de tube de résonance.

La question de l'ordre d'acquisition des babillages redupliqué et varié a été traitée dans plusieurs études. Aujourd'hui, nous savons que le babillage n'est pas composé d'une suite de deux stades distincts, à savoir le babillage redupliqué et le babillage varié comme le proposait Oller (1980), mais de deux variantes co-occurentes avec des proportions variables suivant l'âge de l'enfant (Smith, Brown-Sweeney & Stoel-Gammon, 1989, Brosda, 1999).

En 1989, Smith, Brown-Sweeney & Stoel-Gammon ont publié une étude qui représente un changement dans l'étude du babillage. En effet, ils réfutent l'hypothèse d'Oller (1980) qui distinguait deux étapes consécutives : la première étant le babillage redupliqué de 6 à 10 mois suivie de la seconde, le babillage varié de 10 à 13 mois.

Pour cette étude, Smith, Brown-Sweeney & Stoel-Gammon ont enregistré dix enfants à différents âges. Ils ont regroupé les données selon trois tranches d'âges : de 6 à 9 mois, de 10 à 13 mois et de 14 à 17 mois. Puis ils ont transcrit et classé les données. Ils ont obtenu un total de trois cent quatre-vingt-seize vocalisations multisyllabiques à analyser. Les analyses ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les proportions de babillage redupliqué versus varié entre la tranche d'âge de 6 à 9 mois ni pour celle de 10 à 13 mois malgré une différence de distribution due à deux sujets qui auraient produit plus de babillage redupliqué que de babillage varié. Par contre, les proportions s'inversent entre la tranche d'âge de 10 à 13 mois et celle de 14 à 17 mois. Le babillage varié augmente et représente environ deux tiers des productions, alors que le babillage redupliqué diminue et ne représente plus qu'un tiers du babillage.

Le babillage redupliqué et le babillage varié apparaîtraient en quantité équivalente et simultanément à l'âge de 6 mois et le babillage varié ne prendrait le dessus sur le babillage redupliqué que vers 14 mois. Le croisement des proportions au passage de la seconde à la troisième tranche d'âges est considéré comme très important par les auteurs.

En effet, les types de variations selon les différentes périodes ont été analysés et celles-ci pouvaient se produire au niveau des "vocants" ou bien des "closants" ou encore à la fois au niveau des "vocants" et des "closants".

Alors que la répartition des différents types de variations est relativement homogène lors des deux premières périodes, une brusque augmentation du type de variation "closant/vocant" est observée lors de la troisième période et par corrélation, on remarque une diminution des deux autres types de variations.

Les auteurs avancent alors l'hypothèse d'un changement au niveau du contrôle moteur des articulateurs. L'enfant irait vers une complexité articulaire croissante pendant son apprentissage moteur, ce qui reflèterait un changement développemental qui pourrait se caractériser par la capacité à produire des sons plus complexes.

Brosda (1999) a entrepris deux mesures visant à tester l'hypothèse précédente.

Elle a tout d'abord calculé le nombre d'occurrences des différents types de variations des trois tranches d'âges pour effectuer des analyses statistiques représentatives, puis à partir de la base de données CHILDES, elle a récupéré des données du babillage pour les analyser selon les mêmes critères que Smith & al. (1989).

Brosda confirme en partie les résultats de Smith & al. (1989), mais elle reproche à leur étude, un manque de données et l'absence de tests statistiques rigoureux.

En effet, en représentant les occurrences en valeurs absolues et non en pourcentages, comme Smith & al. (1989), elle montre qu'ils se basent sur une trop petite quantité de données, que la représentativité est donc moins certaine, d'autant plus que l'expressivité rendue par les pourcentages se trouve fortement diminuée avec les nombres.

Toujours à cause du manque de données, elle montre que même si les pourcentages indiquent moins de babillage varié au stade 10-13 mois qu'au stade 14-17 mois, la différence de quantité de babillage varié entre les deux stades n'est statistiquement pas significative.

Brosda retient donc deux éléments de l'étude de Smith & al. : l'existence de la variation en proportion non négligeable dès le commencement du babillage canonique ainsi qu'un changement non significatif des proportions de babillage répété et varié entre les tranches d'âges 10-13 mois et 14-17 mois.

Pour ce qui est de l'évolution du type de variations dans l'étude de Smith & al. (1989), c'est-à-dire que le type "closant/vocant" augmenterait considérablement par rapport aux deux autres types de variations lors de la période 14-17 mois, Brosda n'observe pas les mêmes résultats sur sa propre étude en appliquant les mêmes critères que ceux-ci.

Ses résultats montrent que le type de variations de "vocant" diminue au profit de l'augmentation du type "closant". Par contre, la variation de type "closant/vocant" n'augmente pas de façon significative. Ses résultats ne lui permettent donc pas de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de Smith & al. (1989) concernant la complexité articulatoire croissante comme indice de l'acquisition du contrôle moteur, appuyé sur l'augmentation de la variation de type « closant/vocant ».

I.2.2. Aspects rythmiques

Le babillage est conçu par de nombreux chercheurs comme un comportement rythmique appartenant à part entière à un processus global de développement des comportements rythmiques de l'enfant. En effet, il semblerait que le babillage évolue suivant des étapes relativement parallèles et similaires à des étapes de développement moteur de la marche ou du geste.

Thelen (1981), dans une étude sur le processus développemental du comportement rythmique chez l'enfant, a pu montrer une tendance générale des mouvements à former des patrons répétitifs. Elle a particulièrement observé que l'activité des battements de main culminait autour de 6-7 mois chez l'enfant, soit à la même période que le début du babillage. Selon elle, ces stéréotypes rythmiques se retrouvent dans d'autres espèces, et semblent constituer des patrons moteurs très organisés qui vont être à la base de compétences motrices ultérieures, coordonnées et plus complexes.

De la même façon, Kent (1992) défend l'idée que la structure rythmique n'est pas uniquement dédiée au comportement vocal, mais fait partie de comportements moteurs plus généraux, dans la mesure où ces comportements surviennent dans la même gamme d'âge que le comportement rythmique vocal. Les activités rythmiques des jambes, du tronc, des mains, des doigts surviennent immédiatement avant ou en même temps que le début du babillage.

Ejiri (1998) a mené une étude sur vingt-huit enfants japonais âgés de 5 à 9 mois, afin de relever quels types de comportements rythmiques émergent lorsque l'enfant entre dans le babillage, et afin de déterminer à quelles fréquences ces activités rythmiques surviennent dans des conditions naturelles. Deux hochets, un audible et un autre inaudible, ont été donnés à l'enfant afin de mesurer son activité rythmique. L'auteur observe qu'au début du babillage, les enfants secouent significativement plus fréquemment les hochets, avec un nombre moyen

de secousses rythmiques atteignant son pic autour du début du babillage. Plus précisément, les activités rythmiques de main surviennent plus fréquemment aux étapes du début du babillage et un mois après, plutôt que durant les mois précédant l'émergence du babillage, et ceci indifféremment à l'audibilité du hochet.

Des données perceptives et instrumentales ont montré que le babillage canonique est rythmique (Bickley, Lindblom & Roug, 1986). Lorsque les enfants produisent des chaînes sonores redupliquées, vers treize mois, les syllabes ont tendance à se répéter de manière régulière mais à un rythme plus lent que celui que l'on retrouve dans la parole conversationnelle adulte (cf. Chapitre IV).

I.2.3. Babillage et pathologies

I.2.3.1. Le babillage chez l'enfant non-voyant

Une grande partie de ce qu'un enfant aveugle peut apprendre sur le monde environnant, est fournie par la voix humaine. Pour un enfant aveugle de naissance, on peut s'attendre à ce que le développement des fonctions langagières soit perturbé par l'absence du canal visuel.

Chez des enfants aveugles de naissance, il a parfois été noté un retard dans le développement des fonctions langagières : période prolongée de vocalisations imitatives (Fraiberg, 1977 in Richaume-Crinquette, 1990), difficultés pour atteindre le stade de babillage. Mais ce qui est surtout observable chez les enfants aveugles, c'est qu'ils produisent les mêmes sons que les enfants voyants au moment du babillage, en particulier [p b m f v], sons facilement lisibles sur les lèvres, et qu'ils vont au moment des premiers mots, faire des confusions et des substitutions de sons très rarement observables chez les enfants voyants. En effet, les enfants aveugles vont avoir une grande tendance à confondre le [m] et le [n] ou le [d] et le [g], sons désambiguïsés grâce à la lecture labiale par les enfants voyants, et donc plus difficilement identifiables sans la vision pour les enfants non-voyants (Mills, 1987). Ces confusions vont disparaître vers l'âge de 3 ans.

I.2.3.2. Le babillage chez l'enfant malentendant

Stoel-Gammon (1988) dans une étude sur la perception et la production d'enfants non-entendants ou malentendants et entendants a montré que les enfants sourds ou malentendants commencent à babiller plus tardivement que les entendants par manque de stimulation auditive. Par la suite, alors que le babillage des entendants évolue rapidement vers une forte proportion de coronales, celui des enfants sourds reste centré sur les labiales, seules consonnes facilement perceptibles visuellement (cf. Figure I-2 ci-dessous).

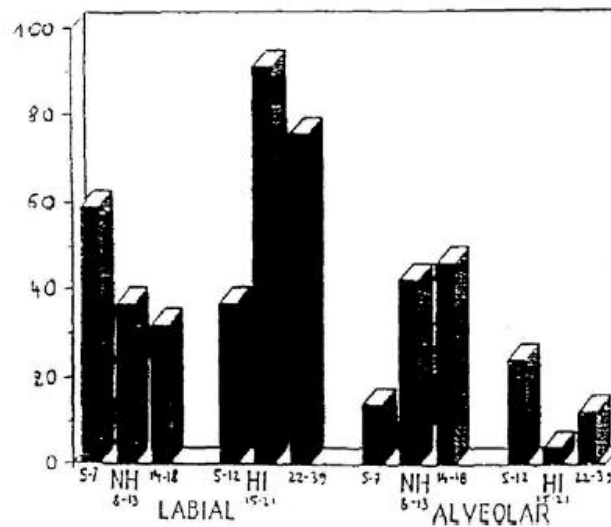


Figure I-2 : Fréquence des consonnes labiales et alvéolaires chez des enfants entendants (NH) et des enfants sourds (HI) à 5-7 mois, 14-14 mois et 22-39 mois (Stoel-Gammon, 1988).

Autre différence entre ces deux populations : les enfants sourds ont tendance à produire des consonnes nasales en proportion beaucoup plus importante que les entendants (Stoel-Gammon, 1988).

Oller & Eilers (1988) ont montré que les enfants entendants babillaient plus tôt (entre 6 et 10 mois) que les enfants sourds (entre 12 et 24 mois) (cf. Figure I-3 ci-dessous). Ils ont aussi établi un lien entre l'apparition du babillage et le degré de surdité des enfants sourds. Plus le degré de surdité est sévère, plus le babillage apparaît tardivement.

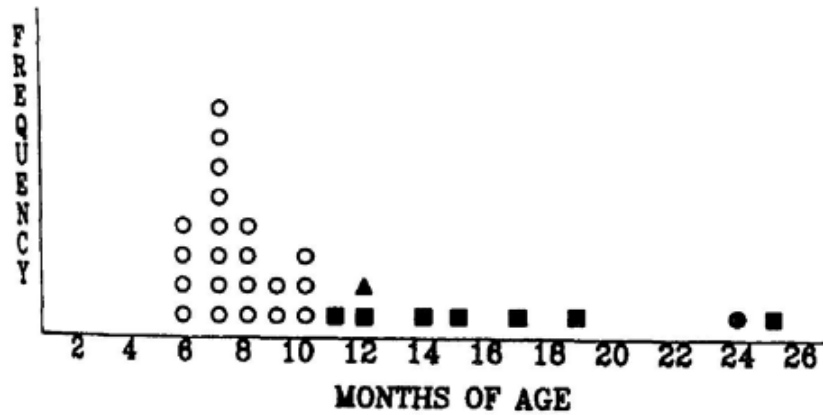


Figure I-3 : Apparition du babillage chez des enfants entendants (symboles blancs) et chez des enfants sourds (symboles noirs) (Oller & Eilers, 1988).

Schauwers & al. (2005) ont montré que l’implantation cochléaire précoce chez les enfants malentendants leur permettait de commencer à babiller plus tôt (d’une moyenne de 1 à 6,5 mois après implantation suivant l’âge auquel s’est fait l’implantation) et réduit les différences phonétiques de préférences pour les consonnes labiales ou les consonnes nasales dans le babillage des enfants implantés.

I.2.3.3. Un babillage en langue des signes

Jusqu’à 5 ou 6 mois, le bébé non-entendant vocalise comme le bébé entendant. La rupture ne se marque qu’au moment du babillage : le bébé non-entendant ne babille pas, c’est-à-dire qu’il ne commence pas à produire des syllabes ou des suites syllabiques à l’âge où commence à le faire le bébé entendant, vers 7 mois. Mais les bébés non-entendants qui grandissent dans un milieu où l’on parle une langue des signes sont, comme les bébés entendants, plongés dès leur naissance dans un monde linguistique. Selon Pettito & al. (2004), les bébés sourds babillent manuellement vers 8 mois, c’est-à-dire qu’ils produisent un rythme de gestes spécifique, semblable à celui des signes adultes, que ne produisent pas les enfants de milieu entendant. Leurs gestes sont assimilables aux syllabes du babillage de l’enfant entendant. Comme celui-ci, le bébé sourd produit des gestes qui évoquent des éléments de la structure des signes servant à représenter des mots (Pettito & al., 2004).

I.3. Du babillage aux premiers mots, quelles hypothèses développementales ?

I.3.1. La théorie *Frame then Content*, un postulat fort

I.3.1.1. Une théorie globale de la production de parole

MacNeilage (1998) considère l'évolution de la production de la parole en tant qu'action. Il pose la question suivante : "[...] Comment avons-nous évolué jusqu'à pouvoir produire ce que nous produisons avec notre appareil vocal ?"¹ (MacNeilage, 1998, p.499, t.p.n.) et donc comment a évolué chez l'homme, par des modifications successives, la capacité à produire des séries de mouvements organisés et rapides qui existait chez les espèces antérieures.

Il a pour thèse de base le fait que de nombreuses espèces animales ont en commun avec l'espèce humaine les mouvements cycliques d'ouverture et de fermeture de la mandibule. Certaines espèces animales, tout comme les humains, utilisent ces oscillations à des fins communicatives, mais seuls les hommes ajoutent à ces mouvements mandibulaires des modulations articulatoires. Ces ajouts font, d'après MacNeilage, la spécificité de la parole humaine. Il appelle *Frames* (ou cadres) les oscillations mandibulaires et *Content* (ou contenu) les modulations articulatoires surimposées à ces cadres.

En adoptant une optique phylogénétique néo-darwinienne, MacNeilage (1998) fait découler les *Cadres* des cycles d'ingestion et des mouvements de mastication qui seraient passés par des stades intermédiaires comme les claquements de lèvres (*lipsmacks*), de langue (*tonguesmacks*) ou encore de dents (*teeth chatters*), que l'on observe chez les primates à des fins communicatives, pour aboutir à la parole. Il porte une attention toute particulière aux *silent jaw wags*, mouvements d'oscillation mandibulaire silencieux, qui seraient les précurseurs du babillage, et les indices visibles et présents du détournement des capacités de mastication pour la parole.

¹ "[...] How did we evolve the capacity to do what we do with the speech production apparatus when we speak?" MacNeilage (1998).

Selon lui, deux systèmes corticaux : le système médian et le système latéral, auraient permis, par des modifications successives et à différentes périodes, le développement du contrôle moteur à l'origine de la production des *cadres* et des *contenus*, et cette chronologie se retrouverait dans l'ontogenèse, si l'on admet l'idée que l'ontogenèse récapitule la phylogenèse comme le propose Haeckel (1896). Davis (2007) propose de considérer l'ontogénèse non pas comme un simple récapitulatif de la phylogénèse, mais comme une succession de modifications.

Le système médian (cf. Figure I-4 ci-dessous) qui phylogénétiquement est le plus ancien, serait à l'origine des cadres. Les productions qui sont communes à l'homme et à d'autres espèces, c'est-à-dire la production de voisement accompagnée d'alternances de positions ouvertes ou fermées de la mandibule proviendraient de ce système où siègeraient le contrôle du rythme et l'initiation de la production de parole. Le système latéral permettrait les contrôles plus fins, ainsi que l'apprentissage. D'un point de vue phylogénétique, il développerait spécifiquement chez l'humain la fonction de production des contenus segmentaux, c'est-à-dire la superposition, sur les mouvements cycliques de la mandibule, de mouvements fins des articulateurs portés.

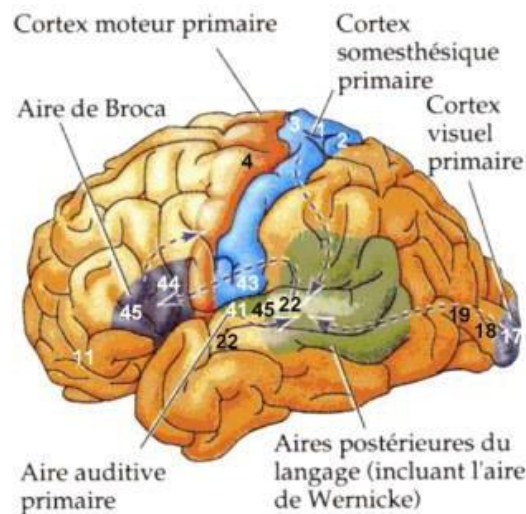


Figure I-4 : Vue latérale du cerveau avec le système latéral ou aire de Broca (n°45) et système médian ou cortex moteur primaire (n°4) pour le langage.

D'un point de vue ontogénétique, MacNeilage fait l'hypothèse que le système médian apparaîtrait d'abord, et permettrait le babillage canonique, soit la production de cadres sans

contenu, et que l'émergence ultérieure du système latéral permettrait la production du contenu segmental, c'est-à-dire du système phonologique de la langue maternelle.

De ce point de vue, la production du cadre sans contenu représenterait le premier stade du contrôle de la parole, donc une borne significative dans l'histoire phylogénétique mais aussi ontogénétique du langage.

I.3.1.2. Une explication du babillage

MacNeilage (1990, 1998) propose donc de considérer le mouvement cyclique d'ouverture et de fermeture de la mandibule comme propriété spécifique de l'organisation de la parole humaine et donc comme élément de base de son développement.

Dans cette optique, le babillage canonique constituerait alors la première manifestation du contrôle de la porteuse mandibulaire de la parole. Peter MacNeilage et Barbara Davis décrivent le babillage ainsi : "[I] est défini par une alternance rythmique entre une configuration ouverte et une configuration fermée du conduit vocal accompagnée par de la phonation. L'ouverture et la fermeture sont dues à une alternance entre l'abaissement et l'élévation de la mandibule, l'élévation ayant pour conséquence un son ressemblant à une closante et l'abaissement de la mandibule donnant lieu à un son se rapprochant d'une voyelle. Une production typique serait [babababa]. A cet instant, les vocalisations de l'enfant ressemblent pour la première fois à de la parole. La régularité du rythme des cycles mandibulaires successifs l'apparente à des séquences de syllabes." (MacNeilage & Davis, 1990, p.458, t.p.n.)². Selon cette théorie, le patron protosyllabique obtenu à partir des oscillations mandibulaires correspondrait à un closant bilabial suivi d'un vocant central plus ou moins ouvert tel que [baba] qui est appelé Cadre Pur (*Pure Frame*).

² "At about 7 months children begin canonical babbling. This is defined as a rhythmic alternation between an open and closed configuration of the vocal tract accompanied by phonation. The opening and closing is achieved primarily by an alternation between an elevation and a depression of the mandible, the elevation resulting in a consonant-like sound and a depression of the mandible, the elevation resulting in a consonant-like sound and depression in a vowel-like sound. A typical utterance would be [babababa]. Now, for the first time the infant's vocalizations have truly speech quality. The time-locked quality of successive mandibular cycles gives the impression of a sequence of syllables." MacNeilage et Davis (1990).

I.3.1.3. Les cadres protosyllabiques comme contrôle de la porteuse de la parole

a). L'hypothèse *Frame then Content*

Pour décrire le poids du geste d'oscillation mandibulaire sur les productions vocales du babillage, MacNeilage formule ce qu'il appelle le principe de la « *dominance des cadres* », que nous allons décrire ci-dessous.

Rappelons d'abord que son hypothèse de base est que la première étape développementale du babillage est l'apparition des cadres purs labiaux. Ceux-ci résulteraient, comme nous l'avons déjà vu, de mouvements cycliques mandibulaires non-contrôlés d'ouverture et de fermeture du conduit vocal.

Cependant, les productions du babillage sont variées et ne consistent pas uniquement en cadres labiaux. Pour MacNeilage, cette variabilité n'est pas attribuable à de nouveaux contrôles, mais aux différences d'amplitude d'ouverture de la mandibule qui pourraient rendre compte des différences d'aperture pour les vocants et des degrés de constriction pour les closants (occlusifs, glides, fricatifs). Pour les closants qui changent de lieux et les vocants qui changent selon un axe antérieur/postérieur, la langue serait déjà placée (*presetting*). Elle adopterait une position qui peut être variable avant le début d'une séquence d'oscillations mandibulaires, ce qui pourrait expliquer les différents lieux d'articulation dans les séquences sonores. Avec une même configuration articulaire, l'enfant produirait alors plusieurs sons vocants et closants pendant les différentes phases du cycle de la porteuse mandibulaire.

Ce postulat, qui propose qu'il n'y aurait pas de mouvement de la langue pendant le cycle mandibulaire, implique une très forte coarticulation entre closants et vocants à l'intérieur d'un cycle, mise en évidence par la corrélation entre lieu du closant et lieu du vocant. Les cadres purs labiaux (*Pure Frames*) [baba] s'opposent aux cadres coronaux (*Fronted Frames*) [dædæ] qui résulteraient d'une configuration de langue avancée associée à l'oscillation mandibulaire. De la même façon, on obtiendrait des cadres vélaux (*Backed Frames*) tels que [gogo] où la langue recule pendant le cycle mandibulaire, ainsi que des cadres purs labiaux nasaux (*Nasalized Pure Frames*) [mama] et des cadres coronaux nasaux (*Nasalized Fronted Frames*) [nænæ] où le velum est abaissé par-dessus le cycle mandibulaire et la langue avancée ou en position de repos.

MacNeilage & Davis (2000) posent les cinq hypothèses suivantes qui attesteraient du phénomène de la « *dominance des cadres* » dans le babillage :

- Dans une production multisyllabique, les changements de consonnes d'une protosyllabe à la suivante vont plutôt être des changements de mode d'articulation.
- Les changements de voyelle d'une protosyllabe à la suivante vont plutôt être des changements de degré d'aperture.
- Les vocants centraux sont produits avec les closants labiaux : la langue est en position de repos au centre de la cavité buccale pour cette co-occurrence, ce sont donc les mouvements d'ouverture et de fermeture de la mandibule qui relient les deux articulateurs (d'où le nom de Cadre Pur ou *Pure Frame*).
- Les vocants antérieurs sont produits avec les closants coronaux : la langue serait en position avant, relativement statique pendant la production du closant et du vocant (Cadres antérieurs ou *Fronted Frames*).
- Les vocants postérieurs sont produits avec les closants vélaux : la langue serait en position arrière, relativement statique pendant la production du closant et du vocant (Cadres postérieurs ou *Backed Frames*).

Ce n'est que plus tard, une fois le contrôle des articulateurs portés acquis, que l'enfant, pour MacNeilage, pourra construire du contenu, indépendamment de la porteuse mandibulaire.

b). Réponses à l'hypothèse Frame then Content.

Plusieurs études ont été menées au laboratoire grenoblois ICP (maintenant DPC/GIPSA-lab) afin de tester cette hypothèse :

Le premier test effectué posait la question suivante : peut-on véritablement parler d'un cadre pur labial ?

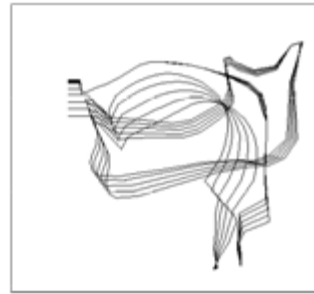
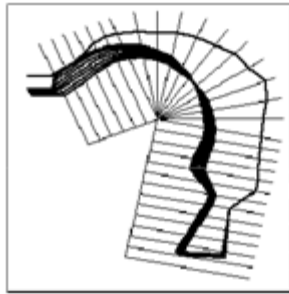
Vilain (2000) a procédé à des simulations du babillage à l'aide de modèles articulatoires afin de valider l'hypothèse du babillage canonique comme émergence des cadres de la parole. Les modèles utilisés étaient des modèles anthropomorphiques qui préservent les caractéristiques morphologiques individuelles, et pour lesquels les paramètres de commande du conduit vocal sont extraits par une analyse en composantes principales. Ces modèles étaient les suivants : *Gentiane*, *Bergame*, *Maeda* pour les modèles adultes, et *Growth* pour le modèle de croissance du conduit vocal. Les modèles adultes correspondent à trois locuteurs différents. *Growth* est

un modèle de croissance du conduit vocal adapté à des simulations systématiques et une exploitation phonétique du modèle VLAM (cf. Chap.II pour plus de détails).

Le babillage étant caractérisé par la seule maîtrise des oscillations mandibulaires, les simulations consistaient à bloquer les degrés de liberté du modèle excepté celui de la mandibule.

Les cadres produits par les quatre modèles ont été :

- Coronaux pour les modèles *Maeda* (cf. Figure I-5) et *Growth*.
- Labiaux pour *Gentiane* (cf. Figure I-6).
- Labio-coronaux pour *Bergame*.



Figures I-5 & I-6 : cadre coronal pour le modèle Maeda (à gauche) avec l'interface SMIP, cadre labial pour le modèle Gentiane (à droite).

Ces simulations ont donc mis en évidence une idiosyncrasie des productions dues à une simple oscillation mandibulaire.

Il est aussi apparu que le cadre pur décrit par MacNeilage pouvait être de nature variable (labial ou coronal), ce qui confirme l'idée que les productions du babillage peuvent découler de la simple oscillation mandibulaire. Vilain a proposé aussi, de par ses résultats, de ne pas recourir à un mouvement de la langue vers l'avant (*fronting frame*) pour expliquer les cadres coronaux. Le lieu d'articulation du cadre pur différerait selon les caractéristiques morphologiques idiosyncrasiques de l'individu.

De plus, l'un des modèles ayant produit deux contacts (labial et coronal), l'auteur propose donc l'existence de plusieurs cadres purs pour un même individu.

La deuxième question posée était : observe-t-on réellement les co-occurrences dans le babillage ?

Davis & MacNeilage (1995) retrouvent pour six enfants les co-occurrences entre vocants centraux et closants labiaux et entre closants dorsaux et vocants postérieurs avec $p < 0,001$ et celles entre closants coronaux et vocants antérieurs pour cinq enfants avec $p < 0,001$.

Brosda (1999) a donc testé ces co-occurrences sur trois corpus de babillage (deux enfants anglais et un enfant tamil de 9 à 18 mois) issus de la base de données CHILDES. Les co-occurrences entre vocants centraux et closants labiaux ont été observées à 22.2% ($p < 0,001$) et celles entre closants coronaux et vocants antérieurs à 16%. Les co-occurrences closants dorsaux et vocants postérieurs n'ont pas été observées, mais il semblerait que ces co-occurrences soient présentes à égalité avec les co-occurrences closants dorsaux et vocants antérieurs.

La troisième question qui a été testée était : les co-occurrences peuvent-elles s'expliquer par le seul mouvement de la mandibule ?

Serkhane & al. (2002) ont alors simulé le produit d'une oscillation mandibulaire à partir d'un *presetting* de la langue.

Ils ont d'abord déterminé les paramètres articulatoires correspondant aux vocalisations d'un enfant de 7 mois, par inversion des produits acoustiques. Puis le modèle *Growth* a été configuré pour ces vocalisations. Puis, ils ont appliqué une élévation de la mandibule pour observer le lieu de la closion qui en résultait.

Les simulations obtenues ont montré qu'il existait un lieu d'articulation commun à la consonne et à la voyelle lors de la production des protosyllabes. Les protosyllabes ainsi obtenues pouvaient donc bien être obtenues par un simple geste de la mandibule et correspondaient aux patrons de co-occurrences proposés par MacNeilage.

La quatrième et dernière question posée par notre laboratoire était : la simulation par un modèle articulatoire confirme-t-elle l'idée que le babillage canonique marquerait l'apparition d'un contrôle de l'oscillation mandibulaire ?

Serkhane & al. (2002) ont donc réalisé deux types de simulations :

D'abord, les auteurs ont simulé, à l'aide du modèle *Growth*, les productions vocaliques possibles pour les âges de 4 et 7 mois. Ils ont donc déterminé l'espace vocalique maximal (EVM) de l'ensemble des voyelles qu'il serait possible de produire avec un conduit vocal de 4

et 7 mois si l'on maîtrisait les paramètres articulatoires aussi bien qu'un locuteur adulte. L'espace vocalique maximal correspond à l'espace dans lequel les voyelles produites correspondent à la taille du conduit vocal pour un âge donné. Les valeurs formantiques des voyelles de cet espace sont donc délimitées par les contraintes articulatoires dues à la taille du conduit vocal.

Ils ont situé, ensuite, dans ces EVM, les vocalisations réelles d'enfants de 4 mois issues du corpus de Kuhl & Meltzoff (1996) et d'enfants de 7 mois issues du corpus de Matyear & al. (1998).

Les résultats obtenus ont montré que les productions des enfants étaient situées, à 4 mois, dans les parties centrales et moyennes de l'espace acoustique (Figure I-7 à gauche). Les vocalisations peuvent donc bien être produites avec un contrôle minimal de la position de la langue. A 7 mois, les productions ont montré une utilisation plus importante de la dimension haut/bas dans le triangle vocalique (Figure I-7 à droite). Cette utilisation plus importante de l'espace vocalique peut s'expliquer par une utilisation plus variée du seul mouvement d'oscillation mandibulaire.

Pour le deuxième type de simulation, les auteurs ont réalisé une inversion acoustico-articulatoire des productions réelles des enfants afin d'observer quels articulateurs étaient nécessaires à leurs productions.

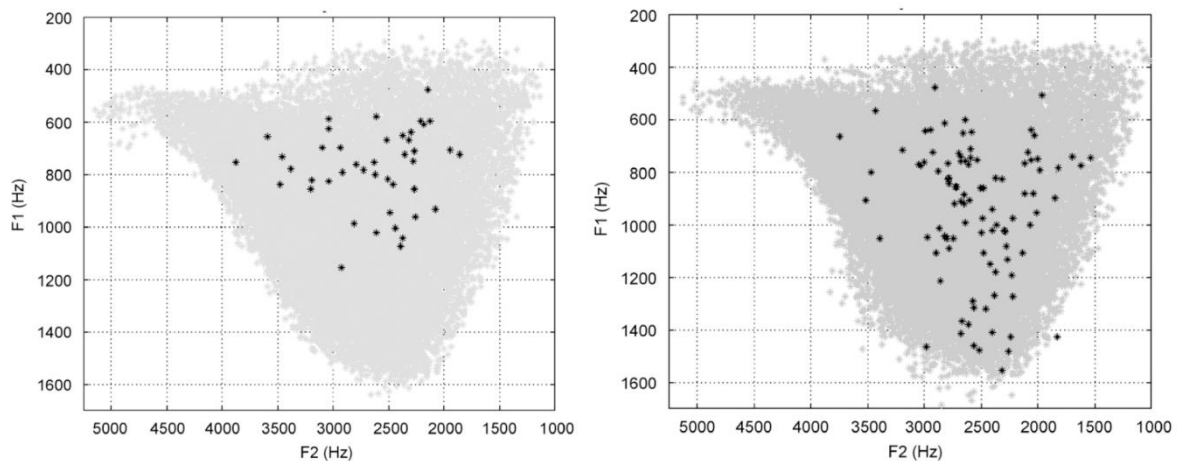


Figure I-7 : espace vocalique réel d'enfants de 4 mois (gauche), et de 7 mois (droite, points noirs), par rapport à l'Espace Vocalique Maximal pour un conduit vocal de même taille (points gris), d'après Serkhane et al. 2002.

A 4 mois, les productions semblent liées aux paramètres du corps de la langue, du dos de la langue et de la lèvre inférieure, dans une proportion très faible par rapport à l'ensemble de l'espace vocalique possible. A 7 mois, on retrouve les mêmes paramètres auxquels vient s'ajouter la hauteur de la mandibule.

Ces résultats confortent donc l'idée qu'il n'existe pas de mouvement propre à la langue à l'intérieur de la protosyllabe mais qu'il y a bien un lieu global d'articulation pour celle-ci. Le contrôle indépendant des articulateurs portés n'est donc pas encore acquis à l'âge de 7 mois.

Ces études soutiennent la description des vocalisations pré-babillages comme étant dues à un très faible contrôle des articulateurs portés, et celles du babillage comme l'émergence d'un cadre protosyllabique dû aux mouvements cycliques de la porteuse mandibulaire.

A partir de ce premier stade de contrôle, vient le développement du contenu segmental. Nous allons donc voir les hypothèses proposées par certains chercheurs pour le contrôle des articulateurs portés.

I.3.1.4. Développement du contenu segmental

Après l'émergence du contrôle de la porteuse de la parole, vient le stade du contrôle des articulateurs portés. Ce contrôle va permettre la maîtrise des constrictions locales amenant une plus grande variété dans les productions. Dans un premier temps, le bébé va acquérir le contrôle de segments au niveau local avant d'avoir le contrôle global au niveau de la syllabe. Actuellement, il n'existe que peu d'études permettant d'illustrer le développement de ces contrôles.

a). Quelques éléments de description

Munhall & Jones (1998) ont donné un exemple de maîtrise de l'occlusion labiale qui nous permet d'illustrer l'absence du contrôle d'un articulateur porté à l'apparition du babillage. Ils ont enregistré le mouvement des lèvres chez un bébé de huit mois et chez un adulte lors de la production de séquences [bababa], à l'aide du système OPTOTRAK (cf. Figure I-8).

L'enregistrement du bébé montre une production en accord avec la théorie des cadres, puisqu'elle consiste en un mouvement de la lèvre inférieure qui est portée par la mandibule, qui passe d'une configuration fermée à une configuration ouverte, sans qu'il y ait de mouvement actif de la lèvre supérieure.

Munhall & Jones (1998, p. 524-525, t.p.n) expliquent : "Le seul mouvement de la lèvre supérieure se produit en phase avec celui de la lèvre inférieure et est probablement dû à la poussée verticale de la lèvre inférieure après le contact. Ce patron est cohérent avec l'idée, proposée par MacNeilage, selon laquelle le babillage n'implique en premier lieu qu'un mouvement de la mandibule."³. Il n'y a donc pas de contrôle volontaire de la lèvre supérieure à ce stade.

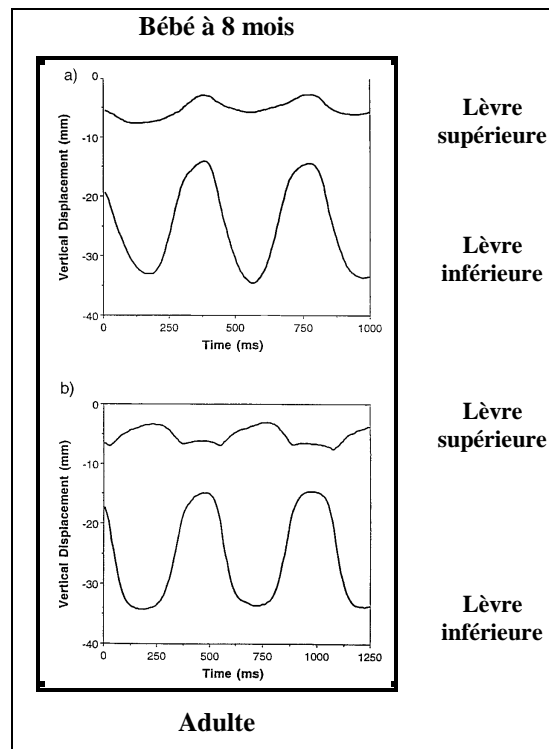


Figure I-8 : Déplacements verticaux des lèvres, inférieure et supérieure, en fonction du temps au cours de la production répétitive de [bababa] par un bébé de 8 mois et un adulte.

³"The only upper lip movement occurs in phase with the lower lip motion and is presumably caused by the lower lip forces pushing the upper lip upward after contact. This pattern is consistent with the proposal that initial babbling primarily involves mandibular motions." Munhall & Jones (1998).

Sur le tracé adulte, on retrouve la même oscillation de la lèvre inférieure portée par la mandibule, mais on peut remarquer une activité propre à la lèvre supérieure, qui s'élève pour la voyelle, puis qui s'abaisse jusqu'à faire un contact avec la lèvre inférieure pour la consonne bilabiale. La lèvre supérieure résiste aussi à la poussée de la lèvre inférieure au cours de l'occlusion.

Ces données illustrent la distance entre le stade de départ du contrôle des articulateurs et son état final, celui de la norme adulte de production de parole.

La question que l'on peut se poser à ce stade est donc : quelle est la chronologie du développement de ces contrôles ?

Sussman & al. (1999), dans une étude sur le développement de la coarticulation des syllabes CV à partir de données du babillage d'un enfant de 7 à 40 mois, proposent quelques réponses à cette question.

Ils ont analysé la pente des équations de locus chez l'enfant et l'ont confrontée aux valeurs moyennes adultes. Les équations de locus sont utilisées comme index de l'évolution du degré de coarticulation des consonnes labiales, alvéolaires et vélares. L'équation de locus rend compte de la pente de la déviation du deuxième formant, du début au milieu de la voyelle. Elle illustre donc l'ampleur du geste articulaire réalisé de la consonne à la voyelle. Comme le montre la figure ci-dessous (cf. Figure I-9), une pente de 0 correspondrait à un locus invariant, donc une production sans coarticulation, c'est-à-dire que le lieu de la consonne serait toujours identique, et qu'il faudrait chaque fois réaliser une trajectoire différente de la consonne vers la voyelle. La pente de 1 correspondrait à une absence de locus, donc un maximum de coarticulation, avec une consonne dont le lieu serait totalement dépendant de la voyelle, et il n'y aurait donc pas de mouvement à faire de la consonne à la voyelle.

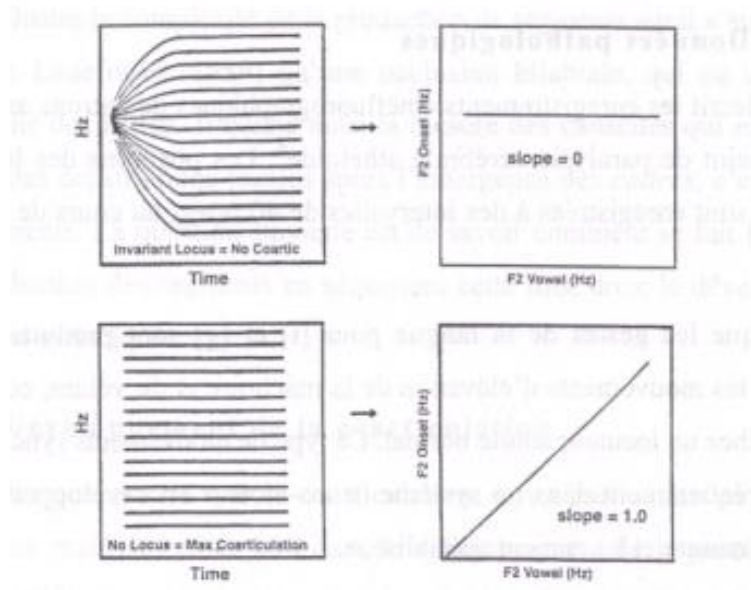


Figure I-9 : Extrêmes hypothétiques des pentes d'équation de locus (Sussman & al. 1999)

Ils ont décrit à l'aide de la pente d'équation de locus les liens entre consonne et voyelle à l'intérieur d'une syllabe. La pente d'équation de locus c'est-à-dire les valeurs du F2 (deuxième formant) en début et milieu de syllabe constituée d'une voyelle précédée soit d'une occlusive bilabiale, soit d'une occlusive coronale soit d'une occlusive vélaire permet de déterminer à quel âge apparaîtrait la coarticulation. Leurs données acoustiques montrent que chaque type d'occlusive présente un patron d'évolution particulier, lié aux contraintes articulaires qu'elle implique.

En effet, trois patrons de coarticulation sont mis en évidence dans cette étude.

Dans un contexte bilabial, le contrôle serait révélé par une augmentation de la pente spectrale. Les données obtenues semblent montrer qu'à partir de 11 mois (cf. Figure I-10 ci-dessous), l'enfant commence à produire des mouvements de la langue indépendamment de ceux des lèvres lorsqu'il s'agit d'une syllabe consonne bilabiale-voyelle. Ceci se traduit par une pente spectrale importante qui peut être observée tout au long des analyses effectuées pour les mois suivants, ce qui permet aux auteurs d'avancer l'hypothèse que la coarticulation entre une consonne bilabiale et une voyelle serait acquise vers l'âge de 11 mois.

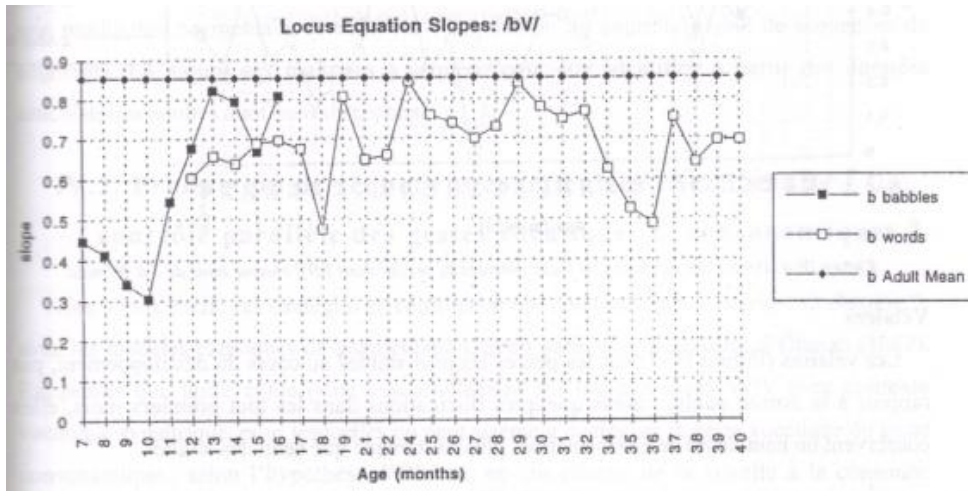


Figure I-10 : Pentas des équations des locus dérivées des productions [bVoyelle] pour chaque mois de 7 à 40 mois (Sussman & al. 1999)

Dans un contexte coronal, le contrôle se traduirait par une diminution de la pente spectrale. Le patron de développement de la pente est opposé à celui des bilabiales (cf. Figure I-11 ci-dessous). La difficulté du contexte coronal réside dans le fait qu'il faut contrôler deux parties de la langue, la pointe pour la consonne et le dos pour les voyelles. Il semblerait que ce contrôle soit le plus difficile à acquérir des trois contextes. Les auteurs n'ont pas vraiment pu mettre en évidence le contrôle de la coarticulation pour ce contexte, l'occlusive coronale demandant un contrôle de clousion assez fort, il semblerait que les enfants favorisent une bonne clousion à une bonne coarticulation.

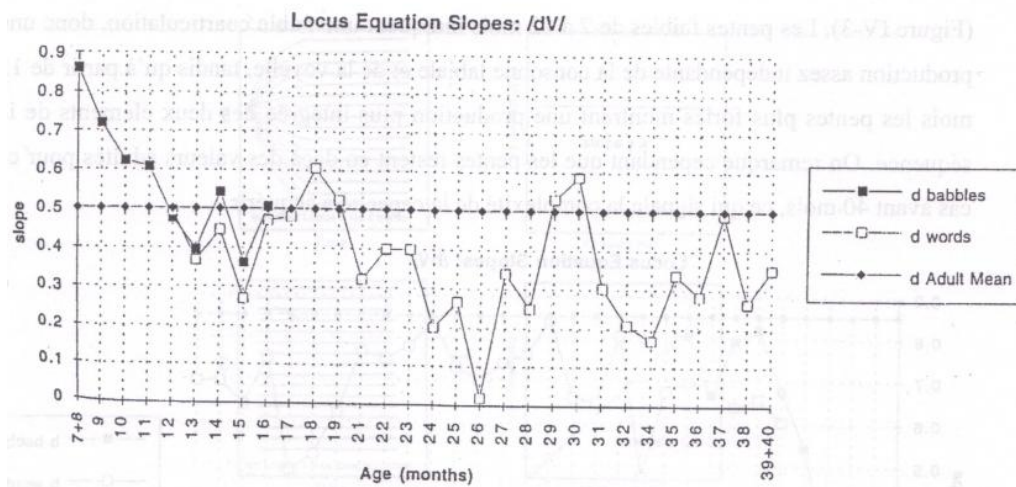


Figure I-11 : Pentas des équations des locus dérivées des productions [dVoyelle] pour chaque mois de 7 à 40 mois (Sussman & al. 1999)

Enfin, pour un contexte vélaire, le contrôle serait acquis lorsque la pente spectrale est très marquée. Le contrôle de la coarticulation en contexte vélaire semble acquis vers l'âge de 12 mois (cf. Figure I-12 ci-dessous). Le patron syllabique occlusive vélaire-voyelle requiert des contraintes biomécaniques de productions maximales car il implique un chevauchement des contrôles moteurs de la consonne et de la voyelle mais consonnes vélares et voyelles étant toutes deux produites avec le corps de la langue, il semblerait que la voyelle entraîne la consonne dans son mouvement. La haute pente spectrale de l'occlusive vélaire semble provenir des voyelles qui entraînent des restrictions articulatoires pour le lieu d'articulation de la consonne.

Il ressort de cette étude que l'enfant semble s'adapter plus aisément à un contrôle de la langue à l'intérieur d'une occlusion labiale ou aux contraintes biomécaniques d'une même partie de la langue qu'aux différents contrôles moteurs de deux parties d'un même articulateur comme pour les coronales. En tous cas, les résultats montrent que la coarticulation consonne-voyelle se développe à partir de l'âge de 10 mois, et que son évolution se poursuit bien après cette période.

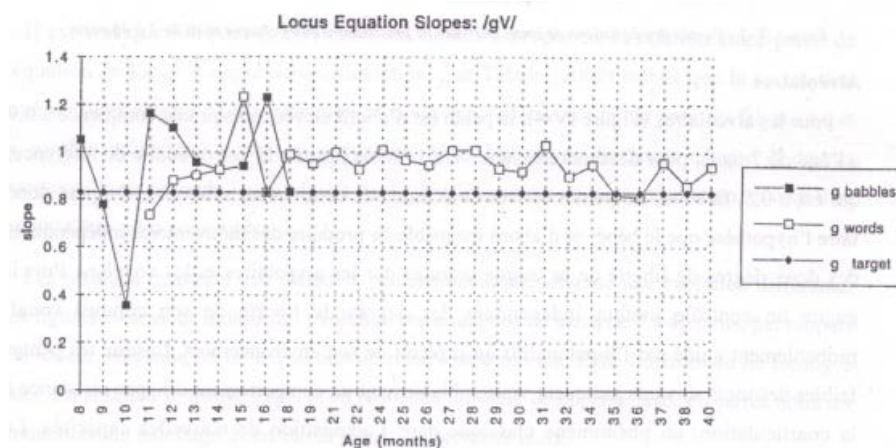


Figure I-12 : Pentes des équations des locus dérivées des productions [gVoyelle] pour chaque mois de 7 à 40 mois (Sussman & al. 1999)

b). Un contrôle développé par le feed-back sensoriel ?

Différentes études ont mis en évidence que l'acquisition de la parole se faisait par le biais de la perception.

Lors des premiers pas de la parole, l'enfant va répéter les mêmes gestes inlassablement et va ainsi entraîner son habileté motrice et articulatoire. Les liens entre motricité, proprioception, audition et vision vont aider l'enfant à reconnaître par la suite les mouvements articulatoires

des formes sonores des mots adultes. Ainsi le lien perceptuo-moteur acquis d'une syllabe [ba] ou [baba] va aider l'enfant à acquérir des mots comme "balle" ou "ballon" qui ressemblent à cette première syllabe de par sa structure.

Pour ce qui est de la perception, l'enfant est exposé à deux sources de productions vocales. Il perçoit, d'une part, les paroles des personnes qui l'entourent, et d'autre part, ses propres productions. La source extérieure a une importance évidente sur les productions qui vont devenir la parole de l'enfant, en tant que stimulus et modèle. Néanmoins, il ne faut pas minimiser le rôle capital du feed-back, car c'est par cette boucle perceptive que l'enfant va élaborer une représentation commune aux modalités motrices, proprioceptives, auditives et visuelles.

D'après différentes études, les expériences sensori-motrices commenceraient très tôt.

Dès la naissance, le nouveau-né développerait des capacités destinées à des comportements de plus en plus complexes (Locke & Pearson, 1992). L'exposition à un environnement sonore serait nécessaire à l'élaboration des réseaux corticaux-auditifs qui seront utiles par la suite pour le traitement de la parole. L'effet de la stimulation vocale sur le développement cérébral commencerait dès la première expérience de vocalisation, c'est-à-dire vers l'âge de six mois pour le fœtus, lorsque celui-ci perçoit la voix de sa mère (Locke & Pearson, 1992). Par la suite, les enfants développeraient leur capacité à faire correspondre les entrées vocales exogènes aux sorties de leurs propres conduits vocaux.

Autre élément attestant de façon claire l'importance du retour auditif : des études comparatives (Stoel-Gammon, 1988) sur la perception et la production d'enfants sourds ou malentendants et entendants ont montré que les enfants sourds ou malentendants vont commencer à babiller, sans retour auditif. Ceci confirme la thèse du babillage comme produit des contraintes motrices. La seule différence serait qu'ils babillent plus tardivement que les entendants par manque de stimulation auditive.

Par la suite, alors que le babillage des entendants évolue rapidement vers une forte proportion de coronales, celui des enfants sourds reste centré sur les labiales, seules consonnes facilement perceptibles visuellement : ceci montre l'importance de la boucle auditive dans la structuration du répertoire phonétique.

Autre différence entre ces deux populations : les enfants sourds ont tendance à produire des consonnes nasales en proportion beaucoup plus forte que les entendants (Stoel-Gammon, 1988).

La vision est aussi un canal important dans la perception du langage. Mills (1987) a montré l'importance de l'entrée visuelle dans l'acquisition du langage avec des données montrant que les enfants aveugles ont de la difficulté à discriminer des sons de parole tels que [m] et [n]. En effet, ces deux consonnes ne sont pas très contrastées acoustiquement et donc difficile à distinguer sans l'aide de la vision. C'est l'occlusion visible des lèvres qui nous permet de distinguer le [m] du [n].

D'autre part, alors que les bilabiales sont des consonnes très présentes dans le babillage des enfants entendants (Vihman & al., 1985) et sourds (Stoel-Gammon (1988), Mulford (1988) rapporte qu'elles sont beaucoup moins présentes dans le babillage des enfants aveugles.

Les enfants entendants ont donc une capacité de perception des sons de parole développée dès la naissance, ce qui va leur permettre d'évoluer, depuis le babillage qui n'est que le produit de contraintes motrices, vers un contrôle volontaire et précis des différents articulateurs, développé à l'aide de la boucle perceptuo-motrice.

En résumé, on peut définir le babillage comme le produit de contraintes motrices et physiologiques, à partir duquel la boucle perceptuo-motrice va permettre d'élaborer des contrôles volontaires et précis des articulateurs.

I.3.1.5. Qu'en est-il des premiers mots ?

Le postulat de MacNeilage (1998) propose une explication articulatoire du babillage mais nous pouvons regretter l'absence d'explication pour l'évolution de ce contrôle vers les premiers mots.

Nous retiendrons donc de cette théorie l'explication articulatoire des productions du babillage et le contrôle mandibulaire, mais nous ajouterons à cette théorie l'évolution du contrôle articulatoire de la mandibule et de son rythme, l'évolution articulatoire d'autres articulateurs, et surtout nous tenterons, en confrontant d'autres théories phonologiques ou motrices, d'expliquer l'apparition des premiers mots en termes de contrôle moteur articulatoire, de

produits rythmés identiques au patron de la langue maternelle, et de gabarits syllabiques et phonologiques en adéquation à la langue maternelle.

Nous nous sommes donc interrogés sur la nature des cadres du babillage. Les expériences ont montré que le cadre protosyllabique pouvait s'expliquer sans le contrôle de la langue et des lèvres mais d'autres contrôles nécessaires à la production de parole n'ont pas encore été étudiés : le contrôle d'un conduit vocal oral, c'est-à-dire avec un velum relevé, pour la maîtrise de la position du velum ainsi que le contrôle de la coordination oro-laryngée qui réside en une synchronisation des mouvements des cordes vocales et ceux des articulateurs supra-glottiques.

I.3.2. L'émergence des premiers mots : différentes approches

Un des points de vue évoluant en parallèle au point de vue articuloire pour expliquer les premières productions linguistiques est l'influence des informations phonologiques. Des chercheurs tels que Wauquier (2006) ou Fikkert & al. (2004) considèrent que les représentations phonologiques sont présentes chez l'enfant avant l'apparition des premiers mots. Ces représentations innées (Wauquier, 2005a) seraient gouvernées par des contraintes structurelles universelles qui guideraient l'enfant dans son mécanisme d'acquisition. L'enfant pourrait acquérir la phonologie de sa langue maternelle et construire ses premières syllabes et ses premiers mots par le biais d'un patron lexical (Vihman, 1996, 2001, Wauquier, 2005a) ou prosodique (Fikkert, 1994, Demuth & Fee, 1995) qui constituerait un premier patron de mot, qui primerait sur l'émergence des capacités motrices et articuloires. En effet, « la question qui se pose en phonologie consiste à établir aussi précisément que possible les conditionnements exacts d'une première unité où l'on voit se manifester de manière évidente et systématique des régularités phonologiques (ex : métathèses, harmonies, etc.). Le problème est alors d'établir si cette unité est conditionnée lexicalement et morphologiquement et dépend de l'acquisition lexicale ou si au contraire elle émerge sous l'influence de contraintes essentiellement phonologiques (organisation distributionnelle des sons et des structures indépendantes des mots) ou prosodiques sur des unités supérieures au mot. » Wauquier (2005a, p.157-158).

I.3.2.1. L'approche phonologique de l'émergence des premiers mots

a). Le structuralisme en phonologie : la question de la marque

Les unités principales de la phonologie sont les traits distinctifs. Elles permettent de décrire l'organisation d'un système linguistique. Tous les phonèmes de la langue adulte n'ont pas la même importance et sont hiérarchisés selon les relations d'opposition qu'ils entretiennent les uns par rapport aux autres. Jakobson (1968) envisage l'acquisition comme le cheminement progressif des objets les moins marqués, vers les plus marqués. La théorie de la marque considère comme moins marquées les unités de la langue plus simples, plus naturelles et universelles, en opposition aux unités plus complexes, moins naturelles et plus spécifiques qui sont plus marquées. Selon Jakobson (1968), l'ordre d'acquisition des segments ainsi que tous les phénomènes d'assimilations, d'harmonies, de métathèses dans les productions de l'enfant sont guidés par la marque. Ce processus d'acquisition guidé par la marque exclut par contre le rôle de la prosodie dans l'acquisition de la parole. Il a aussi été montré que les effets de marque pouvaient être contredits par un facteur comme la fréquence de distribution dans l'*input* (cf. Macken, 1995 in Wauquier, 2005a). Fikkert et al. (2004) ont aussi montré, à partir de travaux sur l'acquisition de la syllabe, que les effets de marque segmentale interagissent avec la marque prosodique et la structure rythmique de la langue cible.

b). Le paradigme génératif

Pour Chomsky (1965), l'enfant hérite de manière innée d'un dispositif représentationnel formel appelé « Grammaire Universelle » (GU) qui conditionne l'existence de toute grammaire possible et qui définit la totalité des langues humaines comme constituées d'un système de principes en nombre fini. L'acquisition est une expérience passive subie par l'enfant sous l'influence de l'environnement linguistique. L'enfant reçoit un *input* non exhaustif, variable et qualitativement mauvais de sorte qu'il ne donne pas à l'enfant les informations nécessaires et suffisantes à la construction d'une grammaire. Cet argument prédit que seul un dispositif formel inné définissant par avance les conditions de possibilité des énoncés que les paramètres de la langue cible autorisent, permet une mise en place aussi rapide du langage.

c.) *La phonologie prosodique*

La phonologie prosodique (Fikkert, 1994, Demuth & Fee, 1995) propose que le mot phonologique (*Phonological Word*) soit l'unité prosodique à partir de laquelle l'enfant va mettre en place ses premières généralisations phonologiques, ce qui sera observé lors de phénomènes tels que l'harmonie consonantique par exemple. L'acquisition se ferait en 4 étapes. L'enfant acquerrait d'abord les syllabes de type CV, ensuite le mot minimal de type CVCV, puis le pied binaire accentué et enfin les pieds accentués. Les enfants effectueraient des réductions systématiques pour intégrer la cible adulte dans le patron acquis formé par un pied binaire composé d'une syllabe accentuée suivie d'une syllabe non-accentuée. L'enfant apprendrait à complexifier les structures syllabiques de sa langue maternelle à partir de la syllabe accentuée du patron du pied acquis auparavant.

d). *La Théorie de l'Optimalité*

Les contraintes universelles proposées par OT reflètent des processus « naturels » de production et de perception ainsi que la tendance à préserver les contrastes lexicaux. Cette théorie propose d'envisager l'émergence du système autrement que comme une série d'états synchroniques successifs et de formaliser la variation et l'évolution des formes lexicales enfantines correspondant alors à une réorganisation de la hiérarchie des contraintes jusqu'à la forme stabilisée. Mais le modèle contraint si faiblement la variation et l'évolution des formes, qu'elle les décrit plus qu'elle ne les explique. On peut alors craindre que la succession des stades et les stratégies d'acquisition retenues et reflétées par les hiérarchies de contraintes successives ne soient empiriquement infondées et générées par la logique même du modèle OT (d'après Wauquier, 2005a).

I.3.2.2. L'hypothèse gabaritique

D'après Vihman (2006), l'acquisition de la langue maternelle se ferait à partir d'un gabarit ou *template*. L'enfant se baserait sur trois types d'expériences pour élaborer ce gabarit d'acquisition de la parole : l'expérience du babillage, l'expérience perceptive et la fréquence des sons et des structures. L'expérience du babillage constitue l'utilisation d'un inventaire phonologique restreint qui correspond aux premières productions de l'enfant. Les sons qui

émergeront par la suite dépendraient de la base de ce premier inventaire phonologique. La deuxième expérience est celle des expériences perceptives de l'enfant, par rapport à son environnement et aux interactions verbales qu'il perçoit. Et la troisième expérience, nécessaire à la construction de ce gabarit, est celle de la fréquence des sons et des structures présentes dans l'*input*, ainsi que la fréquence lexicale.

Ces unités émergentes que sont les gabarits ne seraient pas conditionnées par la marque ou les universaux structurels qui gouvernent les langues du monde, mais par une comparaison et mise en adéquation constante entre les expériences motrices du babillage et la structure de l'*input*. Ceci donne lieu à des patterns réguliers de reproduction de mots adultes déformés par le gabarit propre de l'enfant. La production de gabarit relève d'une généralisation des patterns sélectionnés dans l'*input* et fonctionne comme une routine qui automatise le processus de production des mots. La phonologie émerge alors progressivement par le développement des habiletés motrices et articulatoires, et par l'expansion et l'évolution du lexique et de ses représentations. C'est un mécanisme de va et vient qui se met en place entre la généralisation phonologique et la stabilisation de l'apprentissage de nouveaux mots.

Wauquier (2005a) rejoint l'hypothèse gabaritique de Vihman, mais propose de contraindre le gabarit d'acquisition par une structure phonologique définie par rapport à la structure de la langue maternelle. Pour le cas du français, Wauquier propose que le gabarit soit rempli en premier par les voyelles car la « cible adulte est constituée d'abord par la mélodie vocalique », puis que la structure du gabarit soit définie par les noyaux qui sont marqués accentuellement (stade auquel sont observés l'harmonie consonantique ou les clusters) et enfin, que le gabarit ressemble à la production adulte avec des voyelles stables, des attaques encore variables et l'acquisition des codas.

I.3.2.3. Notre approche : la rencontre du contrôle moteur et de la phonologie pour l'émergence de la parole.

Nous avons pu voir que le développement de la parole est conçu sous différentes approches qui, d'après nous, ont tendance à ne pas faire de lien entre elles.

En effet, si nous regardons la théorie de MacNeilage (1998), l'acquisition du langage requiert des facultés articulatoires et cognitives qui ne sont pas spécifiques au langage mais qui sont

mises en œuvre sous l'effet de l'environnement. Pour lui, l'universalité des structures et des patrons émergents reflètent l'universalité de contraintes bio-mécaniques et anatomo-fonctionnelles propres à l'espèce humaine ou partiellement partagées avec d'autres espèces, comme les grands primates.

Ce que nous pouvons regretter dans cette approche, c'est l'absence d'explication par rapport à l'émergence des premiers mots et au fait que ceux-ci partagent très souvent des caractéristiques propres à la langue maternelle de l'enfant alors que toutes les langues n'ont pas les mêmes caractéristiques universelles. Il n'explique pas la spécialisation linguistique de l'enfant.

D'autres approches proposent d'articuler les données de production et les données de perception pour théoriser la relation entre perception et production, ainsi que le traitement cognitif (Vihman, 1996). Ce modèle n'exclut pas la possibilité de capacités de traitement et de production universelles innées guidant la logique d'acquisition, mais ne retient pas l'idée d'une grammaire formelle innée contraignant très strictement la mise en place des représentations. L'acquisition de la phonologie est articulée sur l'apprentissage du lexique dans un but communicationnel. Il manque de notre point de vue une dimension motrice permettant d'expliquer les performances et l'évolution des productions de parole.

Notre positionnement par rapport aux recherches et aux courants actuels dans le développement de la parole est à la croisée des approches de type *bottom-up* et *top-down*. En effet, il nous semble que les productions de parole ne peuvent pas s'expliquer hors du cadre articulatoire et moteur et l'acquisition de contrôles. Mais il nous paraît pour autant indispensable de prendre en considération les caractéristiques structurelles et les contraintes linguistiques de l'*input*. Pour nous, l'enfant doit donc s'adapter à sa langue maternelle en prenant en compte ses capacités motrices et articulatoires qui évolueront avec la croissance et la maturation cognitive, tout en comparant constamment ses productions à sa langue maternelle.

I.3.2.4. Un récapitulatif du développement de la parole

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau I-4) propose de mettre en parallèle les capacités de perception et production de parole des enfants de 0 à 48 mois (d'après Wauquier, 2005b),

auxquelles nous avons ajouté la description articulatoire de Koopmans Van Beinum (1990) et notre hypothèse du développement du contrôle moteur de la parole de 7 à 16 mois.

PERCEPTION (cf. d'après Wauquier, 2005)	PRODUCTION (cf. d'après Wauquier, 2005)	ARTICULATOIRE (cf. Koopmans van Beinum, 1990)	CONTRÔLES MOTEURS (notre hypothèse)
0-1 mois -perception catégorielle -préférence voix de la mère/langue maternelle -sensibilité voix (timbre, chant) et prosodie	0-1 mois -sons végétatifs, pleurs, -expression malaise / confort		
1-5 mois -catégorisation contrastes phonétiques -discrimination schèmes intonatifs -reconnaissance de syllabes	1-5 mois -rires, cris, expressions vocales émotions -jeux vocaux, arrehu -début contrôle de la phonation	1-2 mois -phonation continue sans articulation	1-2 mois -contrôle du larynx
		2-3 mois -phonation interrompue au cours d'un cycle respiratoire sans articulation	2-3 mois -contrôle du rythme du larynx
		3-5 mois -phonation (continue ou interrompue) + une articulation supra glottique	3-5 mois -1ers contrôle des gestes supra-glottiques
5-7 mois -catégorisation voyelles -détection des clauses prosodiques grands constituants -début perception intermodale	5-7 mois -vocalisation -variation, imitation intonative -trills	5-7 mois -variantes phonatoires avec ou sans articulation	5-7 mois -variété des contrôles du larynx
		7-8 mois -babillage canonique	7-8 mois -contrôle du rythme des gestes supra-glottiques
8-10 mois -détection frontières syntagmes -sensibilité à l'accent -début reconnaissance mots connus en contexte	8-10 mois -voyelles langue cible -babillage canonique (bababa) -puis babillage varié orienté langue cible -contours intonatifs langue cible	8-10 mois -babillage varié	
10-12 mois -détection frontières mots -surdité phonologique -reconnaissance mots connus hors contexte -compréhension mots (+/- 30 mots) avec référents	10-12 mois -syllabes langue cible simplifiées CV/V -babillage varié et intonné -production formes stabilisées en contexte -premiers mots (maman, dodo,...)		11-12 mois -1ers contrôles d'adaptation aux patrons de la langue adulte

12-16 mois -compréhension +/- 100 mots	12-16 mois -stabilisation des formes de babillage varié -complexification des structures intonatives -16 mois : stade dit des « 50 mots », noms -début acquisition phonologique (reduplications, troncations, harmonies, substitutions)	12-13 mois -babillage + premières lexies	13-16 mois -variété des rythmes des gestes supra-glottiques + coordination inter-articulateurs
16-20 mois -compréhension +/- 200 mots -début sensibilité classes morpho-syntaxiques	16-20 mois -50 / 150 mots -premiers verbes		
20-26 mois -compréhension mots -début parsing syntaxique	20-26 mois -explosion lexicale -accélération de l'acquisition phonologique et début stabilisation des formes lexicales		
26-48 mois -compréhension tous mots concrets même hors contextes + mots nouveaux en contexte -traitement syntaxique	26-48 mois -stabilisation des formes lexicales -fin acquisition de la phonologie -acquisition morpho-phonologie		

Tableau I-4 : Principales étapes de l'acquisition de la parole d'un point de vue articulaire, moteur et phonologique.

I.4. Proposition d'un chemin développemental

Le travail qui va être présenté dans les chapitres suivants s'attache à exposer un panel vaste et complet des productions linguistiques d'un sujet francophone âgé de 7 à 16 mois et à partir de ces productions, à émettre des hypothèses quant à la chronologie de l'émergence des contrôles moteurs indispensables à la formation d'un premier mot, en regard des études articulatoires, motrices, linguistiques et phonologiques actuelles.

Nous avons donc choisi d'observer de manière longitudinale les productions de parole d'un seul enfant francophone, du babillage aux premiers mots, afin de tracer une proposition de chemin développemental. Pour cela, nous avons à la fois examiné la structure linguistique du babillage et des premiers mots de notre sujet. Nous avons d'abord étudié l'évolution du contrôle de la mandibule, de la langue et des lèvres dans ces productions vocales, puis nous

nous sommes intéressés à l'émergence de trois contrôles moteurs : le contrôle du rythme des oscillations mandibulaires, le contrôle de la coordination oro-laryngée et le contrôle oral/nasal. Chacun des axes traités a été abordé sous l'angle de la production et des capacités articulatoires et motrices, sous l'angle perceptif et de ce que l'enfant perçoit de la parole et de ses spécificités, et enfin sous l'angle linguistique et phonologique et de ce qu'il en est de la structure de la langue maternelle et de ce que l'enfant en retient pour s'y adapter.

Certes, les données d'un seul enfant sont insuffisantes pour émettre des hypothèses globales et généralisables à tous quant au chemin développemental emprunté pour accéder aux structures phonologiques lexicales de la langue maternelle, mais nous avons l'avantage de pouvoir présenter des données très fines et très précises sur une période prépondérante pour l'acquisition de la parole et des premiers mots. Le fait d'analyser mois par mois et avec précision les données de notre sujet, nous permet de pointer des étapes successives dans le développement de la parole et l'acquisition de contrôles articulatoires et moteurs qui peuvent ne pas être repérés dans des analyses multi-sujets plus globales et moins précises.

Les chapitres qui suivent traiteront donc tout d'abord des choix et du cadre méthodologique pour la constitution et la description de la base de données. Puis nous présenterons l'inventaire phonétique et les structures linguistiques produites par notre sujet en les comparant aux données de la littérature actuelle. Ensuite, les trois chapitres suivants seront consacrés à l'analyse du développement des contrôles du rythme des oscillations mandibulaires, du contrôle de la coordination oro-laryngée et du contrôle oral/nasal.

Enfin, nous terminerons par une discussion de nos résultats et une proposition d'un scénario développemental de 7 à 16 mois.

Chapitre II

Une base de données audiovisuelle du développement de la parole

Afin d'étudier le développement de la parole chez l'enfant, nous avons établi une base de données de productions de parole à partir du codage d'un corpus audiovisuel.

L'originalité de notre étude et de sa méthodologie réside principalement dans le codage et les choix expérimentaux que nous avons faits.

Comme nous l'avons dit dans le chapitre précédant, notre projet expérimental n'était pas de recueillir en quantité les productions de plusieurs enfants comme le font la majorité des études en développement, mais bien de nous centrer sur un seul enfant, et d'étudier l'évolution de ses productions de manière très précise.

Le choix d'un corpus audio-visuel, et non uniquement audio, nous a paru indispensable pour arriver à distinguer, désambiguïser et catégoriser les premières productions de babillage.

D'autre part, puisque notre but était de comprendre l'évolution des différentes composantes motrices de la production de parole, nous avons choisi de coder les productions vocales d'une façon plus précise qu'une simple transcription phonétique, c'est-à-dire en décrivant indépendamment chacune des caractéristiques phonétiques.

Nous avons aussi souhaité que ce codage soit réutilisable facilement et que la base de données ainsi constituée puisse être questionnée très rapidement, et qu'elle permette une analyse spécifique de chacune des composantes articulatoires.

Ce parti pris expérimental nous a donc contraint à n'étudier qu'un seul enfant pour la simple raison que ce travail de codage a été très coûteux en temps et donc non envisageable sur deux ou plusieurs enfants. En revanche, notre stratégie – qui est une autre originalité de ce travail – a été de tenter d'explorer plusieurs dimensions simultanées du développement vocal, portant tant sur le contrôle du rythme, que des mécanismes de contrôle glottique et supraglottique, et ce dans le cadre général que nous avons posé au chapitre précédent, et dans le contexte plus spécifique d'hypothèses théoriques que nous présenterons au chapitre suivant. Dans l'immédiat, nous allons détailler les éléments de notre méthodologie de recueil et d'analyse.

II.1. Le Corpus

II.1.1. Intérêts d'un suivi longitudinal

II.1.1.1. Arguments en faveur du suivi longitudinal

Les deux grands types d'études en acquisition sont les études transversales (De Boysson-Bardies & al., 1989, Vihman, à paraître) qui généralement étudient les productions d'enfants de différentes langues maternelles, à un âge donné, versus le suivi longitudinal (Gillis & al, 2002, 2009, Stoel-Gammon, 1989), qui est une méthode qui va suivre un ou plusieurs enfants sur une période relativement longue.

Les études en acquisition sont en général beaucoup plus nombreuses dans le domaine de la perception de parole que dans celui de la production pour trois raisons : d'une part, la perception semble se développer de manière plus précoce que la production puisqu'elle est déjà présente *in utero*, d'autre part les comportements et réactions aux sons de parole sont plus faciles à éliciter que les premières productions vocales, et enfin, il est possible d'utiliser un protocole expérimental contrôlé et d'obtenir des données quantitatives extrêmement tôt en perception alors qu'en production, il faudra attendre plusieurs mois. Globalement, les corpus en production de parole vont avoir tendance à débiter relativement tard, c'est-à-dire autour de 9 mois, après le début du babillage, car les productions se font plus nombreuses et plus claires.

Le développement cognitif et moteur de l'enfant est soumis à une forte variabilité aussi bien aux niveaux intra qu'inter individuels (cf. Figure II-13 ci-dessous). La loi de variabilité (d'après GASSIER, 1981) note que l'évolution du développement psychomoteur se fait toujours dans un sens de perfectionnement progressif. Les progrès ne sont pas uniformes et continus et la maturation du système moteur se réalise par des progressions rapides mais également par des stagnations, des arrêts, voire même des régressions. Il en est de même pour le développement de la parole. L'intérêt d'une étude longitudinale paraît donc évident lorsque l'on veut s'intéresser à l'émergence des contrôles moteurs quel que soit le domaine.

Consonant Repertoire of Individual Subjects Reared in Monolingual English Environments, Sampled at 12 Months^a

Subject no.	p	b	m	w	v	t	d	n	z	s	l	r	j	k	g	ŋ	h	ΣX
1		12		11			64	8			4		9		62	7	17	194
2		21	1	22	3	1	1		1				6		13	1	33	103
3		2		3									1				117	123
4	1	2		26			3				7		34				19	92
5		1	2	41			30						4				15	93
6		1	4	11	2		83	6				1	1		9		18	136
7				37	4		46		1	1			4	8	61		4	166
8		2		15		1	41						6				32	97
9	1	29	4	24		1	92			1			48		15	7	3	225
10		2		6	1		66		1				2		11		38	127
11		6	1	5			3						3	13	27	4	20	82
12		1		5			3						3		4		6	22
13				14												2	5	21
14		3		1			10						28				3	45
15		1	1	52			33		1				11		4		11	114
16							4										13	17
17		7		9	1		33						2		8			60
18	1	1		12			18						3		2		2	39
19		1		5			5								5		4	20
20		1		1			1						4				12	19
Σ X	3	93	13	300	11	3	536	14	4	2	11	1	169	21	221	21	372	1795

Source: From Fisichelli (1950, pp. 106-108).
^aThe following seven sounds were not recorded: [f, θ, ð, s, ʃ, (tʃ, dʒ)].

Figure II-13 : exemple de variabilité interindividuelle pour le nombre de production de consonnes par sujet à 12 mois, pour 20 enfants de milieu anglophone monolingue (tableau tiré de Locke, 1983) avec en abscisse les types de consonnes et en ordonnée les sujets numérotés de 1 à 20.

D'autre part, la fréquence et la régularité des enregistrements sont des points importants à prendre en compte. En effet, le babillage apparaît autour de 6 mois et les premiers mots autour de 12 mois. Pour pouvoir observer les divers mécanismes qui se mettent en place durant ces 6 mois, il faut donc avoir un suivi fréquent et régulier.

Notre corpus a donc pour intérêt d'être à la fois long (suivi de l'enfant sur 9 mois), de commencer dès le début du babillage à 7 mois, d'être transcrit de manière très précise et détaillée en s'appuyant sur les données visuelles et sur des mesures acoustiques précises contrairement à de nombreuses transcriptions qui se basent uniquement sur une transcription phonétique (par exemple de type API) faite pour coder des unités phonologiques adultes. Peu d'études ont à disposition un tel corpus car ce type de transcription demande beaucoup de temps et certaines connaissances en phonétique articulatoire et acoustique.

II.1.1.2. Les intérêts d'un corpus audio-visuel

Les intérêts du corpus audio-visuel résident dans la complémentarité existant entre perception auditive et perception visuelle. En effet, les données sont recueillies en milieu naturel et le fait d'avoir le support visuel nous a permis de désambiguïser et distinguer pour certains cas ce qui relevait de la parole de l'enfant et ce qui relevait du bruit environnant. D'autre part, les productions des enfants lors du babillage ne correspondent généralement pas aux catégories phonétiques adultes et sont donc difficiles à identifier et à discriminer. Il est difficile, essentiellement au début du babillage, de reconnaître les sons produits par l'enfant, par le seul biais de la perception auditive. La vision peut fournir une aide importante pour désambiguïser ce qui est perçu auditivement, car elle permet de voir pour certaines productions la position des lèvres, voire de la langue. Par exemple, si auditivement, le son perçu n'est pas clairement identifiable, et que l'hésitation de classification de ce son se situe au niveau du lieu d'articulation entre une occlusion bilabiale et une occlusion labiodentale : la vision va nous aider ici à voir si les deux lèvres du sujet sont accolées l'une à l'autre, et dans ce cas nous pourrions conclure à une occlusion bilabiale ou, si au contraire, la lèvre inférieure touche les incisives supérieures, et nous concluons alors à une occlusion labiodentale.

Davis & MacNeilage (1995) soulignent l'importance de l'audiovisuel, particulièrement au niveau de la transcription du babillage, par le biais d'une étude sur les pourcentages d'accords et de désaccords entre deux transcrip-teurs pour l'identification de données audio du babillage. Les résultats de cette étude montrent que les transcrip-teurs sont en accord pour l'identification de 76.8 % des consonnes. Les consonnes qui sont les mieux identifiées par les transcrip-teurs sont les consonnes alvéolaires par rapport aux consonnes labiales et vélares (cf. Tableau II-5 ci-dessous).

	alvéolaires			labiales			vélares
Consonnes cibles	[d]	[n]	[j]	[b]	[m]	[w]	[g]
Pourcentages d'accords entre les deux transcrip-teurs	86.1 %	88.3 %	78.5 %	73.6 %	53.2 %	57.7 %	36.6%
Consonnes perçues si désaccord entre les deux transcrip-teurs			[d] (confusion de mode)	[w] (confusion de mode)	[n] (confusion de lieu)	[m] (confusion de mode) [n] (confusion de lieu)	[d] (confusion de lieu)

Tableau II-5 : Pourcentages d'accords et de désaccords entre deux transcrip-teurs pour l'identification de données audio du babillage (Davis, B.L. & MacNeilage, P.F., 1995)

Les résultats de cette étude montrent que les transcrip-teurs présentent un haut pourcentage d'accords pour la transcription des productions alvéolaires et pour la bilabiale orale [b], par contre les pourcentages d'accords sont moyens pour la bilabiale nasale [m] et la labiodentale [w] et sont bas pour la vélaire orale [g].

Ces données nous montrent donc qu'il est important d'avoir recours au canal visuel pour désambigüiser le [b] du [w] et le [m] du [n] avec l'occlusion labiale, ainsi que le [d] du [g] avec l'occlusion dentale.

Il est aussi très important d'avoir accès au canal visuel pour pouvoir repérer les activités rythmiques mandibulaires silencieuses ou *silent jaw wags* (cf. Chap. I, I.3.1.2), qui sont très fréquentes à cette période du développement et considérées par MacNeilage (1998) comme des éléments importants dans la mise en place du babillage.

II.1.1.3. Description du corpus « C » complet

Le corpus a été enregistré par Stefanie Brosda, dans le cadre d'une étude à l'Institut de la Communication Parlée de Grenoble entre 1999 et 2000. Le corpus complet contient les productions de six enfants francophones enregistrés sur une période de neuf mois. Les enregistrements ont été effectués à l'aide de matériel audio-visuel; tout d'abord, à l'aide d'une caméra VHS et d'un magnétophone portable DAT, puis ils ont été poursuivis avec une caméra vidéo numérique DV jusqu'à la fin des séances. Le début des enregistrements commençait lorsque les parents signalaient l'apparition du babillage canonique. C'est pour cette raison que les enregistrements n'ont pas débuté systématiquement au même âge pour chacun des sujets (cf. Tableau II-6 ci-dessous).

Sujets + nombre de sessions	Age de début d'enregistrement (mois et jours)	Age de fin d'enregistrement (mois et jours)
Sujet A (1 -18)	6 ; 6	15 ; 4
Sujet C (1-18)	6 ; 25	15 ; 29
Sujet J (1-23)	8 ; 6	16 ; 26
Sujet L (1-18)	6 ; 20	15 ; 21
Sujet N (1-19)	7 ; 15	16 ; 12
Sujet T (1-21)	8 ; 16	17 ; 18

Tableau II-6 : âges des premiers et derniers enregistrements pour les 6 sujets du corpus.

Pour pouvoir recueillir les productions de babillage des enfants avec un volume sonore suffisant pour l'analyse, ceux-ci étaient munis d'un micro cravate situé sur une épaule ou fixé sur leur vêtement juste en dessous de la bouche. Les sessions d'enregistrement se déroulaient dans l'environnement familial des sujets, à raison d'un enregistrement d'une durée de quarante-cinq minutes tous les quinze jours. Les parents pouvaient être présents lors de l'enregistrement mais le principe était de recueillir des données spontanées. L'enfant était donc dans une pièce où il avait l'habitude d'être, souvent entouré de jouets ou de livres. Si l'enfant restait silencieux, le parent ou l'expérimentateur le sollicitait dans le but de le faire babiller avec un jeu, un livre ou en lui parlant. Une fois l'enfant babillant, les parents et expérimentateur se taisaient. L'expérimentateur filmait constamment l'enfant et dans la mesure du possible filmait en gros plan le visage du sujet afin de pouvoir observer le mouvement des articulateurs visibles. La totalité du corpus représente en moyenne dix-huit sessions d'enregistrement par sujet. Certains sujets, n'étant que peu bavards lors des sessions, ont été enregistrés un peu plus fréquemment (à raison de trois sessions par mois dans certains cas) mais ceci n'excède pas vingt-trois sessions par sujet. Le corpus final comprend ainsi cent dix-sept sessions soit un total d'environ quatre-vingt-huit heures et quinze minutes d'enregistrements.

II.1.1.4. Description du corpus de l'étude

Les données utilisées pour cette étude sont extraites du corpus complet décrit ci-dessus. Elles correspondent aux productions d'un enfant de langue maternelle française, de sexe féminin, que nous nommerons Sujet C. Ce corpus ciblé comprend dix-huit sessions couvrant les productions de l'enfant de 6 mois et 25 jours à 15 mois et 29 jours, c'est-à-dire du début de son babillage jusqu'à la production de ses premiers mots (cf. ANNEXE I). Par mesure de simplicité, nous avons regroupé les sessions par mois et nous considérons que nos données correspondent à la période de 7 à 16 mois. Ce corpus représente un total de presque quatorze heures d'enregistrement et d'environ quatre heures de données de productions de parole. Dans le tableau ci-dessous sont présentés le nombre de sessions, l'âge du sujet en mois et jours pour chaque session d'enregistrement, la durée du corpus de parole une fois les cris, pleurs, silences soustraits, ainsi que le nombre de productions de parole par sessions (cf. Tableau II-7 ci-dessous).

Nombre de sessions	Age en mois et jours	Durée du corpus contenant les productions du babillage	Nombre de productions
1	6 ; 25	2,06 min	28
2	7 ; 8	3,09 min	54
3	7 ; 23	3,05 min	60
4	8 ; 6	1,04 min	21
5	8 ; 27	4,06 min	36
6	9 ; 24	9,26 min	197
7	10 ; 7	10,48 min	336
8	10 ; 28	18,27 min	373
9	11 ; 13	13,23 min	268
10	12 ; 6	19,58 min	368
11	12 ; 17	26,20 min	497
12	13 ; 0	8,02 min	153
13	13 ; 14	22,30 min	473
14	14 ; 1	11,12 min	211
15	14 ; 13	23,21 min	430
16	14 ; 26	14,30 min	243
17	15 ; 11	10,13 min	182
18	15 ; 29	17,13 min	354

Tableau II-7 : âge, durée et nombre de productions vocales de chaque session pour le sujet C.

II.1.2. Préparation des données

II.1.2.1. Format des fichiers

L'acquisition numérique du corpus audio a été réalisée par Stefanie Brosda, à 22050 Hz, en mode mono. Les fichiers ont été enregistrés au format .wav et ont été nommés à partir du prénom de l'enfant enregistré et du numéro de la session. Si la séquence a été enregistrée sur deux cassettes différentes, l'indice « a » indique la première partie de la session et l'indice « b », la seconde. Par exemple, le fichier audio qui correspond à la première partie de la septième session d'enregistrement de l'enfant prénommé Georges sera enregistré sous cette forme : georges7a.wav.

II.1.2.2. Extraction des productions de l'enfant

Pour manipuler des fichiers sons plus légers en termes de poids informatique, nous avons extrait les productions de l'enfant de la durée totale de l'enregistrement d'une session. Les

productions concernées par cette extraction sont celles qui correspondent aux critères du babillage. Les cris, les pleurs, les rires et les autres manifestations émotives de l'enfant ont donc été exclus de ces nouveaux fichiers (cf. Locke, 1992). Ces productions sont ensuite enregistrées dans de nouveaux fichiers sons spécifiques. Le fichier obtenu contient alors toutes les productions de l'enfant séparées par un silence de deux secondes. Il n'est pas rare qu'une session de quarante-cinq minutes soit réduite à un fichier audio de moins de cinq minutes pour les sessions correspondant au début du babillage (cf. Tableau II-7 ci-dessus). Elles arrivent généralement à une durée de quinze à vingt minutes pour les sessions correspondant aux premiers mots.

Les sessions 1 à 5 sont composées d'un fichier par production du sujet. Pour les sessions 6 à 18, toutes les productions du sujet pour une seule session sont regroupées dans un même fichier. Chacun des fichiers a pour nom d'enregistrement, le prénom de l'enfant et le numéro de l'enregistrement. Par exemple, le fichier contenant toutes les productions de la sixième session de l'enfant Georges sera enregistré sous la forme : georges6.wav.

II.2. Principes et outils pour le codage

II.2.1. Les principes de codage

Pour coder nos données, nous avons choisi de nous baser sur une description articulatoire permettant des analyses quantitatives. L'approche proposée par Koopmans van Beinum & Van der Stelt (1986) a pour intérêt d'être particulièrement détaillée quant à l'émergence des capacités articulatoires nécessaires à la parole chez l'enfant, et nous permet de corréler capacités articulatoires et contrôles moteurs.

Nous avons donc choisi d'utiliser pour le codage de notre corpus les principes de transcription proposés par AMSTIVOC (AMsterdam System for Transcription of Infant VOCalizations) de Koopmans van Beinum & Van der Stelt (1999) de l'Institut des Sciences Phonétiques de l'Université d'Amsterdam. AMSTIVOC propose de décrire articulatoirement les productions émises par les enfants plutôt que de simplement les transcrire. Avec ce système, la notion d'occurrence (« *utterance* ») est définie et délimitée par le cycle respiratoire. Nous noterons ici que nous utiliserons le terme de *production vocales* ou *production* pour *occurrence* ou

utterance. Chaque production est alors décrite en accord avec les caractéristiques articulatoires et phonatoires du petit humain. Par exemple, les caractéristiques vont inclure, pour chaque production, son intonation, son type de phonation, le lieu et le mode articulatoires ou encore le type de vocant (voyelle). Dans ce cadre, les traits articulatoires et phonatoires peuvent être décrits indépendamment les uns des autres. C'est pourquoi ce système paraît très adapté au codage du babillage car il permet d'être précis sur les types d'articulation ou de phonation sans pour autant faire correspondre les données du babillage aux sons adultes en utilisant une transcription phonétique de type API (Alphabet Phonétique International). Nous pouvons noter ici que nous emploierons les termes de vocant et closant pour désigner les productions vocaliques et consonantiques du corpus. En effet, les enfants émettant des productions ressemblantes mais pas encore volontairement contrôlées comme des phonèmes de la langue adulte, nous préférons employer des termes spécifiques au développement de la parole afin d'éviter toute confusion avec des données adultes ou le sous-entendu d'une production respectant parfaitement les règles de la langue adulte.

Pour essayer de comprendre le développement de la parole chez l'enfant, Koopmans van Beinum & Van der Stelt (Koopmans van Beinum & Van der Stelt, 1986) ont décidé de baser leurs descriptions sur la phonation des enfants, et sur les mouvements articulatoires qu'ils produisent. Les auteurs considèrent ces mouvements articulatoires comme faisant partie du développement global de l'enfant et les relient à des mécanismes de production de parole. Après avoir obtenu les résultats d'une étude "pilote" dans laquelle dix sujets devaient départager les productions émotives des productions de parole à partir de sons produits par des enfants, ils se sont aperçus que les sujets distinguaient les sons de parole des autres sons à partir du cycle respiratoire. Ils ont donc décidé d'utiliser le cycle respiratoire comme unité de segmentation.

A partir de cette classification (cf. Tableau II-8), Koopmans van Beinum & Van der Stelt ont établi un système de transcription basé sur un modèle source-filtre. L'unité de segmentation est le cycle respiratoire (cf. Chap. I, I.1.3.2). Les poumons et le larynx sont considérés comme la source de phonation et les mouvements articulatoires du conduit vocal sont considérés comme le filtre. La combinaison de la phonation continue ou interrompue et des mouvements articulatoires produit des effets syllabiques.

UNITE DE SEGMENTATION : <i>CYCLE RESPIRATOIRE</i> :
- cris
- sons du babillage
SOURCE : POUMONS + LARYNX : <i>PHONATION</i> :
- continue
- interrompue
FILTRE : CONDUIT VOCAL : <i>ARTICULATION</i> :
- mouvements

Tableau II-8 : (d'après Koopmans van Beinum & Van der Stelt, 1986) Eléments de transcription basée sur un modèle source-filtre de production de parole pour des productions sonores d'enfants.

Tout ce qui ne relève pas du cri ou du son végétatif est analysé comme une sorte de phonation ou d'articulation. Les différents types de phonation sont répartis en laryngalisation, voix craquée, phonation courte, phonation prolongée, intonation stable, intonation descendante, intonation montante, combinaison d'intonation descendante et intonation montante, coup de glotte, aspiration, phonation vigoureuse et séries de phonations durant l'expiration. Les types d'articulation sont regroupés selon que le mouvement provient du pharynx, du voile du palais, de l'arrière, du milieu ou du bout de la langue, de la luvette, de la mandibule ou bien des lèvres.

II.2.2. Les outils de codage

Nous allons présenter dans cette partie les différents outils que nous avons utilisés afin de coder notre corpus.

II.2.2.1. CHILDES

CHILDES (The CHild Language Data Exchange System : Système d'échange de données sur le langage de l'enfant) a été conçu par Brian McWhinney (2000a, b), professeur de psychologie à l'Université de Carnegie Mellon (Pittsburgh, Pennsylvania, USA).

Le système CHILDES se compose de plusieurs outils qui permettent d'étudier les interactions conversationnelles qui sont pour la majeure partie développementales. Ces outils sont les suivants :

- CHAT : Codes for the Human Analysis of Transcripts (Codes pour l'analyse humaine des transcriptions) : outils de codage pour l'analyse de transcription.

- CLAN : Computerized Language ANalysis (Analyse informatique du langage) : outil qui permet de faire différentes analyses sur les transcriptions. (cf. II.2.2.2).
- Database : banque de données transcrites. Les transcriptions peuvent provenir de diverses situations de communication : parole libre, interactions verbales libres avec un ou plusieurs locuteurs, interactions verbales guidées, lecture à voix haute, etc.
- (+ Chibib) : banque de données bibliographiques concernant l'acquisition du langage.

L'idée du projet CHILDES est de permettre de partager des données transcrites et de les mettre à la disposition de tous ceux qui s'y intéressent.

Toutes les informations sur CHILDES et CLAN sont disponibles sur le site Internet de CHILDES.

II.2.2.2. CLAN

Les programmes CLAN (Computerized Language ANalysis : analyse informatique du langage) sont construits spécifiquement pour analyser des données transcrites dans le format de CHILDES. Ces programmes ont été écrits par Leonid Spektor à l'université de Canergie Mellon (Pittsburgh, Pennsylvania, USA) et permettent d'effectuer de nombreuses analyses automatiques sur un ou plusieurs fichiers.

CLAN comporte un traitement de texte (editor) spécialement conçu pour travailler sur des fichiers codés en CHAT dans lequel de nombreuses procédures de transcription et de codage sont automatisées. Ce traitement de texte peut fonctionner selon plusieurs modes adaptés à différentes fonctions (CHAT mode pour la transcription, coder mode pour le codage, sonic mode pour le son, video mode pour relier des transcriptions à des fichiers audio ou video numérisés, etc.).

Parmi les différents modes et les différentes commandes de CLAN, nous avons utilisé :

- Le mode CHAT pour transcrire nos fichiers (cf. critères de codage ci-dessous.)
- Le mode SONIC pour relier les fichiers sons au codage.

La méthode de codage adoptée est celle que Stefanie BROSDA (1999) avait utilisée auparavant, c'est-à-dire une méthode de codage qui s'effectue à partir du logiciel CLAN de l'environnement CHILDES (MacWhinney, 2000a, b).

L'intérêt d'utiliser un système de codage et de représentations déjà éprouvé est de pouvoir mettre notre base de données à la disposition de chercheurs en développement de la parole sur le site de CHILDES.

Pour analyser les sons, nous avons utilisé le logiciel **PRAAT : doing phonetics by computer**, un logiciel de phonétique qui a été conçu par Paul Boersma et David Weenink de l'Institut des Sciences Phonétiques à l'université d'Amsterdam (Boersma & Weenink, 1996). Cet outil nous a permis d'analyser les spectres acoustiques afin de transcrire au plus juste les productions de l'enfant ainsi que de rédiger des scripts pour obtenir de manière automatique les valeurs mesurées avec ce même logiciel pour le VOT ou les durées de syllabes. Nous avons aussi choisi ce logiciel car il y avait possibilité de transmettre le son à transcrire de CLAN à PRAAT et de pouvoir s'aider du spectrogramme pour désambiguïser un son et pour effectuer des mesures formantiques sur les voyelles ou encore des mesures de VOT.

II.2.3. Description articulatoire à l'aide d'un codage CHAT dans l'environnement CLAN

Le mode de codage a été élaboré par Stefanie Brosda en utilisant le système AMSTIVOC de Koopmans von Beinum & al. et en adaptant le modèle CLAN aux produits du babillage. Nous avons à notre tour ajouté à ce mode de codage quelques critères manquants.

Ce codage très détaillé permet d'obtenir de nombreuses informations contenues dans le corpus et les productions. Les fichiers de codage se présentent toujours sous la même forme, c'est-à-dire sous forme de fichier texte qui décrit chaque production une par une pour une session donnée (cf. Figure II-14 ci-dessous). Nous pouvons distinguer deux niveaux dans le codage. Un premier niveau qui permet de donner des informations globales et synthétisées sur les productions et un second niveau qui permet de fournir des informations détaillées et précises sur les closants et vocants et donc sur les articulateurs.

```

@Participants: CHI Celia Target_Child
@Age of CHI: 0;9.24
@Birth of CHI: 12-MAR-1999
@Sex of CHI: Female
@ID: celia6
@g: 01 ▪
*CHI: 0.
%cod: $run:1 $jwa:1 $sjw: $pty:int+ $pco:cv $nco:1
      $p:cor $m:stop $v:u $cc: $vo:5 $vc: $ev:pa $tcv:c
      $ncv:1 $uty:
@g: 02 ▪
*CHI: 0.
%cod: $run:3 $jwa:2 $sjw: $pty:int $pco:vcvcc $nco:3
      $p: $m: $v: $cc: $vo:8 $vc: $ev: $tcv:
      $p:pal $m:gli $v:v $cc: $vo:7 $vc:ho $ev: $tcv:p
      $p:vel $m:stop $v:u $cc:ma $vo: $vc: $ev: $tcv:
      $p:vel $m:fric $v:u $cc: $vo: $vc: $ev: $tcv:
      $ncv:1 $uty:
@g: 03 ▪
*CHI: 0.
%cod: $run:1 $jwa:1 $sjw: $pty:un $pco:cv $nco:1
      $p:vel $m:stop $ec:gl $ec:pr $v:v $cc: $vo:9 $vc: $ev:pa $tcv:v
      $ncv:1 $uty:
@g: 04 ▪
*CHI: 0.
%cod: $run:2 $jwa:1 $sjw: $pty:int+- $pco:ccvc $nco:3
      $p:vel $m:stop $v:u $cc: $vo: $vc: $ev: $tcv:
      $p:vel $m:fric $v:v $cc: $vo:5 $vc: $ev: $tcv:v
      $p:vel $m:fric $v:v $cc:id $vo: $vc: $ev: $tcv:
      $ncv:1 $uty:

```

Figure II-14 : Illustration de la transcription effectuée et des critères utilisés.

Le contenu de ce fichier va être décrit étape par étape dans les sections suivantes et la liste complète des critères de codages est disponible en annexe (cf. ANNEXE II).

II.2.3.1. Données générales sur le sujet

Tout codage commence par les informations concernant le participant : le nom, l'âge exact en mois et jours au moment de l'enregistrement, la date de naissance et le sexe du sujet. Il y aussi le numéro de session d'enregistrement pour ce sujet (cf. Figure II-15 ci-dessous).


```
@Participants: CHI Celia Target_Child
@Age of CHI: 0;9.24
@Birth of CHI: 12-MAR-1999
@Sex of CHI: Female
@ID: celia6
```

Figure II-15 : Illustrations des informations concernant le sujet, présentes au début de chaque session.

II.2.3.2. Description de la structure (proto-) syllabique et phonatoire

Chaque production codée se présente sous la forme suivante (cf. Figure II-16) :

```
@g: 06 |
*CHI: 0.
%cod: $run:4 $jwa:4 $sjw: $pty:no $pco:cvcvcvcv $nco:4
      $p:pal $m:fric $v:u $cc: $vo:4 $vc: $ev:de $tcv:p
      $p:vel $m:stop $v:u $cc:ma $vo:4 $vc:id $ev:de $tcv:v
      $p:vel $m:stop $v:u $cc:id $vo:10 $vc:ve $ev:de $tcv:v
      $p:vel $m:stop $v:u $cc:id $vo:8 $vc:di $ev:de $tcv:v
      $ncv:4 $uty:varV
```

Figure II-16 : Illustration du code de transcription en surligné.

@g: correspond au numéro de la production.

***CHI :** est une ligne de code indispensable pour les traitements automatiques qui a toujours la valeur "0".

%cod : indique le début de la description de la production décrite.

Ce type de codage permet d'obtenir des informations synthétisées sur les caractéristiques globales de la production. Ces informations se retrouvent toujours au même endroit dans le fichier de codage (cf. Figure II-17) :

```
@g: 06 |
*CHI: 0.
%cod: $run:4 $jwa:4 $sjw: $pty:no $pco:cvcvcvcv $nco:4
      $p:pal $m:fric $v:u $cc: $vo:4 $vc: $ev:de $tcv:p
      $p:vel $m:stop $v:u $cc:ma $vo:4 $vc:id $ev:de $tcv:v
      $p:vel $m:stop $v:u $cc:id $vo:10 $vc:ve $ev:de $tcv:v
      $p:vel $m:stop $v:u $cc:id $vo:8 $vc:di $ev:de $tcv:v
      $ncv:4 $uty:varV
```

Figure II-17 : Illustration des critères permettant d'obtenir les informations synthétisées sur une production en surligné.

Ces informations indiquent :

Le nombre d'unités rythmiques :

\$run (rhythmic unities) : le nombre d'unités rythmiques de la production, unités rythmiques qui peuvent correspondre à une alternance d'ouverture/fermeture du conduit vocal telles que les proto-syllabes, mais qui peuvent aussi consister en un effet phonatoire (ex : une série de 3 vocalisations interrompues par un coup de glotte sera décrite comme une suite de 3 unités rythmiques).

Dans l'exemple ci-dessus, il y a 4 unités rythmiques.

Le nombre d'oscillations mandibulaires visibles et sonores :

\$jwa (jaw wags) : total du nombre d'oscillations de la mandibule visibles (alternance d'ouvertures/fermetures de la mandibule) observées pour chaque production (ce nombre prend en compte le nombre d'oscillations mandibulaires sans phonation : les *silent jaw wags*). Le nombre d'oscillations mandibulaires diffèrera souvent du nombre d'unités rythmiques pour les raisons suivantes : une unité rythmique n'implique pas forcément une oscillation mandibulaire, mais peut être déterminée par des coups de glotte. Une suite VCV, VCVCV, VCVCVCV n'implique pas d'oscillation mandibulaire pour la première vocalisation la plupart du temps ; souvent, la bouche est déjà ouverte quand la phonation commence et la première vocalisation se fait par défaut. Parfois, une suite CV d'une production multisyllabique est de si petite amplitude d'ouverture qu'un mouvement de la mandibule n'est pas repérable à l'œil nu or les oscillations mandibulaires notées sont celles visibles. Les oscillations mandibulaires ne peuvent naturellement pas être reportées lorsque l'enfant bouge et qu'on ne voit pas son visage lors des productions.

Dans l'exemple ci-dessus, il y a 4 oscillations mandibulaires visibles.

Le nombre d'oscillations mandibulaires visibles silencieuses :

\$sjw (silent jaw wags) : le nombre d'oscillations mandibulaires visibles produites sans phonation.

Ex : 0, 1, 2, etc.

Dans l'exemple ci-dessus, il n'y a pas d'oscillation mandibulaire visible sans phonation.

Le type de phonation :

\$pty : les types de phonations retrouvés à l'intérieur des productions.

Ex : no (pas de phonation), int (phonation interrompue), cont (phonation continue), (etc). La notation avec les symboles + et/ou – indique par le + qu'il y a phonation et par le moins qu'il n'y en a pas. Par exemple, une production avec une phonation de type *int* +-+ sera produite avec une phonation présente, puis interrompue, puis de nouveau présente. Une séquence de type VCsourceV peut présenter ce type de phonation.

Dans l'exemple ci-dessus, le « no » indique qu'il n'y a pas de type de phonation particulier tel qu'ingressif ou égressif à l'intérieur des productions.

La position des closants dans la production :

\$pco : la position des constriction/occlusions à l'intérieur de la production.

Dans l'exemple ci-dessus, la position des constriction/occlusions est de type CVCVCVCV.

Le nombre de closants dans la production :

\$nco : le nombre de constriction/occlusions à l'intérieur d'une production.

Dans l'exemple ci-dessus, il y en a 4 : CVCVCVCV.

La dernière ligne de description des productions donne plutôt des informations inter-syllabiques :

Le nombre de suites closant/vocant dans la production :

\$ncv : permet de savoir le nombre d'unités CV de la production.

Dans l'exemple ci-dessus, il y en a 4 : CV-CV-CV-CV

Le type de productions redupliquées ou variées :

\$uty : donne le type de productions en terme de reduplication et de variabilité.

Dans l'exemple ci-dessus, la production est de type variée au niveau des vocants seulement.

Ces types sont déterminés en fonction des critères de Smith, Brown-Sweeney & Stoel-Gammon (1989) :

D'après des données quantitatives de dix enfants de 6 à 18 mois suivis à des intervalles de quatre mois, une étude a été faite par Smith, Brown-Sweeney & Stoel-Gammon (1989) sur le babillage redupliqué et varié.

Ils ont étudié les productions qui avaient au minimum deux syllabes (CVCV ou VCVC). Il fallait que les différences entre les vocants ou les closants soient suffisamment importantes à l'intérieur d'une même production multisyllabique pour que la production soit considérée comme variée. Les vocants qui ne changeaient que d'un quadrant (cf. explication partie II.1.3 plus loin d'une syllabe à l'autre n'étaient pas considérés comme différents et donc comme variés. En ce qui concerne les closants, seuls les changements de lieux d'une syllabe à l'autre étaient considérés comme différents et donc comme variés. Le changement de mode pouvant provenir d'une différence de durée d'articulation (Osberger & McGarr, 1982) ou de degré de constriction (Trost & Canter, 1974), celui-ci n'a pas été retenu comme critère pour le babillage varié. Les différences de voisement entre les closants n'ont pas été retenues non plus. Les constriction glottales et pharyngales n'étaient pas considérées comme redupliquées.

Si Smith, Brown-Sweeney & Stoel-Gammon n'ont retenu que le changement du lieu d'articulation des closants pour considérer qu'une production multisyllabique était variée, c'est pour les raisons suivantes : les données de la littérature sur l'aphasie et le développement phonologique suggèreraient que les contrastes de lieux d'articulation représentent un ensemble plus difficile à contrôler que les modes. Ainsi, Locke (1983) montre que les fréquents parallèles entre ces données et les vocalisations non volontaires fourniraient des informations utiles concernant le développement du contrôle moteur de la parole.

II.2.3.3. description des closants et vocants trait par trait

Après ces lignes consacrées aux descriptions globales des productions, vient un nombre variable de lignes qui correspondent chacune à une unité rythmique. Ces lignes permettent de décrire très précisément les vocants et closants.

```

@g:      06 |
*CHI:    0.
%cod:    $run:4  $jwa:4  $sjw:  $pty:no  $pco:cvcvcvcv  $nco:4
          $p:pal  $m:fric  $v:u  $cc:  $vo:4  $vc:  $ev:de  $tcv:p
          $p:vel  $m:stop  $v:u  $cc:na  $vo:4  $vc:id  $ev:de  $tcv:v
          $p:vel  $m:stop  $v:u  $cc:id  $vo:10  $vc:ve  $ev:de  $tcv:v
          $p:vel  $m:stop  $v:u  $cc:id  $vo:8  $vc:di  $ev:de  $tcv:v
          $ncv:4  $uty:varV
    
```

Figure II-18 : Illustration des critères permettant de décrire précisément les closants en surligné.

Les lignes vont comprendre les critères de description suivants pour décrire les closants (cf. Figure II-18 ci-dessus) :

Le lieu d’articulation du closant :

\$p : indique le lieu de l’articulation.

Dans l’exemple ci-dessus « pal » signifie que le lieu du closant est palatal et « vel » qu’il est vélaire.

Le mode d’articulation du closant :

\$m : donne le mode de constriction.

Dans l’exemple ci-dessus, « fric » signifie que le mode du closant est fricatif et « stop » que le closant est occlusif ou plosif.

Le type de voisement :

\$v : permet de donner le voisement.

Dans l’exemple ci-dessus il sera « u » c’est-à-dire *unvoiced* ou non-voisé.

La qualité consonantique supplémentaire de la constriction :

\$ec : donne la qualité consonantique supplémentaire (*extra consonant quality*) pour une constriction.

Dans l’exemple ci-dessus il n’y a pas de qualité consonantique supplémentaire ou dimension secondaire de l’articulation, mais un exemple peut être « pré-nasalisé ».

Le type de changement de closion :

\$cc : indique le type de changement de constriction du closant d’une unité rythmique à l’unité rythmique suivante (s’il y a au moins une voyelle entre les deux closants).

Si le lieu aussi bien que le mode changent, le changement de lieu est noté (pl) et le changement de mode est noté (ma).

S'il y a un changement de lieu interne au groupe labial, de labial à labiodental, par exemple, on ne le notera pas comme un changement car ces lieux sont trop proches les uns des autres pour considérer le changement comme significatif (uniquement pour les articulations des bébés) et de même pour les autres groupes de lieux d'articulation.

Dans la première syllabe d'une production multi-syllabique, nous ne noterons pas de changement de closant car les changements d'un closant à l'autre ne sont notés que dans la syllabe suivante. Le lieu du closant de la seconde syllabe sera alors soit identique (id) à celui du closant de la première syllabe, soit différent au niveau du lieu (pl) ou du mode (ma). Si la production contient deux syllabes alors le changement d'un closant à l'autre sera noté seulement dans la seconde syllabe. Si la production contient plusieurs syllabes alors le changement d'un closant à l'autre sera toujours noté dans la syllabe suivante.

Dans l'exemple ci-dessus, quand on a « ma » cela signifie que le changement entre le premier closant et le second closant est un changement de mode. Lorsque on a « id » cela signifie qu'il n'y a pas de changement entre le closant de la deuxième syllabe et celui de la troisième syllabe, et entre celui de la troisième syllabe et de la quatrième et dernière syllabe.

Le lieu d'articulation global de la production :

\$tcv : indique le lieu global de la production. Il correspond au lieu du closant.

Dans l'exemple ci-dessus, quand on a « p » cela signifie que le lieu global de la production est palatal et « v » que le lieu global est vélaire.

Pour décrire les vocants, les lignes comprennent les critères de description suivants (cf. Figure II-19) :

```

@g:      06 |
*CHI:    0.
%cod:    $run:4  $jwa:4  $sjw:   $pty:no  $pco:cvcvcvcv  $nco:4
          $p:pal  $m:fric  $v:u  $cc:  $vo:4  $vc:  $ev:de  $tcv:p
          $p:vel  $m:stop  $v:u  $cc:ma  $vo:4  $vc:id  $ev:de  $tcv:v
          $p:vel  $m:stop  $v:u  $cc:id  $vo:10  $vc:ve  $ev:de  $tcv:v
          $p:vel  $m:stop  $v:u  $cc:id  $vo:8  $vc:di  $ev:de  $tcv:v
          $ncv:4  $uty:varV
    
```

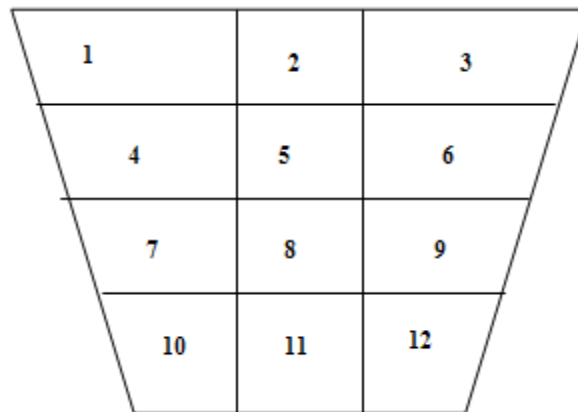
Figure II-19 : Illustration des critères permettant de décrire précisément les vocants en surligné.

Le type de vocant :

\$vo : indique le type de vocant.

Les vocants sont situés dans un espace vocalique à deux dimensions défini par les degrés d'aperture et les lieux d'articulation antérieur-postérieur, et désignés par des numéros (cf. Figure II-20 ci-dessous). Cette classification des vocants en quadrants ne correspond pas à une catégorisation perceptive mais à des groupements de valeurs formantiques F1 et F2 guidés par le modèle articulatoire *Growth* (Boë & Maeda, 1998) (cf. partie II.2.4. ci-dessous). Dans l'exemple ci-dessus, les vocants correspondent aux quadrants 4, 8 et 10 donc à deux vocants moyen-fermés avant, un vocant moyen-ouvert avant et un vocant moyen-ouvert central dont les valeurs formantiques se situaient respectivement autour de F1 = 740 Hz / F2 = 3516 Hz, F1 = 950 Hz / F2 = 2596 Hz, F1 = 1532 Hz / F2 = 3527 Hz .

- 1 vocant fermé avant
- 2 vocant fermé central
- 3 vocant fermé arrière
- 4 vocant moyen-fermé avant
- 5 vocant moyen-fermé central
- 6 vocant moyen-fermé arrière
- 7 vocant moyen-ouvert avant
- 8 vocant moyen-ouvert central
- 9 vocant moyen-ouvert arrière
- 10 vocant ouvert avant
- 11 vocant ouvert central
- 12 vocant ouvert arrière



VOCANTS	F1 en Hz	F2 en Hz	F3 en Hz
1	488	3428	5288
2	467	2358	5042
3	506	1721	4790
4	740	3516	5406
5	822	2410	5168
6	774	1792	4121
7	981	3322	5496
8	950	2593	5385
9	1042	1989	5187
10	1532	3527	4227
11	1595	2884	4221
12	1422	2282	4107

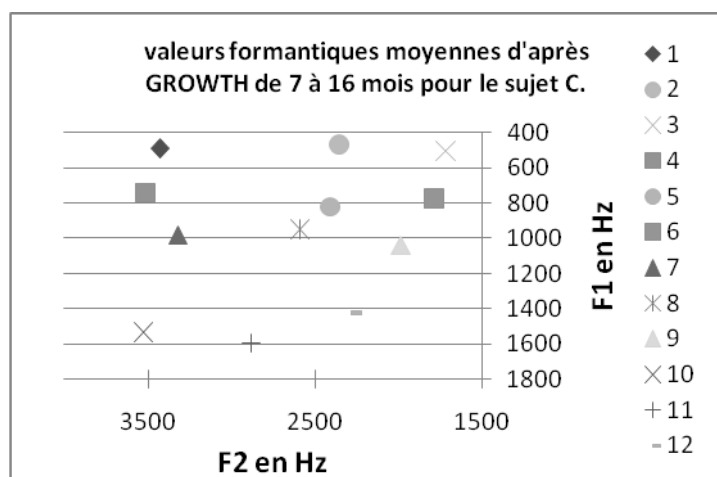


Figure II-20 : Triangle vocalique en quadrants pour l'enfant, équivalents articulatoires et valeurs formantiques pour chaque étiquette.

Le type du vocant en deuxième, troisième, etc. position :

\$v2, \$v3 : donnent la qualité du second ou du troisième vocant dans le cas où la qualité de la vocalisation change comme pour une diphtongue ou une triphongue.

Dans l'exemple ci-dessus, il n'y a pas de diphtongue ou triphongue.

Le type de changement d'un vocant à l'autre :

\$vc : tout comme pour les closants, « **\$vc** : » indique le type de changement de lieu du vocant d'une unité rythmique à l'unité rythmique suivante (s'il y a au moins un closant entre les deux vocants).

Les changements peuvent se faire de manière horizontale (axe antérieur/postérieur de l'espace vocalique), verticale (axe de l'aperture de l'espace vocalique) ou diagonale (axes antéro-postérieurs et d'aperture combinés de l'espace vocalique).

Dans la première syllabe d'une production multi-syllabique, nous ne noterons pas de changement de vocant car les changements d'un vocant à l'autre ne sont notés que dans la syllabe suivante. Le lieu du vocant de la seconde syllabe sera alors soit identique (id) à celui du vocant précédant de la première syllabe, soit différent dans le sens horizontal (ho), soit dans le sens vertical (ve) soit dans le sens diagonal (di). Si la production contient deux syllabes alors le changement d'un vocant à l'autre sera noté seulement dans la seconde syllabe. Si la production contient plusieurs syllabes alors le changement d'un vocant à l'autre sera toujours noté dans la syllabe suivante.

Dans l'exemple ci-dessus, « id » signifie qu'il n'y a pas de changement de vocant entre le premier vocant et le second vocant, « ve » signifie qu'il y a un changement dans le sens vertical entre le second et le troisième vocant et « di » signifie un changement diagonal par rapport aux quadrants du troisième vocant et du quatrième vocant.

Le type de changement de lieu d'articulation d'un vocant à l'autre :

\$vcd et **\$vct** : donnent le type de changement de lieu entre le premier et le second vocant d'une diphtongue, et entre le second et le troisième vocant d'une triphongue.

La qualité extra vocalique du vocant :

\$ev : indique les qualités vocaliques supplémentaires (*extra vocalic quality*) des vocants. Ces qualités peuvent être : aspirée, creaky, dévoisée, nasalisée, etc.

Dans l'exemple ci-dessus, « de » signifie que la qualité extra-vocalique des vocants de la production est dévoisée.

Dans le cas d'une production ingressive, le code sera précédé par un 'i'. Comme par exemple « i7 » pour un vocant de type 7 ingressif.

Les qualités extra-vocaliques pour la seconde partie de la diphtongue ou pour la troisième partie de la triphongue seront notées respectivement après **\$ed** et **\$et**.

II.2.3.4. description de nos ajouts

Au cours du codage des données, les critères définis ci-dessous nous sont apparus manquants et pourtant importants à noter, c'est pourquoi nous les avons ajoutés.

Pour le type de phonation (\$pty) :

com++ phonation avec changements d'intensité ou de fréquence fondamentale,
 suivie et précédée d'une articulation silencieuse

Pour le type de qualité consonantique supplémentaire (\$ec) :

-lg longue
-nao pré-nasalisée
-pr relâchement palatal
-gl glottal

Pour le type de lieu d'articulation global de la production (\$tcv) :

-uv syllabe uvulaire

II.2.4. Procédure de codage

Une fois les fichiers préparés, nous avons codé les productions qu'ils contenaient. Pour cela, nous avons dû ouvrir un fichier CLAN en mode sonic, puis nous avons couplé CLAN à PRAAT, pour pouvoir désambiguïser les productions à l'aide du spectrogramme. Pour relier chaque codage au son qui lui correspond, nous avons inséré avec la commande *insert bullet*,

une puce qui permet de relier le son qui correspond au codage. Si l'option *play bullet* est choisie, il est possible d'écouter ce son.

La difficulté majeure qui se présente lorsqu'on transcrit des données du babillage, réside dans le fait que les productions ne sont pas facilement identifiables car elles ne sont évidemment pas contrôlées comme des phonèmes de type adulte. Pour essayer de transcrire les productions de la manière la plus correcte possible, nous avons donc travaillé à deux codeurs, dont l'auteur de ce travail. Nous avons fait deux écoutes et deux transcriptions successives pour aboutir à une seule transcription par fichier. Nous avons utilisé à la fois la bande son et la vidéo, ainsi que le spectrogramme pour vérifier et désambiguïser les productions qui posaient problème.

Dans PRAAT nous avons choisi d'afficher le spectre acoustique, les formants, la courbe de F0 (la fréquence fondamentale) et la courbe d'intensité.

Pour pouvoir repérer quelles étaient les voyelles présentes dans le babillage de notre sujet et définir ainsi son triangle vocalique, nous nous sommes référés au modèle *Growth* (Boë & Maeda, 1998). Ce modèle est une interface Matlab élaborée à partir du modèle de croissance *VLAM*, Variable Linear Articulatory Model. *VLAM* est un modèle articulatoire développé à partir d'un modèle existant pour l'homme adulte, conçu par Maeda (1990). Ce modèle a été intégré dans un programme interactif qui était exploité à l'ICP : le *SMIP* (Speech Maps Interactive Plant), qui permet de visualiser les relations articulatoire-acoustiques. Les paramètres de contrôle de *VLAM* sont directement issus du modèle articulatoire conçu pour l'adulte (Maeda 1990), basé sur l'analyse de 519 images cinéradiographiques sagittales du conduit vocal d'un locuteur. Des coordonnées x et y de l'intersection du contour sagittal (intérieur et extérieur) et de chaque segment de la grille ont été déterminées par la superposition d'une grille semi-polaire (cf. Figure II-21 ci-dessous).

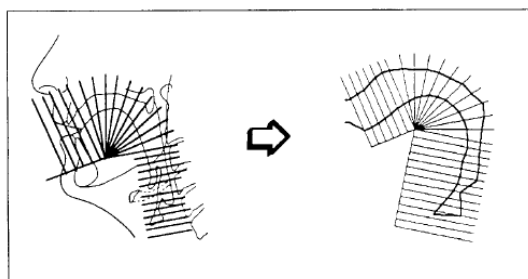


Figure II-21 : représentation d'un tracé de contour sagittal à partir de la grille semi-polaire.

D'après cette grille, les différentes configurations articulatoires résultent de sept paramètres de contrôle des articulateurs labiaux (protrusion des lèvres et hauteur des lèvres), mandibulaires (hauteur de la mâchoire), linguaux (position antéro-postérieure du corps de la langue, position haut-bas du dos de la langue, position haut-bas de l'apex) et laryngaux (hauteur du larynx).

Growth (cf. Figure II-22 ci-dessous) est un modèle de croissance du conduit vocal adapté à des simulations systématiques et une exploitation phonétique du modèle *VLAM*. L'interface *Growth* permet de connaître, pour un âge demandé entre 0 et 21 ans, la taille du conduit vocal et l'espace vocalique maximal (EVM), c'est-à-dire les voyelles pouvant être produites articulatoirement et leurs valeurs formantiques correspondant à la taille du conduit vocal pour un âge donné. Avant de commencer la transcription des voyelles de notre sujet, nous avons donc simulé avec *Growth* l'espace vocalique maximal soit l'ensemble des possibilités de productions vocaliques pour un conduit vocal entre 7 et 16 mois. Tout au long de la transcription nous avons vérifié les valeurs de formants avec *Growth*.

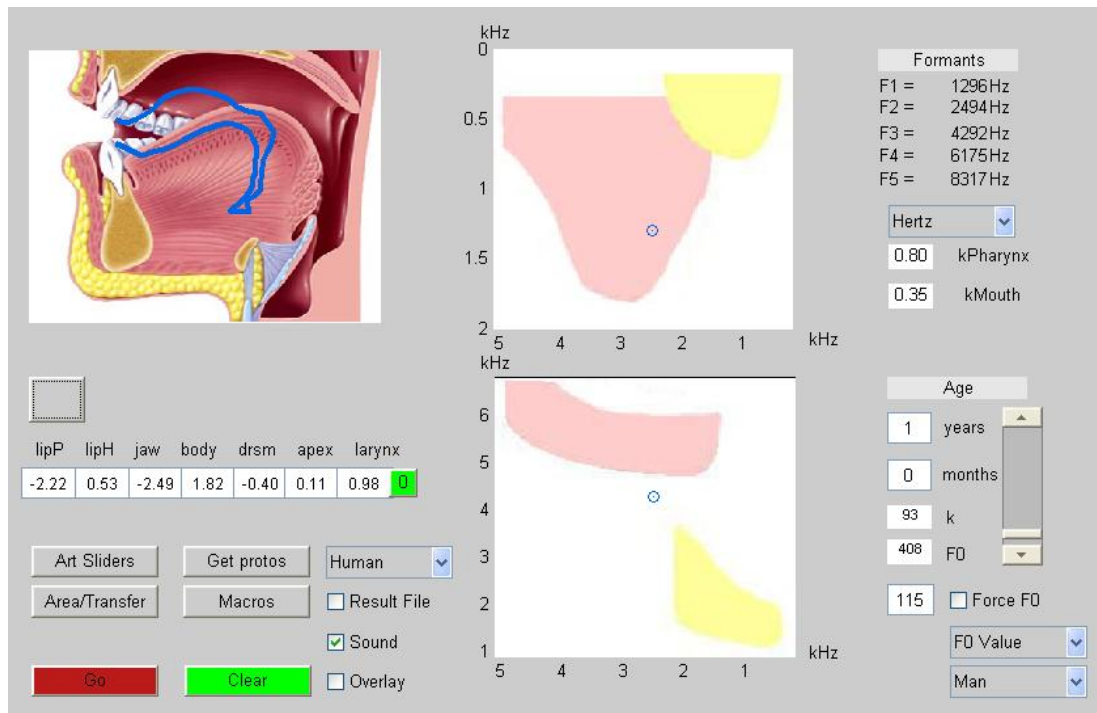


Figure II-22 : interface du modèle GROWTH présentant la production d'un [a] pour un conduit vocal de 1 an. On voit apparaître, dans la colonne de droite, l'espace maximum, dans le plan F1-F2 (en haut) et F2-F3 (en bas) respectivement pour un adulte mâle (en orange) et pour un enfant d'un âge donné (en jaune ; ici, pour un âge de 1 an). Dans la colonne de gauche est affiché en bleu le conduit vocal pour l'âge correspondant, comparé à un conduit vocal adulte.

II.2.5. Les problèmes de codage

Nous avons rencontré quelques problèmes lors du codage. En effet, il est difficile de catégoriser certains sons car le manque de contrôle des articulateurs les rend parfois peu précis et difficilement discriminables.

Nous avons donc travaillé avec le spectrogramme pour reconnaître certaines productions, mais nous avons surtout utilisé la vidéo car nous ne percevions pas forcément la même consonne lorsque nous écoutions la bande son seule et lorsque nous écoutions et que nous visionnions, avec la vidéo, l'enfant produire la séquence. Un exemple : il nous est arrivé à plusieurs reprises de percevoir auditivement une coronale alors que, d'après la vidéo, l'enfant produisait une bilabiale.

Nous avons toujours effectué deux codages successifs pour un même fichier de productions. En effet, ceci était nécessaire, car il nous est arrivé à plusieurs reprises, avec l'autre codeur, de ne pas percevoir la même consonne. Les lieux d'occlusions, en particulier, posent des problèmes de codage. L'un des transcripteurs percevait souvent des consonnes coronales alors que l'autre percevait des vélaires. Nous regardions systématiquement la vidéo pour pouvoir trancher.

Ces différents problèmes ont disparu au cours du codage, et nous attribuons cette disparition d'une part au fait que les transcripteurs se sont aguerris aux productions du babillage, et d'autre part à l'acquisition, chez l'enfant, d'une plus grande précision au niveau du contrôle de ses articulateurs, plutôt qu'à une habitude des transcripteurs. En effet, nous avons commencé le codage par les dernières sessions (à 16 mois) afin que les productions soient plus aisément reconnaissables.

Maintenant que nous avons vu au cours des deux chapitres précédents quel était notre cadre théorique et méthodologique, en quoi notre approche est à la fois originale et spécifique, et quels sont les choix qui sous-tendent cette étude, nous allons aborder les questions théoriques précises qui nous ont guidées.

Chapitre III

Structure phonétique du babillage et contrôle spatial des articulateurs supra- glottiques

Nous avons vu dans le chapitre I. (cf. chapitre I, partie I.2.) que la période du babillage est très souvent décrite par le biais d'inventaires phonétiques dans la littérature. L'objectif de ce chapitre est donc tout d'abord de donner la structure phonétique des données du babillage que nous avons recueillies pour notre sujet C. et de les comparer aux données de la littérature.

Nous avons aussi soumis nos données aux principes de la *dominance des cadres* proposée par Davis & MacNeilage (1995) : cette hypothèse met en avant le rôle prépondérant de la mandibule, et le faible rôle de la langue et des lèvres dans les productions vocales du babillage. Nous confrontons donc nos données aux postulats de cette hypothèse ce qui nous permettra de proposer un scénario développemental pour le contrôle des articulateurs supra-glottiques.

Ce chapitre, par le biais de la diversité et du grand nombre de données obtenues, nous permet de souligner ici l'intérêt de notre étude mono-sujet à la fois multidimensionnelle et globale, qui permet d'avoir une connaissance très complète du babillage de ce sujet.

III.1. Structure de l'inventaire phonétique du babillage pour le sujet C

Les études qui se sont plus particulièrement penchées sur la structure phonétique du babillage ont observé quels étaient les modes et lieux d'articulation des consonnes les plus fréquents dans le babillage, ainsi que le type de structure en terme de babillage redupliqué ou varié. Nous avons donc examiné ces différents points dans nos données.

III.1.1. Les lieux d'articulation les plus fréquents pour les consonnes du babillage

Locke (1983) a résumé les données de trois études sur les productions linguistiques d'enfants de 11 à 12 mois (Irwin, 1947 - soixante-deux enfants, Fisichelli, 1950 - vingt enfants, Pierce & Anna, 1974 - quarante-neuf enfants). Ces études indiquent la fréquence d'apparition des sons consonantiques anglais observés dans les productions de babillage. Locke a pu mettre en évidence, à partir de ces études, le fait que les sons les plus fréquents dans le babillage sont à peu près identiques d'une langue à l'autre et pas forcément présents dans la langue maternelle des sujets. Les sons les plus fréquents retrouvés dans ces trois études sont : les occlusives

bilabiales orales et nasales [b], [m] et [p], l'occlusive coronale orale [d], la fricative pharyngale [h], l'occlusive coronale nasale [n], l'occlusive coronale orale [t], les occlusives vélares [g] et [k], et les constrictives [j] [w] [s].

Locke (1983) a ensuite observé les productions de vingt-neuf enfants âgés de 11-12 mois dans quinze langues différentes (Afrikaans, Maya, Luo, Thaï, Japonais, Hindi, Chinois, Slovène, Hollandais, Espagnol, Allemand, Arabe, Norvégien, Léton et Anglais). Il a retrouvé avec une grande fréquence les mêmes sons que ceux identifiés dans les trois études précédentes. Les sons retrouvés sont : [b] [m] à 100%, [p] à 87%, [d] à 80 %, [h] ou [n] à 73% , [t] à 67%, [g] ou [k] à 60% et [j] [w] [s] à 47%.

Nous pouvons donc noter que les occlusives bilabiales et coronales sont très présentes dans le babillage, ainsi que les vélares. Les fricatives pharyngales sont elles aussi très présentes et en plus grand nombre que les autres fricatives observées.

D'autres chercheurs tels que Zmarich & al. (2003), Davis & al. (2002) et Davis & Kern (2008) montrent que les lieux consonantiques les plus fréquents dans le babillage en italien, français, anglais et arabe sont, en accord avec Locke (1983), les lieux bilabial et coronal par rapport au lieu vélaire. Mais dans les données de Zmarich & al. (2003) et Davis & Kern (2008), les consonnes coronales sont beaucoup plus fréquentes que les consonnes bilabiales, même si ces deux lieux sont globalement majoritaires dans les productions des enfants observés entre 8 et 25 mois, quelle que soit leur langue maternelle.

Nous avons donc observé quels étaient les lieux et les modes d'articulation les plus fréquents dans les productions de closants de notre sujet de 7 à 16 mois.

Pour cela, nous avons effectué une recherche automatique des lieux et modes d'articulation pour chaque session du corpus.

Nous avons utilisé une commande de recherche pour chaque type de requête. Les fichiers obtenus donnaient, par session, le nombre de productions par type de lieux pour la commande de recherche des lieux, et de modes pour la recherche des modes (cf. Figure III-23 ci-dessous).

commandes	<i>freq +t%cod +s\$p:* prenom11a.cha</i>	<i>freq +t%cod +s\$m:* prenom11a.cha</i>
Résultat de la requête pour la commande donnée	From file <prenom11a.cha> 124 \$p: 194 \$p:bil 130 \$p:cor 1 \$p:glo 11 \$p:lad 20 \$p:pal 3 \$p:phar 7 \$p:vel 2 \$p:vlab ----- 9 Total number of different word types used 492 Total number of words (tokens)	From file <prenom11a.cha> 124 \$m: 3 \$m:flat 22 \$m:fric 19 \$m:gli 19 \$m:lat 72 \$m:nas 232 \$m:stop 1 \$m:tril ----- 8 Total number of different word types used 492 Total number of words (tokens)

Figure III-23 : commande de recherche des types de lieux et résultats de la requête pour la session 11a à gauche et commande de recherche des types de modes et résultats de la requête pour la session 11a à droite.

Les résultats obtenus (cf. tableaux III-9 et III-10 et Figure III-24 ci-dessous), nous permettent de souligner, que comme dans les études mentionnées précédemment, nous trouvons pour notre sujet les trois lieux les plus courants dans le babillage : bilabial, coronal et vélaire.

Les pharyngales sont présentes à partir de 10 mois mais en faible quantité (moins de 5% pour chaque mois). Excepté à 7 et 10 mois où les vélares sont majoritaires (67% et 49%), et à 13 et 14 mois où les bilabiales sont majoritaires (54% et 51%), les coronales sont majoritaires pour les autres mois (entre 37% et 48%).

Notre sujet ne présente donc pas le patron de Locke (1983) avec une majorité de bilabiales, mais plutôt celui présent dans les données de Zmarich & al. (2003) et Davis & Kern (2008), avec une relative majorité de coronales. Excepté le fait que les vélares soient très présentes dans les productions au début du babillage chez notre sujet par rapport aux données habituelles, nous pouvons tout de même remarquer une proportion majoritaire du groupe bilabiales/coronales par rapport aux vélares dans les productions de notre sujet.

Ces données soulignent les grandes tendances observées en développement, tout en montrant classiquement une grande hétérogénéité par rapport aux mois.

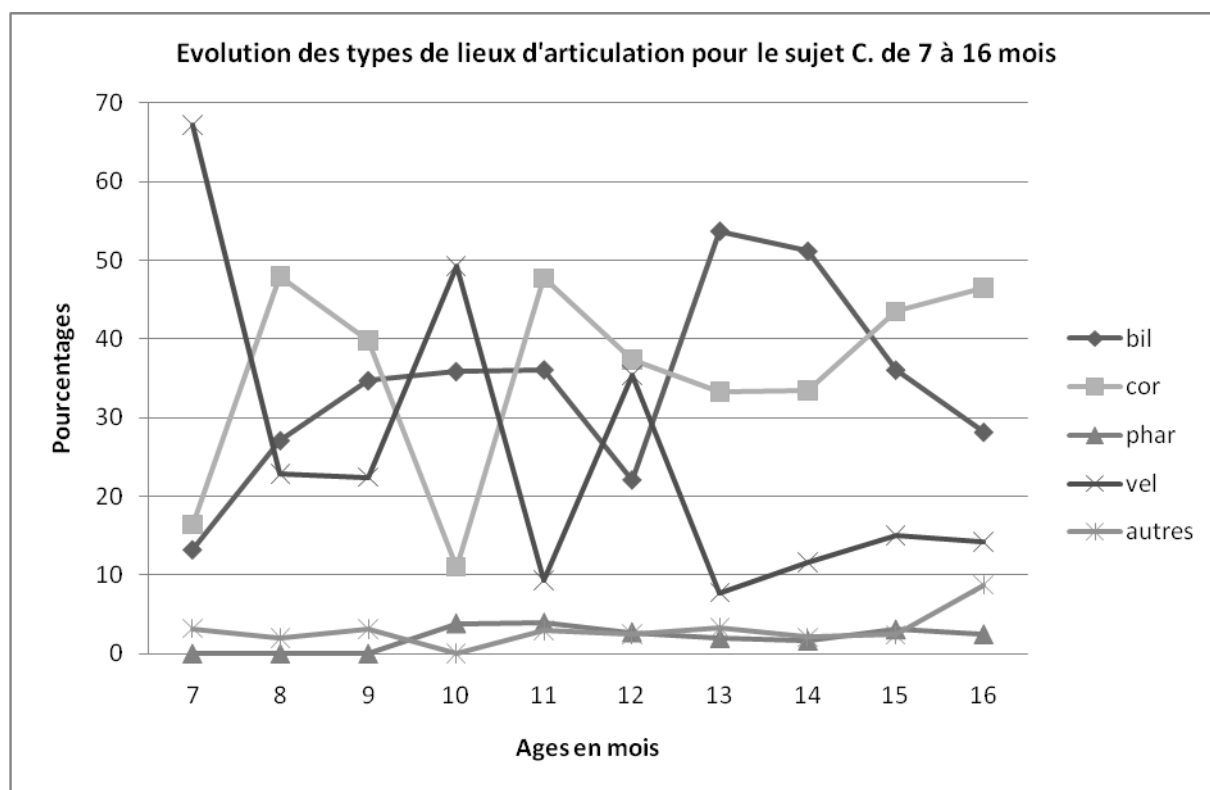


Figure III-24 : types de lieux d'articulation des closants de 7 à 16 mois pour le sujet C.

séries	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
bil	25	148	124	75	295	90	603	344	544	242
cor	31	262	142	23	390	152	373	225	656	399
phar	0	0	0	8	32	11	22	11	46	21
vel	127	125	80	103	76	144	87	78	226	122
autres	6	11	11	0	24	10	37	14	36	75
TOTAL	189	546	357	209	817	407	1122	672	1508	859

Tableau III-9 : nombres de productions pour les lieux bilabial, coronal, pharyngal, vélares et autres lieux confondus et par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

séries	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
bil	13%	27%	35%	36%	36%	22%	54%	51%	36%	28%
cor	16%	48%	40%	11%	48%	37%	33%	33%	44%	46%
phar	0%	0%	0%	4%	4%	3%	2%	2%	3%	2%
vel	67%	23%	22%	49%	9%	35%	8%	12%	15%	14%
autres	3%	2%	3%	0%	3%	2%	3%	2%	2%	9%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau III-10 : pourcentages de productions pour les lieux bilabial, coronal, pharyngal, vélares et autres lieux confondus et par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

III.1.2. Les modes d'articulation les plus fréquents dans le babillage

Tout comme pour les lieux, de nombreuses études ont observé la répartition et la fréquence des modes pour les consonnes du babillage. Locke (1983), Davis & MacNeilage (2000), Vihman et al. (1986) ont trouvé, chez des enfants âgés de 7 à 18 mois et de langues maternelles différentes, que les modes les plus produits dans les productions consonantiques du babillage sont les modes occlusif, nasal et puis approximant.

Davis et al. (2008) ont trouvé chez des enfants de langues maternelles anglaise, arabe et française âgés de 18 à 25 mois, cette même préférence pour les modes plosif, nasal et approximant par rapport aux autres modes. Mais aucun de ces trois enfants ne préfère le même mode. L'un préfère plutôt le mode plosif, l'autre le mode nasal et le troisième le mode approximant.

Chez notre sujet (cf. Figure III-25 et Tableaux III-11 et III-12), nous pouvons aussi remarquer une nette préférence pour les modes plosif et nasal ainsi que pour les approximantes.

Excepté à 7 mois où le mode nasal est le plus important par rapport à tous les autres modes (24%), de 8 à 16 mois, le mode occlusif est le plus représenté (entre 36% et 60%) chez notre sujet. Nous pouvons aussi remarquer une nette diminution (en dessous de 9%) des fricatives et des glides à partir de 13 mois, et une augmentation des latérales à 16 mois (22%).

Nos résultats confortent donc les données de la littérature sur les modes les plus fréquents retrouvés dans le babillage.

modes	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
aff	22	27	13	6	11	3	13	0	0	0
clic	13	0	1	11	20	0	1	0	1	0
fric	33	84	35	33	107	46	68	29	83	52
gli	21	122	114	39	94	93	77	58	92	61
lat	4	8	8	3	27	10	55	31	57	193
nas	44	77	66	34	121	43	294	109	315	83
stop	41	250	131	99	427	217	554	409	872	459
tril	6	4	1	0	2	0	81	44	88	11
TOTAL	184	572	369	225	809	412	1143	680	1508	859

Tableau III-11 : nombres par modes d'articulation par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

modes	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
aff	12%	5%	4%	3%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
clic	7%	0%	0%	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
fric	18%	15%	9%	15%	13%	11%	6%	4%	6%	6%
gli	11%	21%	31%	17%	12%	23%	7%	9%	6%	7%
lat	2%	1%	2%	1%	3%	2%	5%	5%	4%	22%
nas	24%	13%	18%	15%	15%	10%	26%	16%	21%	10%
stop	22%	44%	36%	44%	53%	53%	48%	60%	58%	53%
tril	3%	1%	0%	0%	0%	0%	7%	6%	6%	1%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau III-12 : pourcentages par modes d'articulation par mois pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

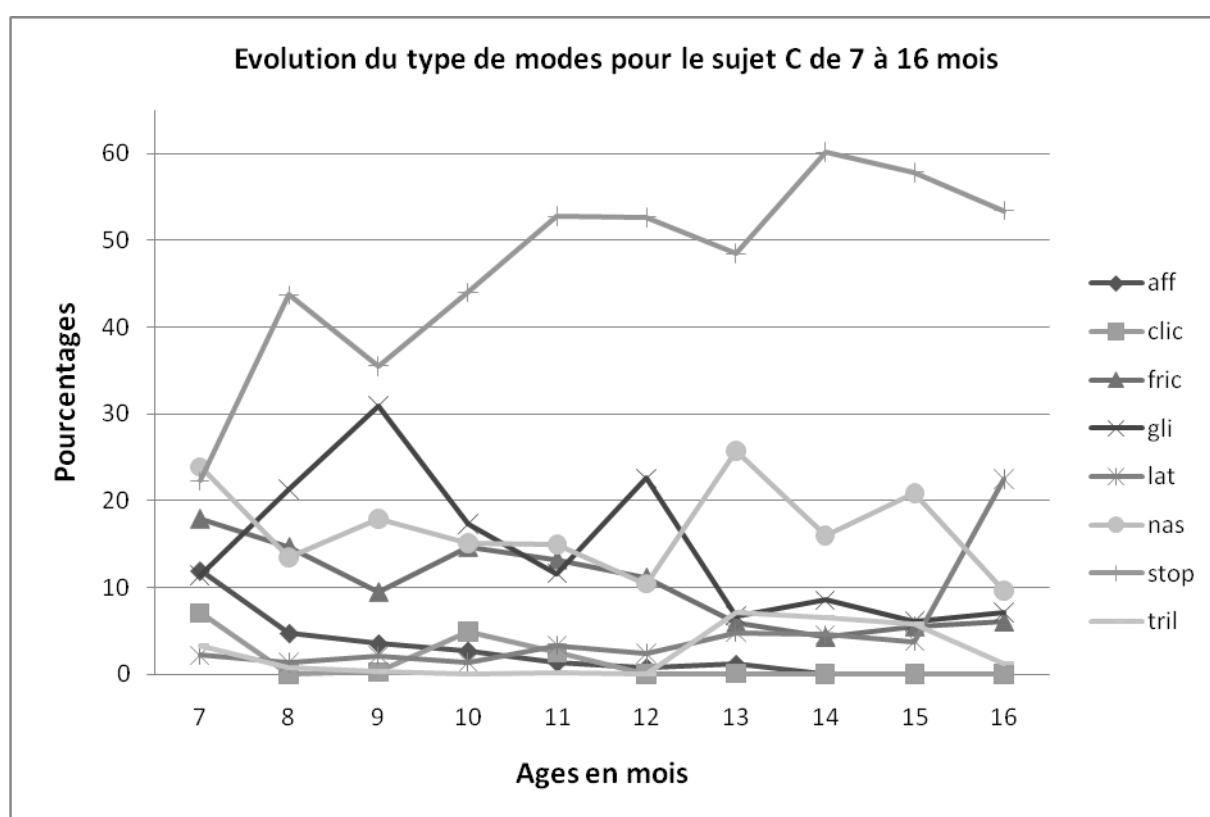


Figure III-25 : types de modes d'articulation des closants de 7 à 16 mois pour le sujet C.

III.1.3. Proportions et types de variations dans le babillage : babillage varié vs redupliqué

Le débat babillage varié vs babillage redupliqué a entraîné plusieurs positions théoriques (cf. chap.I, I.2.1.2). Nous avons donc observé quelles étaient les proportions de babillage varié par opposition au babillage redupliqué dans nos données, ainsi que leur âge d'apparition, à savoir

si les deux types de babillages apparaissent en même temps où si l'un apparaissait avant l'autre.

Dans notre étude, nous avons séparé le babillage varié en VarC, où le closant varie (ex : [bada]), en VarV, babillage où le vocant varie (ex : [babi]) et enfin en VarCV, babillage où à la fois le closant et le vocant varient d'une syllabe à l'autre au sein d'une même production (ex : [badi]).

Tout comme pour la recherche des modes et lieux précédemment, nous avons utilisé une commande pour rechercher automatiquement les séquences de babillage redupliqué et varié pour chaque session de notre corpus (cf. Figure III-26 ci-dessous).

commande	<i>freq +t%cod +s\$uty:* prenom12.cha</i>
Résultat de la requête pour la commande donnée	From file <cprenom12.cha> 112 \$uty: 9 \$uty:red 5 \$uty:varc 13 \$uty:varcv 14 \$uty:varv ----- 5 Total number of different word types used 153 Total number of words (tokens)

Figure III-26 : commande de recherche des types de babillage et résultat de la requête pour la session 12.

Nous avons tout d'abord regardé l'âge d'apparition du babillage redupliqué et varié, puis leurs proportions au fil des mois.

Age sujet	RED	VAR	AUTRES	TOTAL
7 mois	15	13	142	170
8 mois	66	41	294	401
9 mois	69	21	123	213
10 mois	24	13	160	197
11 mois	123	107	364	594
12 mois	89	40	138	267
13 mois	106	201	557	864
14 mois	47	100	479	626
15 mois	83	201	600	884
16 mois	42	176	317	535
TOTAL	664	913	3174	4751

Tableau III-13 : Nombre de productions de babillage varié et redupliqué par rapport à toutes les productions du babillage pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

Age sujet	RED	VAR	AUTRES	TOTAL
7 mois	9%	8%	84%	100%
8 mois	16%	10%	73%	100%
9 mois	32%	10%	58%	100%
10 mois	12%	7%	81%	100%
11 mois	21%	18%	61%	100%
12 mois	33%	15%	52%	100%
13 mois	12%	23%	64%	100%
14 mois	8%	16%	77%	100%
15 mois	9%	23%	68%	100%
16 mois	8%	33%	59%	100%

Tableau III- 14 : Pourcentages de productions de babillage varié et redupliqué par rapport à toutes les productions du babillage pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

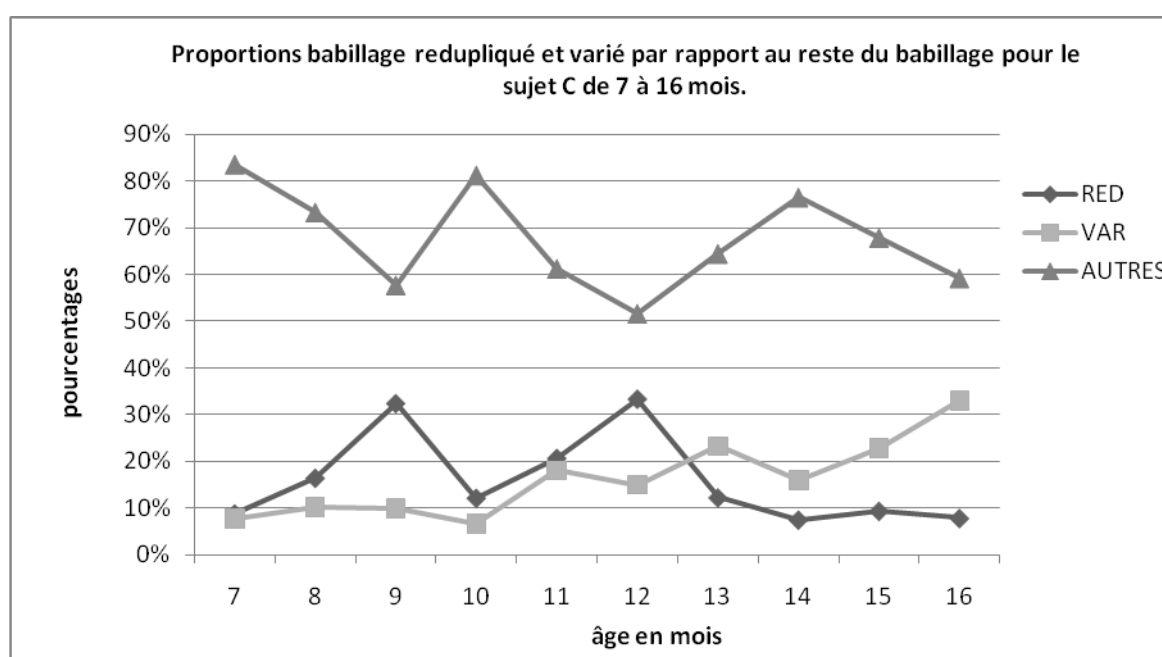


Figure III-27 : Age d'apparition et proportions du babillage varié et redupliqué pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

Nous pouvons tout d'abord remarquer que les babillages varié et redupliqué sont tous deux présents dès 7 mois donc dès le début du babillage chez notre sujet C (cf. Figures III-27 et Tableaux III-13 et III-14). Nous retrouvons donc la proportion de Smith et al. (1989). Cependant, nous pouvons remarquer que le babillage redupliqué est majoritaire par rapport au babillage varié jusqu'à 12 mois (de 9% à 33%, $\chi^2 = 11,07$, $p < 0,002$) et la tendance s'inverse de 13 à 16 mois ($\chi^2 = 15,20$, $p < 0,002$). Toutefois, de 7 à 16 mois, ni le babillage varié, ni le babillage redupliqué ne sont majoritaires dans le type de productions du babillage.

Nous avons ensuite observé plus précisément le type de babillage varié et son évolution par rapport au redupliqué (cf. Figure 28 et Tableaux III-15 et III-16 ci-dessous).

Chez le sujet C, le babillage redupliqué représente la moitié ou plus (entre 50 et 70 %) du type de babillage jusqu'à 12 mois. A 13 mois, on peut observer une nette diminution du babillage redupliqué (entre 30 et 20%) au profit du babillage varié.

En ce qui concerne les types de babillages variés, on observe plusieurs choses.

La première est une diminution du babillage varié C au profit du babillage varié V jusqu'à 12 mois. A 13 mois, le babillage varié CV augmente pour prendre le pas sur le babillage varié de type V à 15 mois. On peut donc observer la diminution du babillage varié avec vocant au profit de celui avec variation closant-vocant au fil des mois comme l'a observé Brosda (1999). Cette nette augmentation du babillage varié qui représente plus de 50% des types de babillage et plus de 33% des types de productions à 16 mois nous permet d'émettre l'hypothèse que celui-ci ne va cesser d'augmenter avec l'apparition du vocabulaire et l'explosion lexicale autour de 24 mois. Cette augmentation peut s'expliquer par l'acquisition de plus en plus fine des habiletés motrices pour la parole.

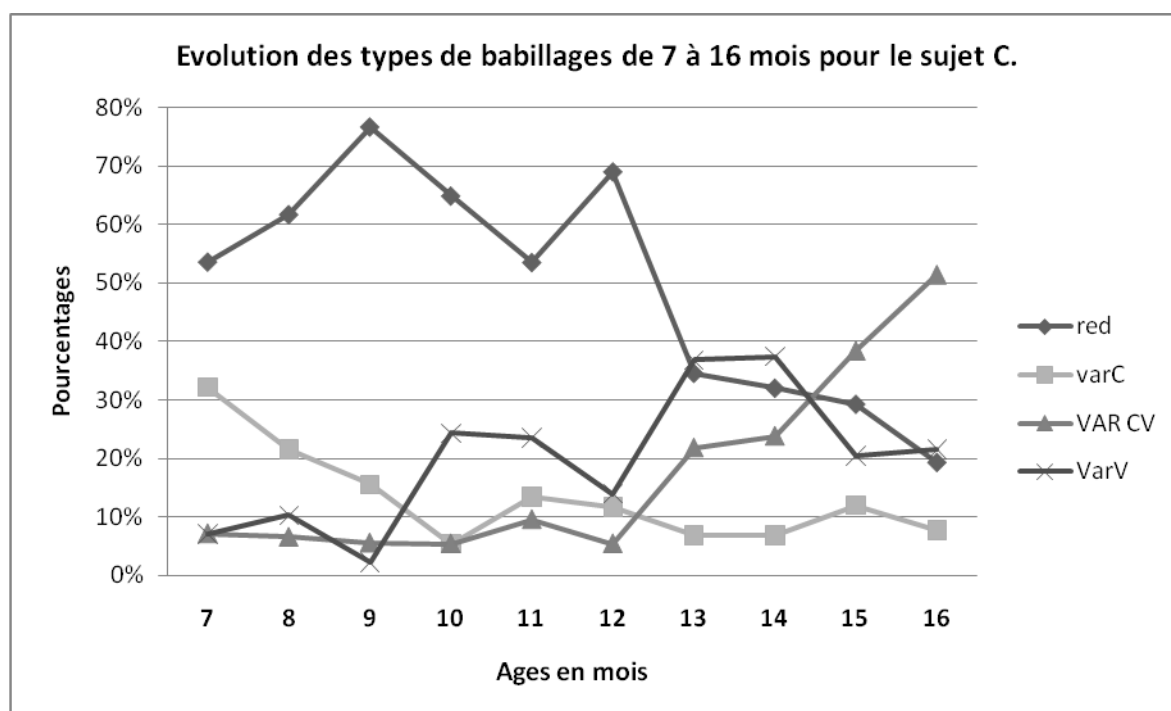


Figure III-28 : proportions du babillage varié C, varié V, varié CV et redupliqué de 7 à 16 mois pour le sujet C.

Age sujet	RED	VAR CV	VAR C	VAR V	TOTAL
7 mois	15	2	9	2	28
8 mois	66	7	23	11	107
9 mois	69	5	14	2	90
10 mois	24	2	2	9	37
11 mois	123	22	31	54	230
12 mois	89	7	15	18	129
13 mois	106	67	21	113	307
14 mois	47	35	10	55	147
15 mois	83	109	34	58	284
16 mois	42	112	17	47	218

Tableau III-15 : nombre de productions du babillage varié C, varié V, varié CV et redupliqué de 7 à 16 mois pour le sujet C.

Age sujet	RED	VAR CV	VAR C	VAR V	TOTAL
7 mois	54%	7%	32%	7%	100%
8 mois	62%	7%	21%	10%	100%
9 mois	77%	6%	16%	2%	100%
10 mois	65%	5%	5%	24%	100%
11 mois	53%	10%	13%	23%	100%
12 mois	69%	5%	12%	14%	100%
13 mois	35%	22%	7%	37%	100%
14 mois	32%	24%	7%	37%	100%
15 mois	29%	38%	12%	20%	100%
16 mois	19%	51%	8%	22%	100%

Tableau III-16 : pourcentages de productions du babillage varié C, varié V, varié CV et redupliqué de 7 à 16 mois pour le sujet C.

Nous avons aussi observé quels étaient les lieux consonnatiques les plus fréquents dans les productions redupliquées du babillage du sujet C de 7 à 16 mois (cf. Figure III-29 et tableaux III-17 et III-18).

Nous pouvons observer qu'excepté à 7 mois où les productions sont majoritairement vélaires, les autres mois, les productions sont soit coronales soit labiales. Nos données ne nous permettent pas de souligner une préférence de lieux de la part du sujet à partir de ces données.

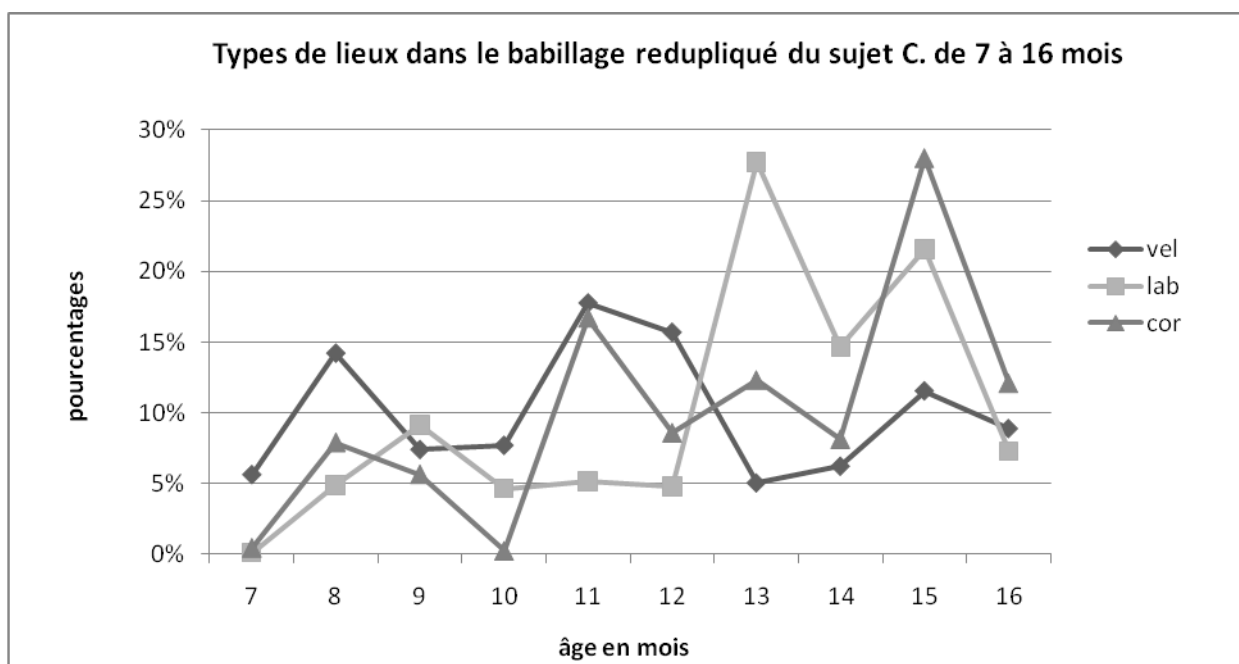


Figure III-29 : types de lieux dans le babillage redupliqué pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

RED	vel	lab	cor	TOTAL
7 mois	19	1	4	24
8 mois	48	39	70	157
9 mois	25	73	50	148
10 mois	26	37	2	65
11 mois	60	41	148	249
12 mois	53	38	76	167
13 mois	17	221	109	347
14 mois	21	117	72	210
15 mois	39	172	248	459
16 mois	30	58	107	195
TOTAL	338	797	886	2021

Tableau III-17 : nombre de productions redupliquées par lieux pour le sujet C de 7 à 16 mois.

RED	vel	lab	cor	TOTAL
7 mois	79%	4%	17%	100%
8 mois	31%	25%	45%	100%
9 mois	17%	49%	34%	100%
10 mois	40%	57%	3%	100%
11 mois	24%	16%	59%	100%
12 mois	32%	23%	46%	100%
13 mois	5%	64%	31%	100%
14 mois	10%	56%	34%	100%
15 mois	8%	37%	54%	100%
16 mois	15%	30%	55%	100%

Tableau III-18 : pourcentage de productions redupliquées par lieux pour le sujet C de 7 à 16 mois.

III.2. La *dominance des cadres*

Après avoir recherché la structure phonétique du babillage de notre sujet, nous avons cherché à tester l'hypothèse de la *dominance des cadres* (Davis & MacNeilage, 1995) sur nos données (cf. I.3.1.3).

Le principe de la *dominance des cadres* repose sur un fondement, qui est de considérer la mandibule comme porteuse de la parole. C'est-à-dire que toutes les productions retrouvées dans le babillage résulteraient et seraient fortement contraintes par cette unique oscillation mandibulaire.

De ce fait, Davis & MacNeilage (1995) estiment que nous pourrions retrouver plusieurs grandes tendances universelles dans le babillage :

La première tendance concerne le *contenu phonétique du babillage* : les voyelles du babillage seraient majoritairement centrales et basses. En effet, celles-ci seraient le résultat de productions de parole émises avec une configuration de langue centrale et basse, en position de repos, portée par la mandibule lors de l'ouverture et de la fermeture du conduit vocal.

La deuxième tendance concerne la *structure intersyllabique* des productions : (1) les auteurs proposent que les changements d'un closant à l'autre au sein d'une même production soient des changements de modes plutôt que de lieux d'articulation. En effet, un changement de lieu se fait sur l'axe horizontal du conduit vocal alors qu'un changement de mode s'effectue sur l'axe vertical du conduit vocal. Pour la *dominance des cadres*, les changements se font plutôt sur l'axe vertical. Donc dans une production pluri-syllabique, le changement d'un closant à l'autre se ferait par rapport au mode d'articulation, et dans le sens de la fermeture du conduit vocal (closion) à l'ouverture du conduit vocal (constriction).

(2) En ce qui concerne les changements de vocants, ils devraient avoir lieu sur l'axe vertical plutôt qu'horizontal. Toujours pour la *dominance des cadres*, les changements d'un vocant à un autre dans une production pluri-syllabique se feraient plutôt sur l'axe vertical (voyelle fermée ou ouverte à voyelle ouverte ou fermée) plutôt que sur l'axe horizontal (voyelle d'avant/voyelle d'arrière).

La troisième tendance se porte sur les co-occurrences. Toujours dans la logique d'une langue portée par les oscillations mandibulaires, l'hypothèse de cooccurrence (cf. Figure III-30 ci-

dessous) propose que les closants coronaux coïncident avec les vocants antérieurs, les closants labiaux coïncident avec les vocants centraux et les closants vélares coïncident avec les vocants postérieurs.

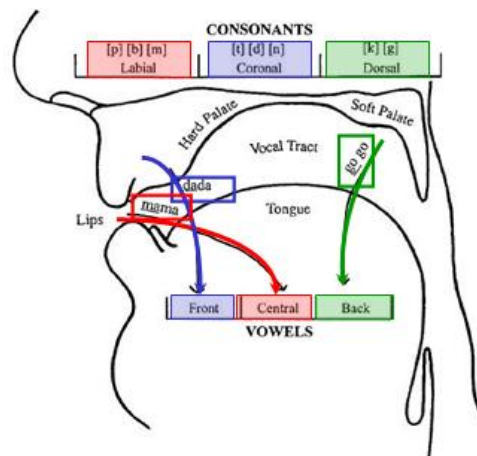


Figure III-30 : Illustration du principe de cooccurrences selon Davis & MacNeilage (1995).

La quatrième tendance tend à considérer le patron Labial-Coronal comme majoritaire dans les productions CVCV du babillage. MacNeilage et Davis (2000) observent une tendance dans les premiers mots de l'enfant qui est de commencer un mot avec une consonne labiale et de produire après la voyelle, une consonne coronale. “[LC pattern] is not present in babbling but emerges in the first words. “ [...] In our study of 10 infants in an English-language environment, nine of them showed this pattern.”⁴ Ce patron, qui proviendrait d'un mouvement de la langue sur un axe avant–arrière lors de la production de syllabes confirmerait la *dominance des cadres*. En effet, d'après les auteurs, il serait plus aisé de produire une labiale qu'une coronale “ [...] it is easier to make a labial consonant than a coronal consonant. [...] the labial consonant may result from the most basic movement in speech, the mandibular frame, acting alone, whereas an additional movement—of the tongue—is needed to reach the tongue-front position for a coronal consonant.”⁵ Rappelons que l’hypothèse est que les closants labiaux seraient des cadres purs, produits sur un simple geste de mâchoire et, de ce fait, seraient plus simples à réaliser que les closants coronaux ou vélares. MacNeilage et

4 « [le patron LC] n’est pas présent dans le babillage mais émerge dans les premiers mots. [...] Dans notre étude sur dix enfants évoluant dans un environnement de langue anglaise, neuf d’entre eux présentent ce patron. » (t.p.n)

5 « [...] Il est plus facile de produire une consonne labiale qu’une consonne coronale. [...] une consonne labiale résulterait du mouvement de base en parole, celui du cadre mandibulaire, qui s’active seul, auquel s’ajoute un mouvement supplémentaire, celui d’avancée de la langue, afin de produire une consonne coronale. » (t.p.n)

Davis considèrent l'effet LC comme simple first (le plus simple d'abord) qu'ils expliquent par des contraintes cognitives, des contraintes motrices et des contraintes bio-mécaniques.

Les auteurs confirment leur hypothèse du fait qu'ils retrouvent le patron LC (Labial-Coronal) dans des mots du dictionnaire de neuf langues sur les dix sur lesquelles ils se sont penchés (Anglais, Estonien, Français, Allemand, Hébreu, Japonais, Maori Néozélandais, Quechua, Espagnol, Swahili) et à un niveau significatif de huit pour dix. MacNeilage et Davis voient le fait que l'on retrouve ce patron à la fois dans le développement et dans les langues du monde comme un nouvel élément en faveur de la *dominance des cadres*, présent dans la phylogenèse comme dans l'ontogenèse. Ce patron LC serait donc la source des premières variations intersyllabiques.

Le patron LC proviendrait donc de la succession de la production du cadre pur labial en premier suivi d'un mouvement de la langue sur l'axe avant–arrière du conduit vocal lors de la production de la seconde syllabe. Ce mouvement de langue donnerait un closant coronal. Ce patron LC montre qu'il serait plus aisé de produire une labiale qu'une coronale et confirmerait donc la *dominance des cadres*.

Nous avons donc cherché à observer l'impact de l'oscillation mandibulaire sur nos données en examinant l'évolution du triangle vocalique, le type de changements de lieux et de modes, les types de changements de voyelles, les co-occurrences, et le patron LC pour notre sujet durant la période de 7 à 16 mois.

III.2.1. Test de la 1ère tendance de la *dominance des cadres* : évolution de l'espace vocalique de 7 à 16 mois

Nous nous sommes tout d'abord intéressés à l'évolution de l'espace vocalique de notre sujet. En effet, selon l'hypothèse de la *dominance des cadres* seule la mandibule est contrôlée au stade du babillage et les productions vocaliques produites à cette période seraient le résultat de la seule oscillation mandibulaire. Les vocants seraient donc plutôt caractérisés par une configuration ouverte et centrale. Cette hypothèse a été confortée par les données de Kuhl et Meltzoff (1996) et se retrouve dans les simulations de Serkhane et al (2002) (cf. Chap.I, I.3.1.3, b)).

Zmarich & al. (1999) ont étudié la répartition des voyelles sur l'axe antéro-postérieur de deux sujets italiens âgés de 10 à 16 mois. Les résultats obtenus montrent une tendance à produire plus de voyelles antérieures (environ 50%) que de centrales ou postérieures, mais les

proportions de voyelles postérieures sont présentes dès 10 mois autour de 30 % et sont en augmentation autour de 14 mois (40%).

Zmarich & al. (2004) ont aussi observé la répartition selon l'axe avant-central-arrière de la production des voyelles chez quatre enfants italiens âgés de 10 à 18 mois. Ils observent une plus grande proportion de voyelles d'avant (environ 50%) par rapport aux voyelles centrales et arrières (respectivement 30% et 20 %) chez les sujets âgés de 10 à 14 mois. Entre 16 et 18 mois, les productions des voyelles semblent tendre vers une centralisation. En effet, 40% des voyelles produites sont alors centrales, alors que les voyelles d'avant et d'arrière représentent 30% chacune des productions vocaliques. Le phénomène va même s'accroître au profit des voyelles centrales puisque celles-ci vont atteindre 50% des productions vocaliques dans les premiers mots. Ce qui semble surprenant c'est que les voyelles de l'italien sont plutôt de type avant (40%), centrales (30%) et arrières (30%).

Kern & al. (sous presse) ont observé chez treize enfants âgés de 7 mois 15 jours à 12 mois 15 jours de langue maternelle française, tunisienne, roumaine, turque et hollandaise que les productions vocaliques étaient majoritairement centrales et antérieures, alors que les voyelles postérieures étaient quasiment absentes. Les enfants français et tunisiens produisaient plus de voyelles d'avant que de centrales (respectivement 50% et 85% de voyelles d'avant contre 40% et 10% de voyelles centrales). Les enfants roumains, hollandais et turques produisaient eux plus de voyelles centrales que d'avant (respectivement 40%, 30 % et 40% de voyelles d'avant contre 60%, 60% et 50% de voyelles centrales).

Pour ce qui est de la hauteur des voyelles, seuls les enfants tunisiens produisent majoritairement des voyelles basses (65%) et pas de voyelle haute. Les autres enfants produisent majoritairement des voyelles moyennes (entre 40% et 60%), des voyelles hautes entre 10% et 35%, et des voyelles basses entre 20% et 40%.

Ces données semblent donc partiellement confirmer l'hypothèse de la *dominance des cadres*.

Nous avons observé l'évolution de l'espace vocalique de notre sujet C. à partir de 7820 vocants produits entre 7 à 16 mois et étiquetés en quadrants perceptivement et à partir de mesures acoustiques (cf. Chap.II, II.2.3.3.).





Tout comme pour les closants, nous avons recherché automatiquement les vocants de chaque session par le biais d'une commande (cf. Figure III-31 ci-dessous).

Nous avons ensuite remplacé les pourcentages de vocants par quadrants pour chaque mois (cf. Figure III-32).

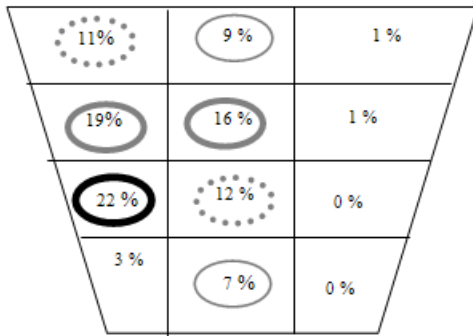
commande	freq +t%cod +s\$vo:* prenom18b.cha
Résultat de la requête pour la commande donnée	<p>From file <prenom18b.cha> 8 \$vo: 1 \$vo:1 2 \$vo:10 18 \$vo:11 5 \$vo:12 2 \$vo:2 10 \$vo:4 25 \$vo:5 20 \$vo:6 18 \$vo:7 37 \$vo:8 15 \$vo:9</p> <p>-----</p> <p>12 Total number of different word types used 161 Total number of words (tokens)</p>

Figure III-31 : exemple de commande et résultat de recherche automatique pour les vocants de la session 18b pour le sujet C.

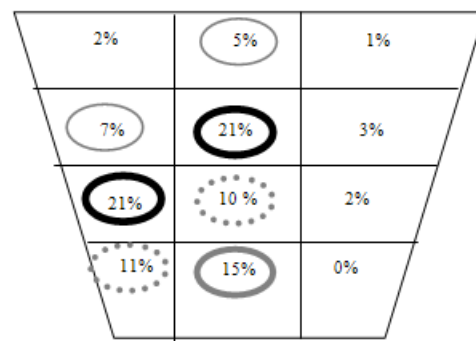
Les productions du sujet C. sont réparties majoritairement dans la partie centrale et antérieure de l'espace vocalique maximal jusqu'à 12 mois. Puis, le sujet va produire plus de voyelles postérieures à partir du douzième mois jusqu'au seizième mois. Ce sujet présente par contre une exploitation relativement large de la dimension haut-bas du triangle dès 7 mois. La présence de voyelles hautes n'est pas typique des productions d'un enfant de 7 mois. A partir du douzième mois, les productions vocaliques vont se retrouver plutôt centrées et basses, tout en gardant une occupation assez large de l'ensemble du triangle.

Légende	
	5 à 10%
	10 à 14%
	15 à 19%
	>20 %

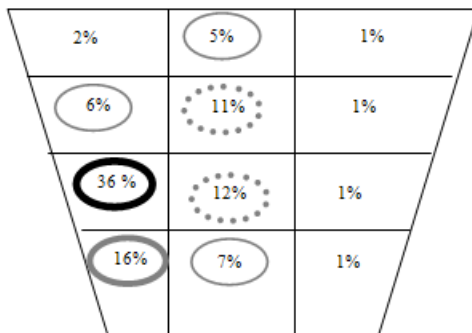
Sujet C. 7 mois



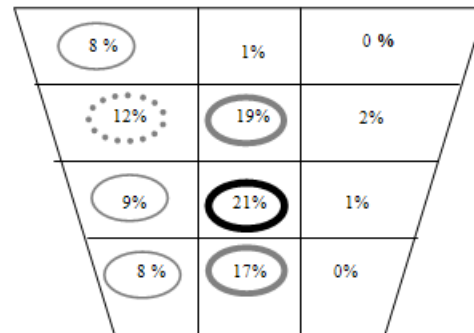
Sujet C. 8 mois



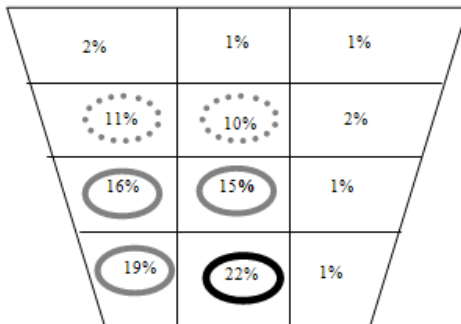
Sujet C. 9 mois



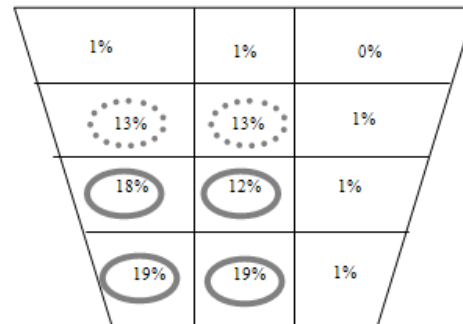
Sujet C. 10 mois



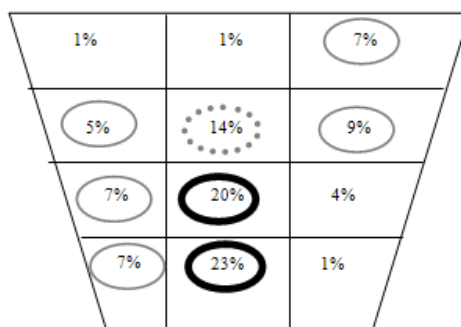
Sujet C. 11 mois



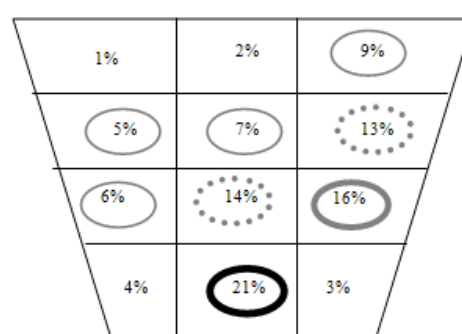
Sujet C. 12 mois



Sujet C. 13 mois



Sujet C. 14 mois



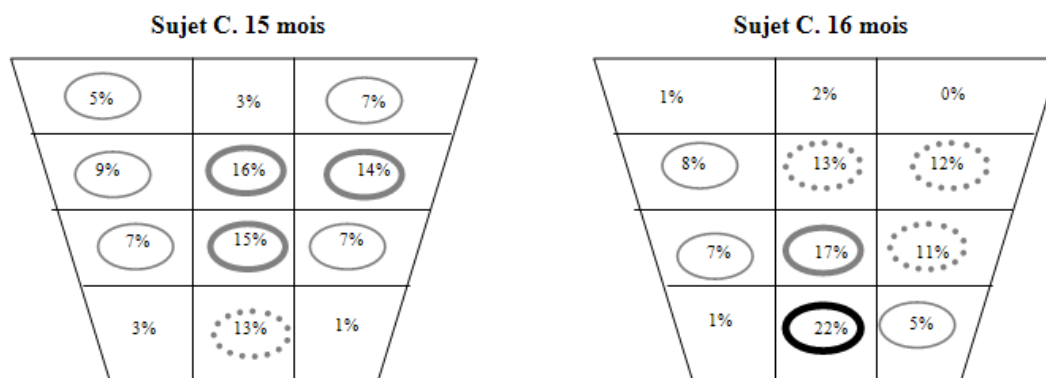


Figure III-32 : évolution de l'espace vocalique de 7 à 16 mois pour le sujet C.

Pour avoir une vision un peu plus globale des tendances de positions des voyelles pour notre sujet C. de 7 à 16 mois, nous avons regroupé les voyelles par position avant, centrale et arrière, puis par hauteur haute, moyenne et basse, le tout par mois. Nous avons obtenu les courbes ci-dessous (cf. Figure III-33 et III-34, et Tableaux III-19, III-20, III-21 et III-22). Les voyelles d'avant et centrales sont majoritaires de 7 à 12 mois et représentent entre 40% et 50% des productions. Les voyelles centrales vont rester majoritaires et dans ces proportions jusqu'à 16 mois alors que les voyelles d'avant vont diminuer vers une proportion de 20% et les voyelles d'arrière vont augmenter pour atteindre une proportion de 30%. Nos données sont très semblables à celles retrouvées par Zmariche & al. (1999).

Pour la hauteur, les positions les plus exploitées sont le niveau moyen et bas. Les voyelles sont toujours majoritairement moyennes avec une proportion qui varie de 54% à 68%, suivies des voyelles basses (entre 17% et 41%). Les voyelles hautes sont minoritaires excepté à 7 mois (56%).

voyelles	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
Avant	231	374	287	110	487	277	279	150	402	182
Centrale	179	456	175	174	486	247	824	441	780	573
Arrière	6	65	20	10	51	17	305	406	474	298
TOTAL	416	895	482	294	1024	541	1408	997	1656	1053

Tableau III-19 : nombre de voyelles centrales, d'avant et d'arrière de 7 à 16 mois pour le sujet C.

voyelles	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
Avant	56%	42%	60%	37%	48%	51%	20%	15%	24%	17%
Centrale	43%	51%	36%	59%	47%	46%	59%	44%	47%	54%
Arrière	1%	7%	4%	3%	5%	3%	22%	41%	29%	28%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau III-20 : pourcentage de voyelles centrales, d'avant et d'arrière de 7 à 16 mois pour le sujet C.

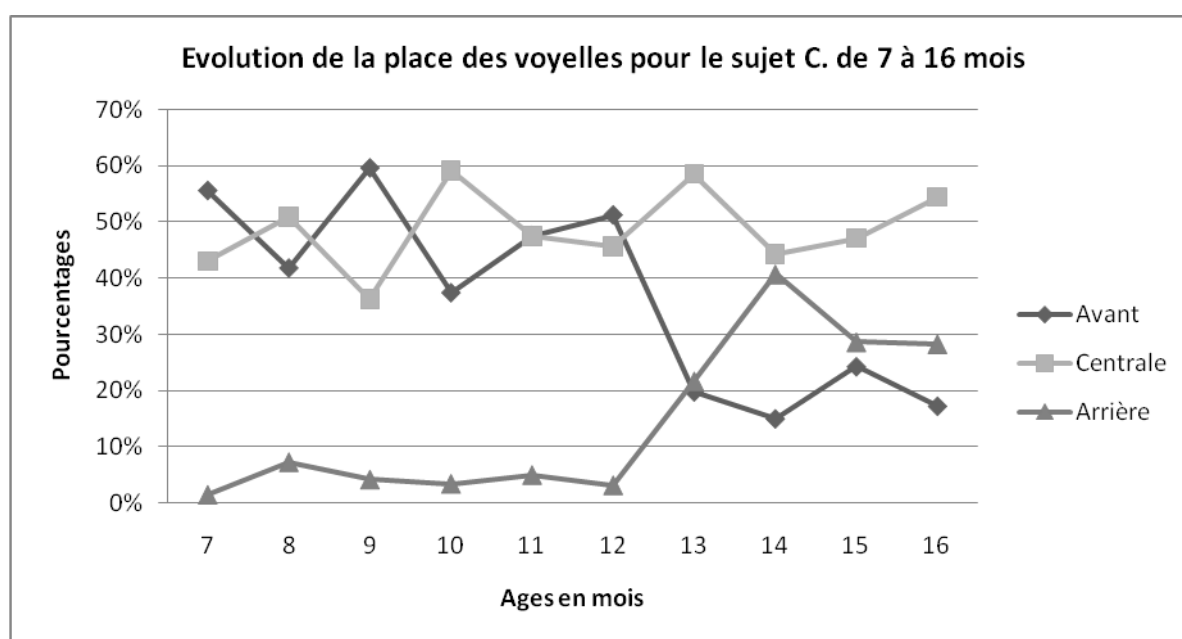


Figure III-33 : évolution de la proportion des voyelles centrales, d'avant et d'arrière de 7 à 16 mois pour le sujet C.

voyelles	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
Haute	232	79	41	29	42	11	142	108	242	40
Moyenne	160	579	325	191	558	315	832	612	1129	719
Basse	24	237	116	74	424	215	434	277	285	294
TOTAL	416	895	482	294	1024	541	1408	997	1656	1053

Tableau III-21 : pourcentages de voyelles hautes, moyennes et basses de 7 à 16 mois pour le sujet C.

voyelles	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
Haute	56%	9%	9%	10%	4%	2%	10%	11%	15%	4%
Moyenne	38%	65%	67%	65%	54%	58%	59%	61%	68%	68%
Basse	6%	26%	24%	25%	41%	40%	31%	28%	17%	28%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau III-22 : pourcentages de voyelles hautes, moyennes et basses de 7 à 16 mois pour le sujet C.

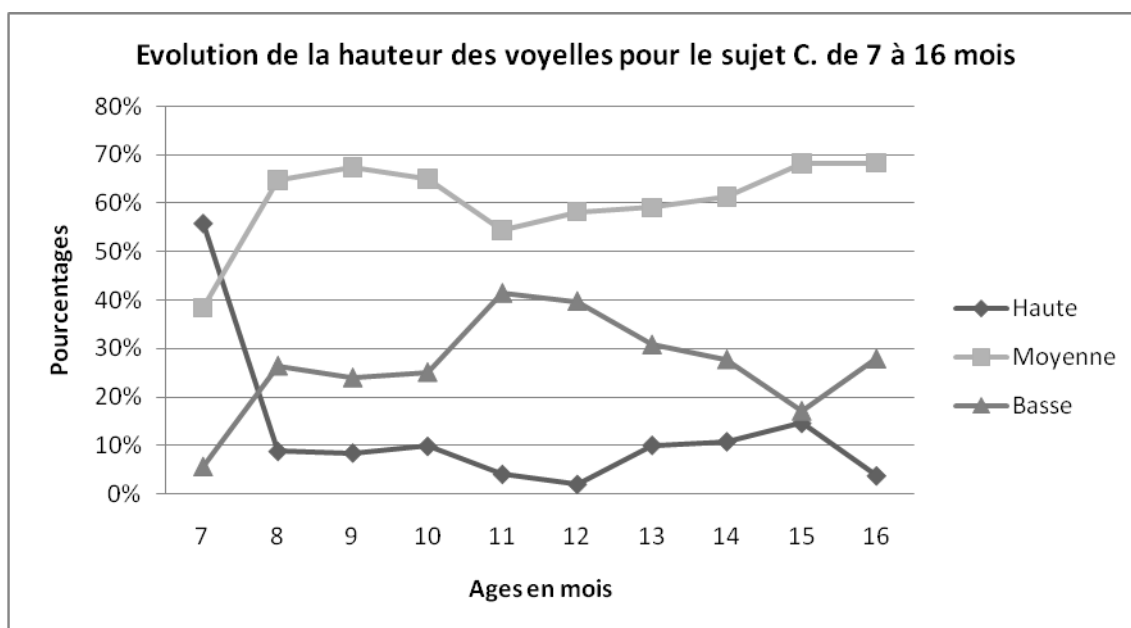


Figure III-34 : évolution de la proportion des voyelles hautes, moyennes et basses de 7 à 16 mois pour le sujet C.

L'hypothèse de la *dominance des cadres* prédit que les vocalisations produites avec un mouvement d'ouverture de la mandibule seul, sont situées dans la partie centrale et moyenne de l'espace vocalique maximal. Ce que nous retrouvons dans nos données. Nous observons cependant également un grand nombre de vocalisations antérieures et hautes à 7 mois : il reste à trouver la raison de cette présence, qui est peut-être expliquée par une position par défaut de la langue plutôt antérieure si l'on s'en tient aux propositions de MacNeilage & Davis. Mais peut-être faut-il également considérer qu'il existe un autre mode de production que les larges oscillations mandibulaires qui ont pour conséquences les [bababa] caractéristiques, et qui consiste à bloquer la mandibule et à produire des alternances constrictions/ouvertures avec un déplacement minime, du type [gigigi], avec souvent un bruit important de friction concomitant à la consonne.

Les productions des premiers mois de ce sujet comportent un grand nombre de voyelles centrales moyennes et basses et arrières moyennes et basses. On peut émettre l'hypothèse ici que les vocants à l'intérieur des premiers mots aient une répartition restreinte, en raison du phénomène de régression fréquemment observé dans l'apprentissage de stratégies motrices nouvelles.

III.2.4. Test de la 2^{ème} tendance de la *dominance des cadres* : les changements de modes plutôt que de lieux pour les closants

L'hypothèse de la *dominance des cadres* suppose qu'il n'y pas de changement d'une consonne à l'autre dans les énoncés de type CVCV. Par contre, s'il y a changement, l'hypothèse prédit des changements de modes plutôt que de lieux pour le passage d'une consonne à une autre dans une production bi ou pluri-syllabique.

Nous avons donc observé les types de changements de closant à closant chez le sujet C (cf. Figure III-36 et tableaux III-23 et III-24).

Nous avons recherché automatiquement les types de changements de closant à closant pour chaque session par le biais d'une commande (cf. Figure III-35 ci-dessous).

commande	<code>freq +t%cod +s\$cc:* prenom6.cha</code>
Résultat de la requête pour la commande donnée	From file <prenom6.cha> 246 \$cc: 49 \$cc:id 22 \$cc:ma 8 \$cc:pl ----- 4 Total number of different word types used 325 Total number of words (tokens)

Figure III-35 : exemple de commande et résultat de recherche automatique pour les types de changements de closants dans la session 6 pour le sujet C.

Nous avons ainsi obtenu le nombre de productions dans lesquelles le changement d'un closant à l'autre était identique (id), de mode (ma) ou de de lieu (pl).

La première remarque que nous pouvons faire est qu'excepté à 7 et 16 mois, il n'y a pas de changement d'un closant à l'autre de manière majoritaire. Ceci ne confirme pas tout à fait la *dominance des cadres* puisque l'âge où il y a plus de changements de mode et de lieux par rapport à des productions identiques est 7 mois donc le début du babillage du sujet C.

Lorsqu'il y a changement, les changements de mode et de lieux sont pratiquement aussi fréquents de 7 à 16 mois même si à partir de 13 mois, les changements de lieux sont plus fréquents que les changements de mode.

Nous ne pouvons donc pas confirmer l'hypothèse de la *dominance des cadres* à partir de nos données en ce qui concerne les types de changements d'une consonne à l'autre. En effet, les changements de modes sont aussi fréquents que ceux de lieux au début du babillage ($\chi^2 =$

8,11, $p > 0,10$). Par contre, les changements de lieux vont augmenter avec l'apparition des premiers mots ($\chi^2 = 20,12$, $p < 0,001$). Nous pouvons peut-être expliquer les changements de lieux plus fréquents que les changements de modes chez notre sujet à partir de 11 mois avec l'apparition de ses premiers mots et de contrôles plus fins des articulateurs portés pour la production des lieux que des modes.

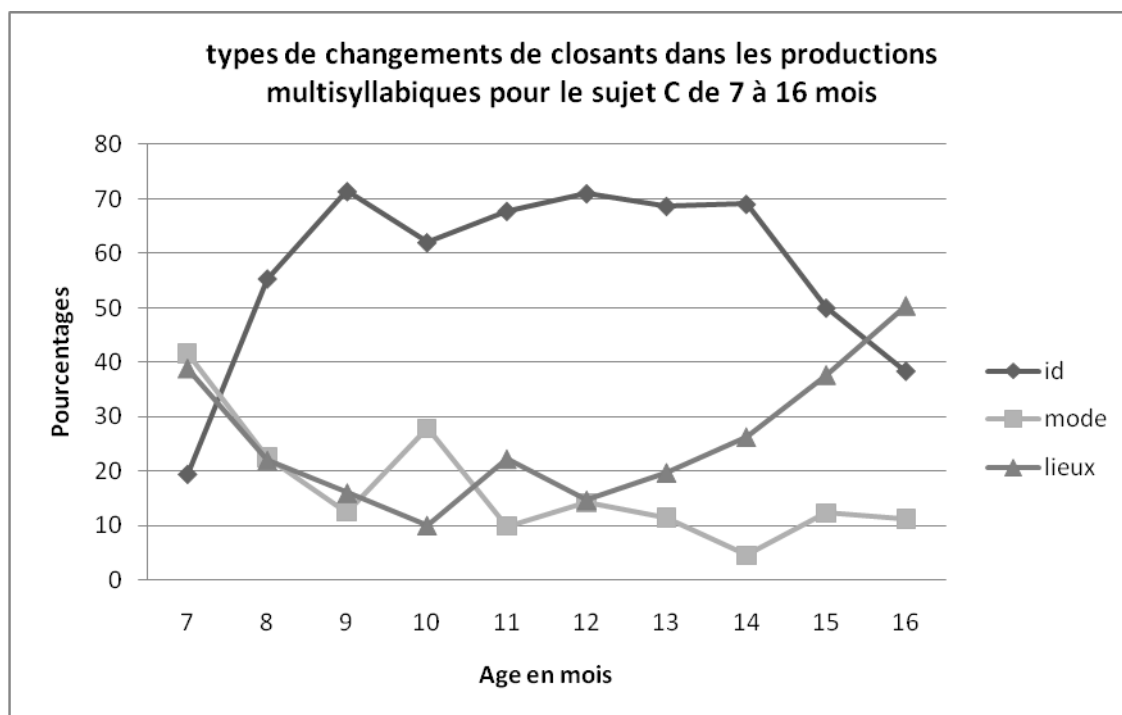


Figure III-36 : types de changements de closant à closant dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.

CC	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
id	7	103	120	49	219	130	292	181	382	164
mode	15	42	21	22	32	26	49	12	94	48
lieux	14	41	27	8	72	27	84	69	288	215
TOTAL	36	186	168	79	323	183	425	262	764	427

Tableau III-23 : nombres de changements de closant à closant dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.

CC	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
id	19%	55%	71%	62%	68%	71%	69%	69%	50%	38%
mode	42%	23%	13%	28%	10%	14%	12%	5%	12%	11%
lieux	39%	22%	16%	10%	22%	15%	20%	26%	38%	50%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau III-24 : types de changements de closant à closant dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.

III.2.5. Test de la 3ème tendance de la *dominance des cadres* : les changements de voyelles sur l'axe vertical plutôt qu'horizontal

L'hypothèse de la *dominance des cadres* suppose que lorsqu'il y a changement de voyelle dans une production de type CVCV, le changement se fera sur l'axe vertical (voyelle fermée ou ouverte à voyelle ouverte ou fermée) plutôt qu'horizontal (voyelle d'avant/voyelle d'arrière).

Nous avons donc observé, comme pour les closants, les types de changements entre vocants chez le sujet C (cf. Figure III-37). Nous avons obtenu le nombre de changements d'un vocant à l'autre de type identique (id), diagonal (di), horizontal (ho) et vertical (ve).

commande	<i>freq +t%cod +s\$vc:* prenom6.cha</i>
Résultat de la requête pour la commande donnée	From file <prenom6.cha> 212 \$vc: 11 \$vc:di 16 \$vc:ho 39 \$vc:id 25 \$vc:ve ----- 7 Total number of different word types used 306 Total number of words (tokens)

Figure III-37 : exemple de commande et résultat de recherche automatique pour les types de changements de vocants dans la session 6 pour le sujet C.

Nous avons pu observer (cf. Figure III-38, tableaux III-25 et III-26) comme pour les changements de vocants, qu'il n'y a majoritairement pas de changement d'un vocant à l'autre. Lorsqu'il y a changement, excepté à 11, 13 et 16 mois, les changements d'un vocant à l'autre se font sur l'axe vertical par rapport aux changements sur l'axe horizontal ou diagonal.

Nous pouvons donc dire que nos résultats chez ce sujet confirment l'hypothèse de la *dominance des cadres* pour les vocants.

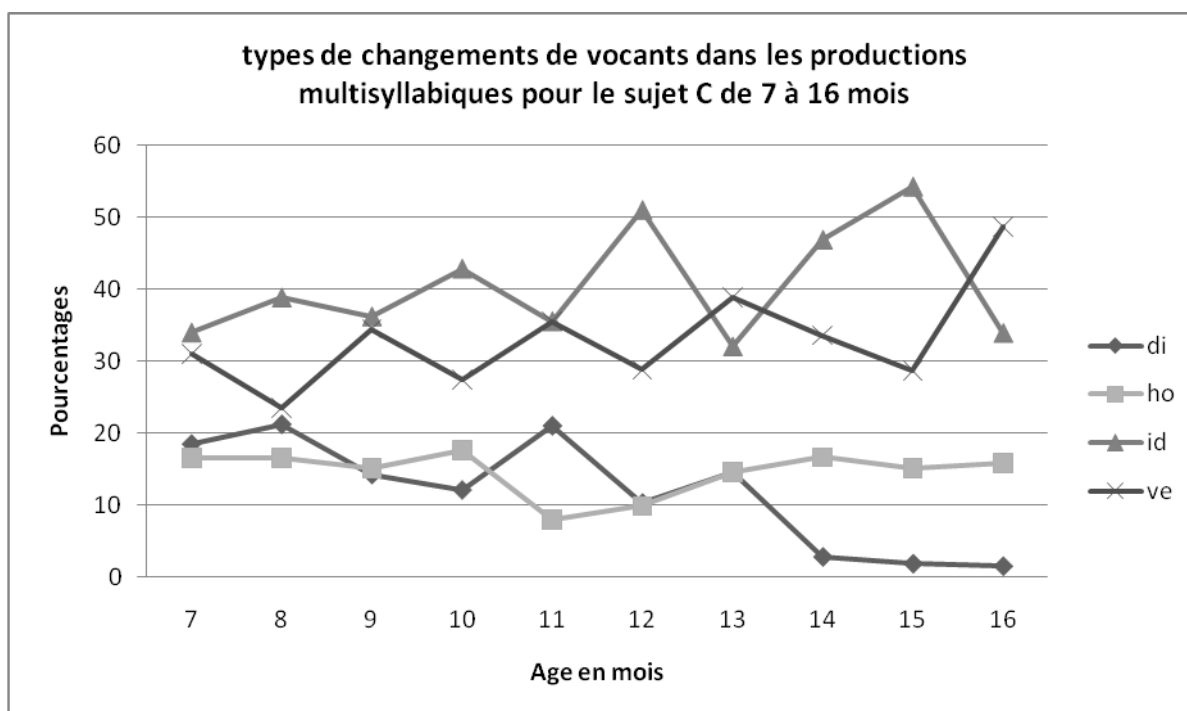


Figure III-38 : types de changements de vocants à vocants dans les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.

VC	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
di	19	73	33	11	82	25	70	10	15	8
ho	17	57	35	16	31	24	70	59	120	82
id	35	134	84	39	139	124	154	166	431	176
ve	32	81	80	25	139	70	187	119	228	253
TOTAL	103	345	232	91	391	243	481	354	794	519

Tableau III-25 : nombres de changements de vocant à vocant les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.

VC	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
di	18%	21%	14%	12%	21%	10%	15%	3%	2%	2%
ho	17%	17%	15%	18%	8%	10%	15%	17%	15%	16%
id	34%	39%	36%	43%	36%	51%	32%	47%	54%	34%
ve	31%	23%	34%	27%	36%	29%	39%	34%	29%	49%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau III-26 : pourcentages de changements de vocant à vocant les productions pluri-syllabiques de 7 à 16 mois pour le sujet C.

III.2.3. Test de la 4^{ème} tendance de la *dominance des cadres* : les co-occurrences sont-elles favorisées ?

D'après l'hypothèse de co-occurrence proposée par MacNeilage & Davis (2000), les closants coronaux coïncident avec les vocants antérieurs, les closants labiaux coïncident avec les vocants centraux et les closants vélares coïncident avec les vocants postérieurs.

Nous avons donc appliqué la même méthode que MacNeilage & Davis (2000). Nous avons cherché manuellement dans nos données si ces co-occurrences étaient observables dans le babillage de notre sujet. Pour cela, nous avons appliqué la méthode de calcul de MacNeilage & Davis. Nous avons calculé le nombre de co-occurrences attestées, puis le nombre de co-occurrences théoriques, c'est-à-dire le nombre auquel on pouvait s'attendre (cf. ANNEXE III). Nous avons ensuite calculé les ratios afin de savoir quelles étaient les co-occurrences favorisées (ratio supérieur à 1) et celles qui étaient défavorisées (ratio inférieur à 1) (cf. Tableaux III-27 ci-dessous).

ratio				
7 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	<u>0,49</u>	1,66	1,39
	lab	0,34	1,83	1,91
	dorsal	1,26	0,67	<u>0,73</u>
8 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	1,22	0,86	0,58
	lab	0,56	1,34	1,46
	dorsal	1,09	0,87	1,28
9 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	1,17	0,73	0,00
	lab	0,84	1,28	1,71
	dorsal	1,10	0,79	<u>0,88</u>
10 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	1,49	0,75	0,00
	lab	0,19	1,57	0,65
	dorsal	1,51	0,62	1,51
11 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	1,24	0,76	0,59
	lab	0,39	1,58	2,32
	dorsal	1,05	0,98	<u>0,64</u>

12 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	<u>0,84</u>	1,21	0,79
	lab	0,78	<u>1,25</u>	1,39
	dorsal	1,35	0,57	<u>0,98</u>
13 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	<u>0,47</u>	1,45	1,06
	lab	0,24	<u>1,33</u>	2,09
	dorsal	1,00	1,00	<u>1,00</u>
14 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	<u>1,92</u>	0,99	0,77
	lab	0,22	<u>1,07</u>	1,14
	dorsal	1,82	0,71	<u>1,05</u>
15 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	<u>1,11</u>	1,06	0,84
	lab	0,74	<u>0,92</u>	1,30
	dorsal	1,15	0,98	<u>0,92</u>
16 mois	C / V	ant	mid	post
	cor	<u>1,09</u>	0,90	1,13
	lab	0,87	<u>1,21</u>	0,67
	dorsal	1,01	0,82	<u>1,36</u>
TOTAL	TOTAL	ant	mid	post
	cor	<u>3,14</u>	0,53	0,15
	lab	3,40	<u>0,77</u>	0,47
	dorsal	2,86	0,52	<u>0,23</u>

Tableau III-27 : tableaux des ratios entre les co-occurrences attestées et les co-occurrences attendues par mois et sur la totalité du babillage pour le sujet C.

A partir des tableaux de ratios, où les chiffres en gras représentent les ratios de co-occurrences supérieurs à 1 et les ratios soulignés représentent les co-occurrences attendues (favorisées) par MacNeilage & Davis, nous pouvons observer que les co-occurrences favorisées sont fréquemment observées. Par contre nous observons aussi fréquemment des co-occurrences closant labial - vocant postérieur et closant vélaire - vocant antérieur, et cela dès les premiers mois du babillage.

Nous avons donc effectué un test du χ^2 , afin d'observer la distance entre les effectifs réellement observés et les effectifs théoriques et de savoir si, sur le total des productions observées, le nombre de co-occurrences en accord avec MacNeilage (favorisées) est significativement supérieur au hasard. Le test du χ^2 n'est pas significatif (de 7 à 12 mois $\chi^2 =$

3,86, $p > 0,10$ et de 13 à 16 mois $\chi^2 = 6,46$, $p < 0,10$) pour les co-occurrences proposées par MacNeilage sur la totalité des productions de notre sujet de 7 à 16 mois.

Ces résultats ne confirment donc pas la *dominance des cadres* dans le babillage et il est important de souligner la présence de co-occurrences closant labial - vocant postérieur et closant vélaire- vocant antérieur en nombre important dès le début du babillage.

Zmarich & Ferrero (1999) ne confirment pas non plus les co-occurrences dans leur étude sur deux enfants italiens âgés de 10 à 16 mois, et retrouvent tout comme nous, la présence de co-occurrences closant labial - vocant postérieur et closant vélaire- vocant antérieur en nombre important dès le début du babillage.

III.2.2. Test de la 5^{ème} tendance de la *dominance des cadres* : prédominance du patron Labial-Coronal ?

Dans les inventaires phonologiques des langues du monde, les formes CVCV de type LC sont environ 2.5 fois plus fréquentes que celles de types CL (coronale/labiale) (cf. Locke (1983); MacNeilage & Davis (2000); Rousset (2004), Carrissimo-Bertola, (2010). L'effet LC se retrouve dans les inventaires des premiers mots de l'enfant à l'âge d'environ 12-16 mois (Ingram, 1974; Locke, 2000; MacNeilage & Davis, 2000).

Afin d'observer la prédominance ou non du patron Labial-Coronal (LC) chez notre sujet, nous avons recherché manuellement dans nos données les changements de lieux d'un closant à l'autre au sein d'une même production multi-syllabique. Nous avons observé les changements de lieux à l'intérieur d'une même syllabe pour chaque mois chez notre sujet (cf. Figure III-39 et tableaux III-28 et III-29).

A partir de nos données nous ne retrouvons à aucun mois, ni même à l'apparition des premiers mots, la prédominance du patron labial-coronal ($\chi^2 = 17,17$, $p > 0,5$) observé par MacNeilage et Davis. Par contre, nous observons une quantité relativement importante des patrons coronal-labial et coronal-vélaire lors des premiers mots. En effet, les changements de lieux dans le sens coronal/labial sont majoritaires à 7, 13, 14 et 15 mois, ceux dans le sens coronal/vélaire sont majoritaires à 8, 10 et 11 mois, et à 9 mois, les changements de lieux majoritaires sont ceux dans le sens vélaire/labial.

Cependant, le patron LC apparait dans des proportions plus importantes (autour de 20%) à partir de 13 mois, ce qui coïncide avec l'apparition des premiers mots chez notre sujet C. Nous ne pouvons donc pas confirmer la prédominance du patron labial-coronal proposé par

MacNeilage et Davis, ni soutenir l'idée que le patron LC apparaîtrait au moment des premiers mots comme la première variation intersyllabique issue de contraintes motrices.

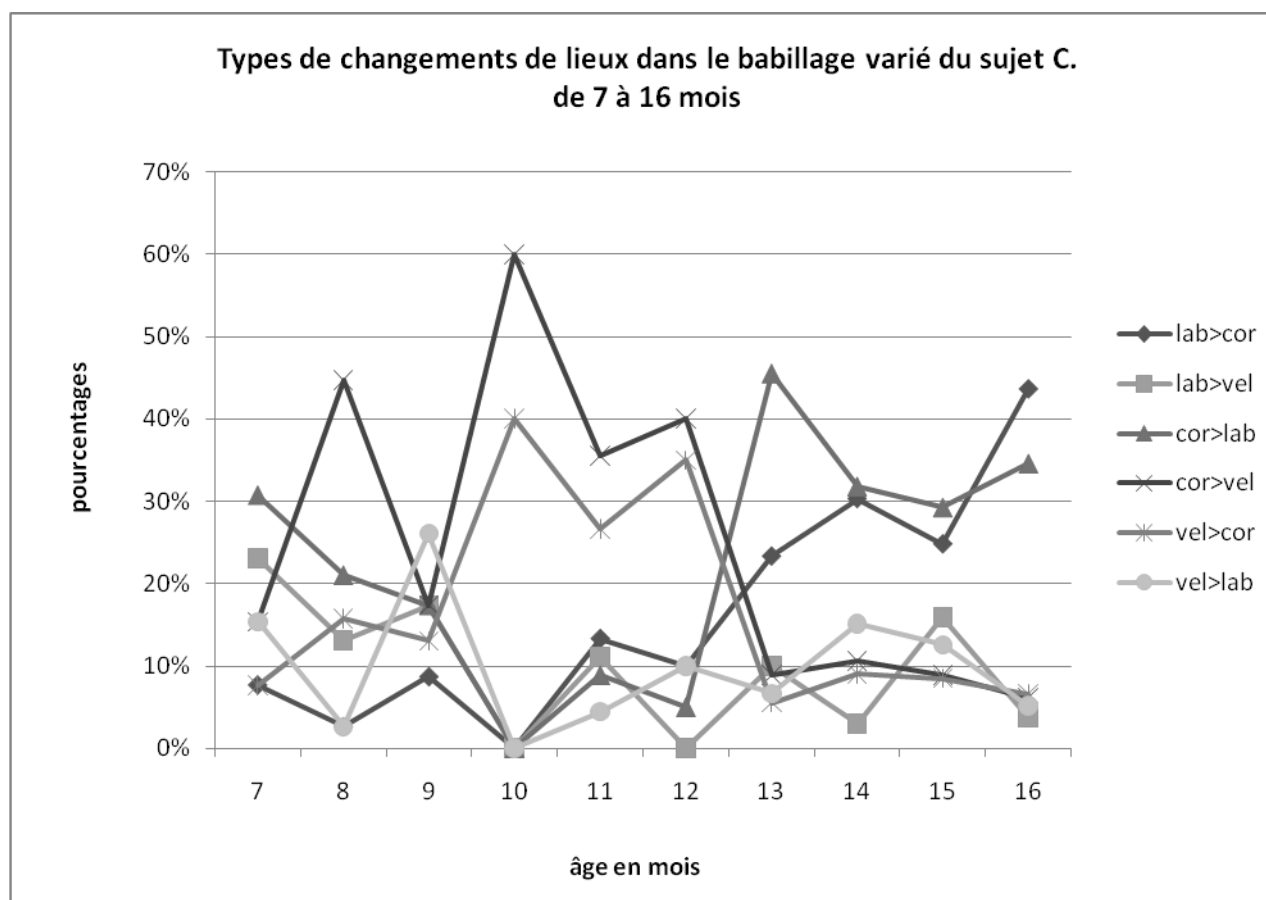


Figure III-39 : changements de lieux dans une même production pluri-syllabique de 7 à 16 mois pour le sujet C.

VAR	lab / cor	lab / vel	cor / lab	cor / vel	vel / lab	vel / cor	TOTAL
7 mois	1	3	4	2	2	1	13
8 mois	1	5	8	17	1	6	38
9 mois	2	4	4	4	6	3	23
10 mois	0	0	0	3	0	2	5
11 mois	6	5	4	16	2	12	45
12 mois	2	0	1	8	2	7	20
13 mois	21	9	41	8	6	5	90
14 mois	20	2	21	7	10	6	66
15 mois	67	43	79	24	34	23	270
16 mois	92	8	73	13	11	14	211
TOTAL	212	79	235	102	74	79	781

Tableau III-28 : nombre de changements de lieux dans une même production pluri-syllabique de 7 à 16 mois pour le sujet C.

VAR	lab / cor	lab / vel	cor / lab	cor / vel	vel / lab	vel / cor	TOTAL
7 mois	8%	23%	31%	15%	15%	8%	100%
8 mois	3%	13%	21%	45%	3%	16%	100%
9 mois	9%	17%	17%	17%	26%	13%	100%
10 mois	0%	0%	0%	60%	0%	40%	100%
11 mois	13%	11%	9%	36%	4%	27%	100%
12 mois	10%	0%	5%	40%	10%	35%	100%
13 mois	23%	10%	46%	9%	7%	6%	100%
14 mois	30%	3%	32%	11%	15%	9%	100%
15 mois	25%	16%	29%	9%	13%	9%	100%
16 mois	44%	4%	35%	6%	5%	7%	100%

Tableau III-29 : pourcentages de changements de lieux dans une même production pluri-syllabique de 7 à 16 mois pour le sujet C.

Des études au GIPSA-Lab (Rochet-Capellan & Schwartz, 2007) ont montré que la séquence constriction labiale puis coronale constitue une forme de coordination plus stable pour le système articulatoire que l'inverse.

Sato & al. (2006) fournissent un premier argument allant en ce sens. Selon ces auteurs, il serait plus facile de produire une labiale et ensuite une coronale d'un point de vue moteur. Il est possible de fermer les lèvres pour une bilabiale et de placer la langue pour une coronale pendant l'occlusion de la bilabiale alors que le fonctionnement inverse est impossible. Le passage d'une labiale à une coronale peut donc s'effectuer très simplement et très rapidement. Sato & al. (2007) ont aussi mis en évidence un corrélât perceptif stable pour le patron LC. Ainsi, la plus grande stabilité des formes LC par rapport aux formes CL se retrouverait sur les plans moteur et perceptif.

Nous proposons donc que le patron LC soit dû à des contraintes articulatoires sur les stratégies motrices adultes, et que le bébé favorise ce patron après plusieurs mois de babillage, soit parce qu'il le perçoit beaucoup dans son environnement, soit parce qu'il se met à utiliser des stratégies d'anticipation articulatoires. Cependant notre sujet n'illustre pas cette hypothèse.

III.3. Conclusion sur l'inventaire phonétique et la *dominance des cadres*

Nous pouvons dire que nous retrouvons dans nos données les grandes tendances du babillage. En effet, en ce qui concerne les types de lieux d'articulation les plus fréquents dans le babillage, plusieurs études ont montré que les lieux bilabial et coronal étaient les plus exploités. Il en est de même pour notre sujet qui produit ces deux types de lieux en majorité avec une préférence pour les closants coronaux.

Pour ce qui est des modes d'articulation, les plus fréquents dans le babillage sont les modes occlusif, nasal et approximant. Notre sujet montre une nette préférence pour le mode occlusif de 8 à 16 mois, et les modes retrouvés les plus fréquemment après celui-ci sont les modes nasal et approximant.

Nous avons aussi cherché à savoir quelles étaient les proportions de babillage varié et redupliqué dans le babillage de notre sujet et si ces deux types apparaissaient simultanément. Nos résultats nous ont montré que les deux types de babillages étaient présents dès 7 mois d'une part, et que le babillage redupliqué était majoritaire jusqu'à 12 mois. A partir de 13 mois, le babillage varié est plus important que le redupliqué, le babillage où seul le vocant varie est majoritaire à 13 et 14 mois, puis le babillage varié au niveau du vocant et du closant est majoritaire à 15 et 16 mois. Nous pouvons proposer comme interprétation de ces résultats que la variation apparaît en plus grand nombre au moment des premiers mots de notre sujet et ceci coïnciderait avec une plus grande habileté motrice du conduit vocal et de ses articulateurs.

En ce qui concerne l'hypothèse de la *dominance des cadres*, nos données ne la confirment que partiellement.

Nous pouvons dire que nos données sur les vocants sont en accord avec l'hypothèse de la *dominance des cadres* puisqu'ils sont d'une part, majoritairement centraux et antérieurs jusqu'à 13 mois. A partir de 13 mois, notre sujet produit des vocants centraux mais aussi postérieurs. Nous pouvons attribuer ce grand nombre de vocants postérieurs avec l'apparition des premiers mots et notamment [no] (pour « non »), [bato] et [lo] (pour « bateau sur l'eau »). D'autre part, lorsqu'il y a changement, les changements d'un vocant à l'autre au sein d'une même production se font majoritairement sur l'axe vertical, plutôt qu'horizontal ou diagonal.

Par contre, pour ce qui est des co-occurrences, du patron Labial-Coronal et des changements de lieu plutôt que de mode d'articulation pour les closants, les données de ce sujet ne confirment pas l'hypothèse de la *dominance des cadres*.

En effet, nous ne retrouvons pas les co-occurrences de manière significative dans nos données. Même si notre sujet produit fréquemment des closants coronaux - vocants antérieurs, closants labiaux - vocants centraux et closants dorsaux - vocants postérieurs, les autres types de combinaisons et notamment les closant labiaux - vocants postérieurs et closants vélaire - vocants antérieurs sont suffisamment présents pour être favorisés par rapport aux autres.

Nous n'avons pas non plus observé le patron LC en majorité ni dans le babillage ni dans les premiers mots, mais plutôt une préférence pour les patrons Coronal-Labial et Coronal-Vélaire. Pour les types de changements entre deux closants d'une même production, lorsqu'il y a un changement, ceux-ci se font aussi bien sur le mode que sur le lieu sans préférence pour l'un ou l'autre type de changement.

Il semblerait donc que les oscillations mandibulaires ne prédominent pas dans le babillage et les premiers mots au point de leur attribuer toutes les tendances de productions observables chez les jeunes sujets.

Après avoir observé la structure phonétique du babillage et le contrôle spatial des articulateurs supra-glottiques, nous allons nous intéresser dans le chapitre suivant au contrôle des oscillations mandibulaires. En effet, nous venons de voir que nos données montrent peu de variations et peu d'évolutions dans l'inventaire phonétique, et que l'explication radicale qui consiste à dire que seul le mouvement de la mandibule est responsable des productions du babillage est difficile à étayer. Nous allons donc chercher quels autres types de contrôles peuvent expliquer les productions du babillage de 7 à 16 mois chez notre sujet, ainsi que leurs évolutions au cours de cette période. Nous allons, en particulier, tenter de proposer un scénario pour expliquer l'émergence des premiers mots et l'entrée dans la langue maternelle.

Chapitre IV

Le contrôle du rythme mandibulaire ou l'apparition des structures syllabiques et prosodiques des premiers mots

Nous avons montré au chapitre III en quoi nos données pouvaient permettre de soutenir en partie l'hypothèse formulée par MacNeilage (1998, cf. Chapitre I, partie I.3.1) selon laquelle le babillage correspondrait à la capacité d'initier des oscillations mandibulaires répétées, ce qui représenterait la base de la parole (*Frame*), à partir de laquelle l'enfant pourra ajouter du contenu segmental (*Content*) grâce aux contrôles des articulateurs portés.

La question que nous souhaitons maintenant traiter est celle de l'évolution du rythme du babillage au contrôle rythmique des premiers mots, contrôle qui sera alors adapté à celui de la langue maternelle. L'hypothèse de base de MacNeilage implique que les productions vocales doivent être rythmiques et monotones lors de la période du babillage, en l'absence de tout contrôle mandibulaire. Cela suppose que dans la période qui suit l'émergence du babillage canonique, l'enfant devra acquérir le contrôle rythmique des oscillations mandibulaires afin de pouvoir adapter ses productions de babillage au patron rythmique de sa langue maternelle, et ainsi acquérir l'un des facteurs importants pour former les premiers mots.

Le mot, à partir de cette hypothèse, correspondrait, pour nous, à une unité sonore indépendante avec un rythme spécifique. L'émergence d'une structure sonore rythmique et indépendante serait alors un indice du développement phonologique et lexical, auquel s'ajouterait au fur et à mesure un développement phonétique et articulaire qui rendrait les productions plus précises.

Pour produire un bon premier mot au niveau rythmique, trois ingrédients nous semblent importants à maîtriser.

Tout d'abord, il faut pouvoir maîtriser le rythme des oscillations mandibulaires afin de produire des rythmes *variés*, et ne pas produire seulement le rythme adapté par défaut au système biomécanique de production de la parole. Ensuite, si babiller implique d'être capable d'initier une série d'oscillations mandibulaires, produire un mot demande d'être capable de *stopper* les oscillations à un moment donné et surtout après deux cycles, car 2/3 des langues du monde ont des mots longs de 2 ou 3 syllabes (Rousset, 2004). Produire un mot c'est donc être capable de produire des séquences bisyllabiques discrètes.

Et enfin, la production doit être reconnue comme un mot, et ceci se fera si le rythme de cette production est *adapté* au patron prosodique de la langue maternelle de l'enfant.

Nous avons donc cherché à répondre à trois questions à partir de nos données :

Quand apparaît le contrôle rythmique des oscillations mandibulaires, c'est-à-dire, à partir de quand le rythme des oscillations mandibulaires ne sera plus un rythme biologique monotone mais un rythme contrôlé et varié ?

Quelle est l'évolution de la proportion des dissyllabes entre 7 et 16 mois, et donc la proportion d'unités indépendantes par rapport à l'ensemble des productions vocales de l'enfant ?

Quand est-ce que l'enfant adapte le rythme de ses productions au patron prosodique des mots français adultes, c'est-à-dire au rythme de sa langue maternelle ?

Nous allons d'abord poser les bases théoriques (linguistiques, phonétiques et développementales) qui nous permettront ensuite de présenter notre travail et nos résultats.

IV.1. Du rythme biologique au rythme linguistique

IV.1.1. La première année de vie, une période d'intense activité rythmique

Le babillage est conçu par de nombreux chercheurs comme un comportement rythmique appartenant à part entière à un processus global de développement des comportements rythmiques de l'enfant. En effet, il semblerait que le babillage évolue suivant des étapes relativement parallèles et similaires à des étapes de développement moteur de la jambe, du pied ou de la main.

Kent (1992) défend l'idée que la structure rythmique n'est pas uniquement dédiée au comportement vocal, mais fait partie de comportements moteurs plus généraux, dans la mesure où ces comportements surviennent dans la même gamme d'âge que le comportement rythmique vocal. Les activités rythmiques des jambes, du tronc, des mains, des doigts surviennent immédiatement avant ou en même temps que le début du babillage. C'est ce que nous allons développer dans cette partie.

IV.1.1.1. Une activité rythmique de la jambe et de la main

De nombreuses études ont montré que l'activité rythmique était intense durant la première année de vie de l'enfant. Cette activité rythmique est repérable dans les mouvements de mains, bras, jambes, et mandibule.

Thelen (1981), dans une étude sur le processus développemental du comportement rythmique chez l'enfant, a pu montrer que les enfants respectaient une tendance générale des mouvements à former des patrons répétitifs. En particulier, elle a observé que l'activité des battements de main culminait autour de 6 -7 mois chez l'enfant, soit à la même période que le début du babillage. Selon elle, ces stéréotypes rythmiques se retrouvent dans d'autres espèces, et semblent constituer des patrons moteurs très organisés qui vont être à la base de compétences motrices ultérieures, coordonnées et plus complexes.

Ejiri (1998) a mené une étude sur vingt-huit enfants japonais âgés de 5 à 9 mois, afin de relever quels types de comportement rythmique émergent lorsque l'enfant entre dans le babillage, et afin de déterminer à quelles fréquences ces activités rythmiques surviennent dans des conditions naturelles. Elle a montré que les mouvements rythmiques de mains et de jambes étaient présents et en proportion identique 3 mois avant le début du babillage canonique (cf. Figure IV- 40 ci-dessous). Les mouvements rythmiques de jambes vont être stables jusqu'à l'apparition du babillage canonique, puis ils vont diminuer. Les mouvements rythmiques de mains vont augmenter jusqu'au babillage canonique et se stabiliser tout en restant en forte proportion pendant les 3 mois suivant l'apparition du babillage canonique. Ces résultats confirment les propos de Kent (1992).

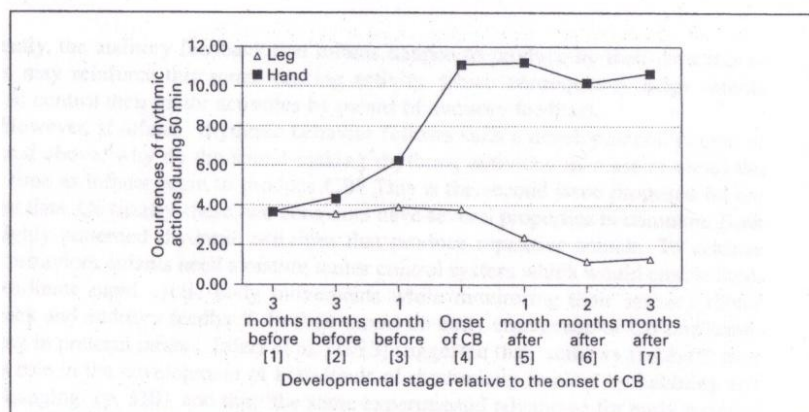


Figure IV-40 : Graphique représentant le nombre de mouvements rythmiques de mains (en noir) et de jambe (en blanc) pendant 50 minutes à 3 mois, 2 mois et 1 mois avant le début du babillage canonique, au moment du babillage canonique, et 1 mois, 2 mois et 3 mois après le début du babillage canonique (en abscisses).

IV.1.1.2. Importance du retour sensoriel dans le développement de l'activité rythmique

Dans la même étude, Ejiri (1998) observe l'effet du retour auditif sur l'activité rythmique. Deux hochets, un audible et un autre inaudible, ont été donnés à l'enfant afin de mesurer son activité rythmique. L'auteur observe (cf. Figure IV-41 ci-dessous) qu'au début du babillage, les enfants secouent plus significativement les hochets, avec un nombre moyen de secousses rythmiques atteignant son pic autour du début du babillage. Plus précisément, les activités de main rythmiques sont survenues plus fréquemment aux étapes du début du babillage et un mois après, plutôt que durant les mois précédant l'émergence du babillage, et ceci indépendamment de l'audibilité du hochet.

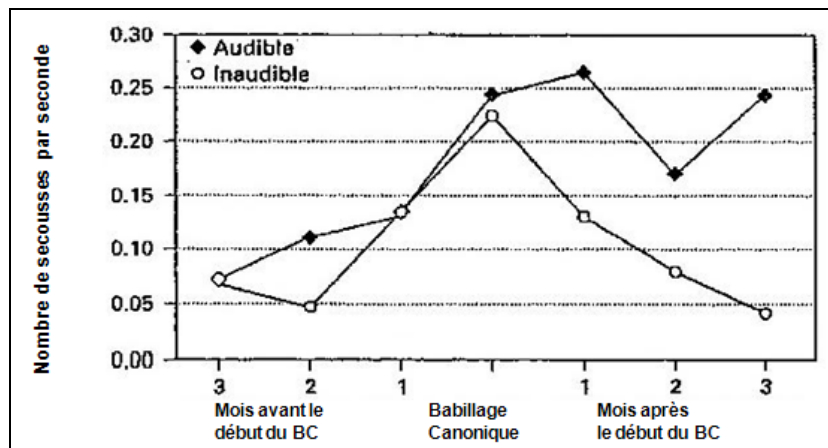


Figure IV-41 : Graphique représentant le nombre de secousses du hochet audible (en noir) et du hochet inaudible (en blanc) par seconde (ordonnées) 3, mois, 2 mois et 1 mois avant le début du babillage canonique, au moment du babillage canonique, et 1 mois, 2 mois et 3 mois après le début du babillage canonique (en abscisses).

IV.1.1.3. Le babillage : une activité motrice rythmique

a). Des rythmes spécifiques

Bickley & al. (1986) ont montré dans une étude que dans le babillage tout comme dans les premiers mots, une organisation quasi-syllabique temporelle était observable aussi bien sur le

spectrogramme que sur la courbe d'amplitude de productions CVCV (cf. Figure IV-42 ci-dessous).

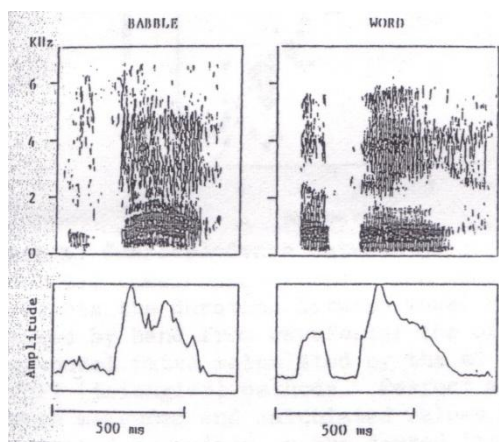


Figure IV-42 : à gauche, spectrogramme et courbe d'amplitude d'une production CVCV dans le babillage. A droite spectrogramme et courbe d'amplitude d'une production CVCV dans les premiers mots (d'après Bickley & al., 1986).

D'autre part, Bickley & al.(1986) ont observé parmi les productions du babillage des enfants étudiés, qu'à 13 mois, les enfants étaient capables de produire des séquences de babillage redupliquées avec un rythme régulier, rythme plus lent que celui de l'adulte (plus de 500 ms chez l'enfant contre 250 ms chez l'adulte), et rythme spécifique à ce type de productions redupliquées par rapport à d'autres types de productions (cf. Figure IV-43 ci-dessous).

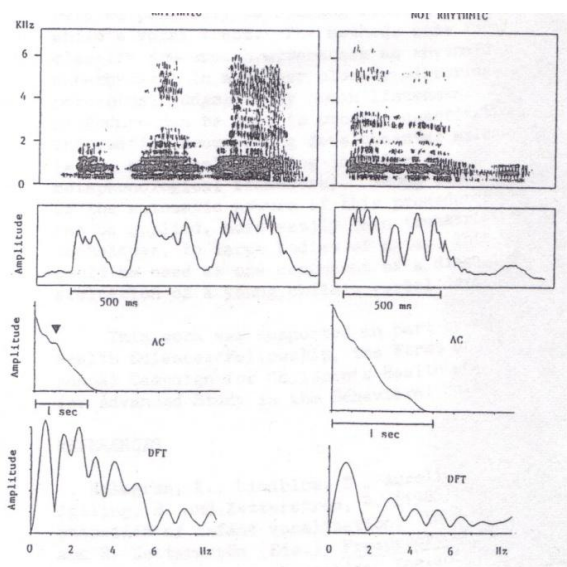


Figure IV-43 : à gauche, spectrogramme, courbe d'amplitude et analyses des enveloppes spectrales d'une production redupliquée dans le babillage. A droite spectrogramme, courbe d'amplitude et analyses des enveloppes spectrales d'une production non rythmique du babillage (d'après Bickley & al., 1986).

Petitto & al. (2001) ont effectué des enregistrements d'activité rythmique manuelle avec le système OPTOTRAK chez des bébés entendants d'environ 7 mois (stade du babillage) exposés à la langue des signes pour un groupe et à la langue orale pour l'autre groupe. Le but était d'observer s'il y avait une différence de rythme de la main chez les enfants suivant le type d'*input* reçu. Petitto & al. ont décidé, par rapport à la proposition de Thelen (1981), de prendre comme point d'ancrage le babillage canonique car il s'inscrit dans la même périodicité que les autres activités rythmiques. Les mesures montrent que les bébés exposés à la langue des signes n'ont pas le même patron rythmique manuel que les bébés exposés à la langue orale (cf. Figure IV-44 ci-dessous). Les bébés exposés à la langue des signes présentent deux pics d'activités rythmiques : un pic d'activité rythmique manuelle à 1,5 Hz et un second autour de 2,5 Hz. Alors que les bébés exposés à la langue orale ne présentent qu'un pic autour de 3,5 Hz. Petitto & al. (2001, 2004) montrent donc qu'il existe un patron d'activité rythmique manuelle spécifique à l'*input* auquel sont exposés les enfants. En effet, le pic de 1,5 Hz pour les enfants exposés à la langue des signes correspondrait au patron rythmique du signe adulte en langue des signes. Et le pic de 3,5 Hz pour les enfants non exposés à la langue des signes correspondrait aux mouvements de mains accompagnant les mouvements rythmiques mandibulaires du babillage oral (Ducey, 2007). De plus, les enfants non exposés à la langue des signes ne présenteraient pas le pic à 1,5 Hz car ils ne sont pas exposés aux signes manuels. Pour Bonvillian & al., (1985), le mouvement de basse fréquence de 1,5 Hz, qui apparaît très tôt (7 mois) et qui est très fréquent en langue des signes et dans les bases de données d'enfants sourds, pourrait être interprété comme un pointer répétitif.

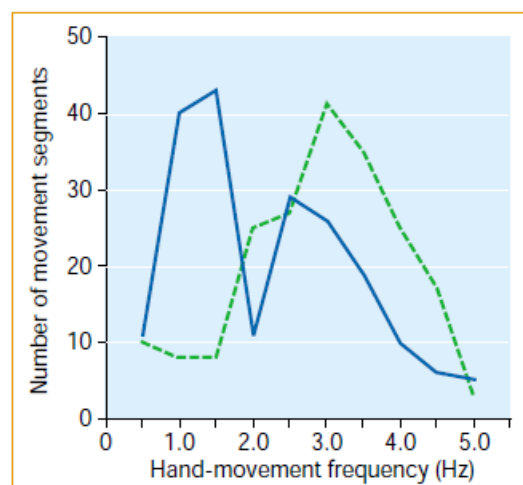


Figure IV-44 : En trait plein, patron rythmique des enfants exposés à la langue des signes et en trait en pointillés, patron rythmique des enfants non-exposés à la langue des signes (d'après Petitto & al, 2001).

b). La perception du rythme

Friederici, Friedrich & Christophe (2007) ont démontré à partir de mesures électrophysiologiques sur cinquante bébés français et cinquante bébés allemands âgés de 4-5 mois que les enfants discriminaient le patron rythmique de leur langue maternelle. L'allemand et le français diffèrent par leur patron prosodique. L'Allemand accentue les mots dissyllabiques sur la première syllabe alors que le Français accentue la seconde. Friederici & al. ont présenté la séquence [baba], qui est un non-mot en français comme en allemand, accentué sur la première syllabe puis sur la seconde. Le groupe d'enfants allemands montre une activité cérébrale de reconnaissance du stimulus accentué sur la première syllabe, et le groupe d'enfants français montre une activité cérébrale de reconnaissance du stimulus accentué sur la seconde syllabe.

Dans une étude comparative, Höle & al. (2009) se sont intéressés à la perception des patrons trochaïques et iambiques chez des enfants français et allemands âgés de 4 à 6 mois. Le protocole utilisé était le HPP (le *Headturn Preference Paradigm*), c'est-à-dire que l'enfant tourne la tête toujours du même côté lorsqu'il perçoit le stimulus qu'il préfère. Les résultats montrent que les enfants allemands ont une préférence pour le patron trochaïque (syllabe 1 accentuée dans CVCV). Par contre, les auteurs ne retrouvent pas de préférence pour le patron iambique à 4 et 6 mois chez les enfants français. Pour les auteurs, les enfants discriminent bien ces deux patrons, mais ne considèrent pas le patron iambique comme le patron de leur langue maternelle. Pour les auteurs, ces résultats des enfants français confirment que le patron prosodique du français adulte n'est pas iambique.

IV.1.2. L'émergence du contrôle : le passage d'un rythme monotone à la production d'unités indépendantes

IV.1.2.1. Un parallèle entre les activités rythmiques générales et le babillage

Les jeunes enfants utilisent très tôt les gestes dans un but communicatif. Des études comme celles de Bates & al. (1979) indiquent que le « pointage communicatif » est le meilleur prédicteur des premières performances linguistiques.

Bates & Dick (2002) rapportent un lien de parenté étroit entre geste et parole chez l'enfant. Ils notent (comme Thelen, 1981) que le babillage canonique est fortement lié à l'apparition du rythme de la main. En effet, les enfants produisent typiquement leurs premiers gestes rythmiques entre 9 et 12 mois. Le battement rythmique des bras, une action souvent liée à l'activité rythmique du babillage, survient assez fréquemment en cooccurrence avec le babillage chez les enfants autour de 7 mois.

Puis, entre 8 et 10 mois, l'enfant commence à donner les signes d'une compréhension des mots, et qui est corrélée avec l'émergence de gestes déictiques. On peut dire que le *banging* (gestes de secousses rythmiques répétées des deux bras) est au babillage ce que le pointer (un seul geste indépendant) est au premier mot. Le rythme va alors évoluer aussi bien au niveau de la parole que du geste, du non-sens vers le sens, du comportement mécanique vers le symbolique, et du continu vers le discret (cf. tableau IV-30).

Age In Months	Language Milestones	Gestural Correlates	References
6-8	Canonical babbling	Rhythmic hand movements	(Locke, 1993; Masataka, 2001)
8-10	word comprehension	Deictic gestures, gestural routines, first tool use	(Bates, 1979; Bates, Benigni, Bretherton, Camaioni, & Volterra, 1977; Bates & Snyder, 1987)
11-13	word production (naming)	Recognitory gestures	(Bates, 1979; Bates et al., 1977; Bates et al., 1983; Bates & Snyder, 1987; Bates & Thal, 1991; Bates, Thal, Whitesell, Fenson, & Oakes, 1989; Caselli, 1990; Shore et al., 1990; Volterra et al., 1979)
18-20	Word combinations	Gesture-word & gesture-gesture combinations	(Bauer, Hertsgaard, Dropik, & Daly, 1998; Bauer & Thal, 1990; Bauer, Wenner, Dropik, & Wewerka, 2000; Capirci, Iverson, Pizzuto, & Volterra, 1996a; Iverson & Thal, 1997; Iverson, Capirci, & Caselli, 1994; Shore et al., 1984)
24-30	Grammaticization	Sequences of 3-5 arbitrarily ordered gestures	(Bauer et al., 1998; Bauer & Thal, 1990; Bauer et al., 2000)

Tableau IV-30 : relations entre les étapes du langage et les étapes du geste d'après Bates & Dick (2002).

Morford & Goldin-Meadow (1992), s'intéressant aux rôles que jouent les gestes dans les premières étapes de l'apprentissage du langage, ont constaté que, d'une part, tous les enfants produisent spontanément des gestes en combinaison avec la parole, et que, d'autre part, ils sont tous capables de comprendre les gestes quand ils leur sont présentés en combinaison avec la parole. Ils relatent, eux aussi, que les enfants utilisent les gestes pour communiquer, plusieurs mois avant qu'ils ne commencent à parler.

IV.1.2.2. Du geste manuel au geste de pointer : relations entre rythme des mots et rythme du pointer

Ducey (2007) propose un « rendez-vous développemental » (cf. Figure IV-45 ci-dessous) entre ce qu'elle nomme le cadre de la parole et le cadre du signe. Tandis que le cadre de la parole (*Speech Frame*) s'établit sous la forme du babillage canonique, vers 6 mois, le cadre du signe (*Sign Frame*) se manifeste tout d'abord sous la forme du pointage dit impératif vers 9 mois, avant de donner lieu au pointage dit déclaratif. Ce dernier apparaît avec les premiers mots, tandis que le cadre de la parole permet à ce moment-là de coarticuler voyelle et consonne (Sussman & al. 1999).

L'auteur a testé l'existence d'un rapport harmonique entre cadre de la parole et cadre du signe. Pour cela, elle a récolté la distribution des fréquences de babillage, puis celle des durées des pointers de 6 sujets, âgés de 6 à 18 mois, suivis sur 12 mois.

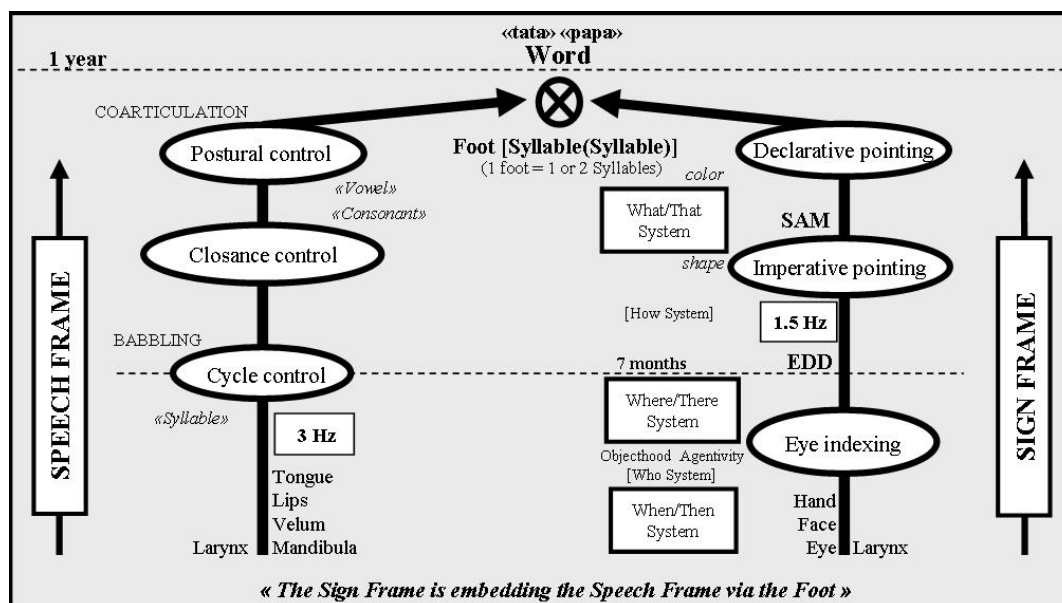


Figure IV-45 : Schéma illustrant l'hypothèse du Rendez-vous développemental proposé par Ducey (2007).

L'auteur montre qu'avec un mode rythmique de babillage à 3Hz et des durées de pointers *strokes* de 600-700 ms (1.5Hz), elle peut rendre compte du gabarit (*template*) des premiers mots. Le mot sera alors composé de deux syllabes rythmées qui feront sens comme le pointer déclaratif.

IV.2. Du rythme biologique au rythme contrôlé : quand le rythme du babillage se sépare du rythme biologique

Lorsque l'on s'intéresse à l'étude du babillage, on est tenté dans un premier temps de se poser la question de la mise en place du contrôle du rythme mandibulaire chez l'enfant.

Quelle est donc sa fréquence ? Sa fréquence est-elle différente suivant la langue maternelle de l'enfant ? Quelle est l'évolution du rythme mandibulaire depuis son apparition ?

La mandibule est un os large qui bouge grâce à l'action de muscles puissants qui prennent ancrage dans la base du crane. Le système mandibulaire complet est très lourd et bouge avec beaucoup d'inertie. Si l'on considère que le babillage est le résultat d'une habileté motrice d'oscillation mandibulaire, cela n'implique pas pour autant que le bébé est capable de produire des patrons rythmiques variés de ces oscillations. On suppose plutôt que les oscillations rythmées sont le produit du rythme biologique du système, sans variation volontaire, et l'apparition de ces variations rythmiques serait alors la preuve que l'enfant est en train d'acquiescer le contrôle du rythme de son système mandibulaire.

Nous avons cherché à repérer l'émergence des variations rythmiques, du patron de mot et de l'adaptation rythmique à la langue maternelle à travers des mesures de syllabes du babillage et des premiers mots chez notre sujet.

IV.2.1. Emergence des variations rythmiques

L'étude de l'évolution des oscillations rythmiques mandibulaires que nous avons menée s'est faite à partir de la mesure de la durée de 2807 syllabes CV chez notre sujet C. de 7 à 16 mois (cf. ANNEXE IV). Pour mesurer la durée de ces syllabes nous avons décidé de mesurer des syllabes CV appartenant à des trains de syllabes dissyllabiques ou pluri-syllabiques avec la forme CVCV. La mesure de la durée s'est toujours effectuée du début de la consonne à la fin de la voyelle (cf. Figure IV-46 ci-dessous). Nous sommes conscients que ce choix de mesure peut paraître approximatif pour mesurer la durée de la syllabe CV mais nous avons opté pour celui-ci afin d'obtenir suffisamment de données. En effet, il est préférable de mesurer VC pour plus de précision, mais mesurer VC dans une syllabe CVCV veut dire qu'on ne mesure

qu'une syllabe. Nous avons donc choisi un critère de mesure nous permettant de mesurer un plus grand nombre de syllabes.

Ensuite, nous avons classé nos mesures par mois et par ordre croissant de valeurs en millisecondes.

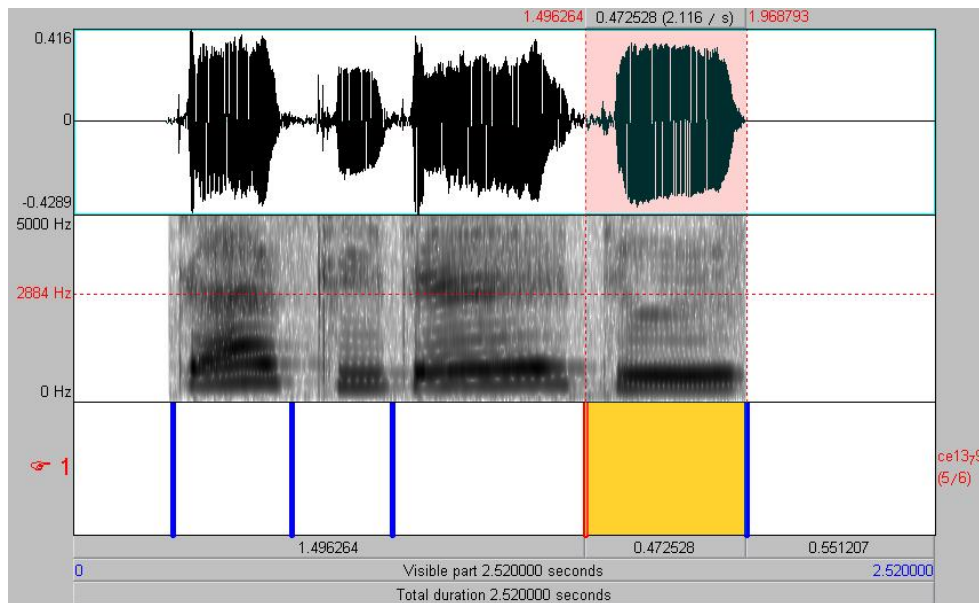
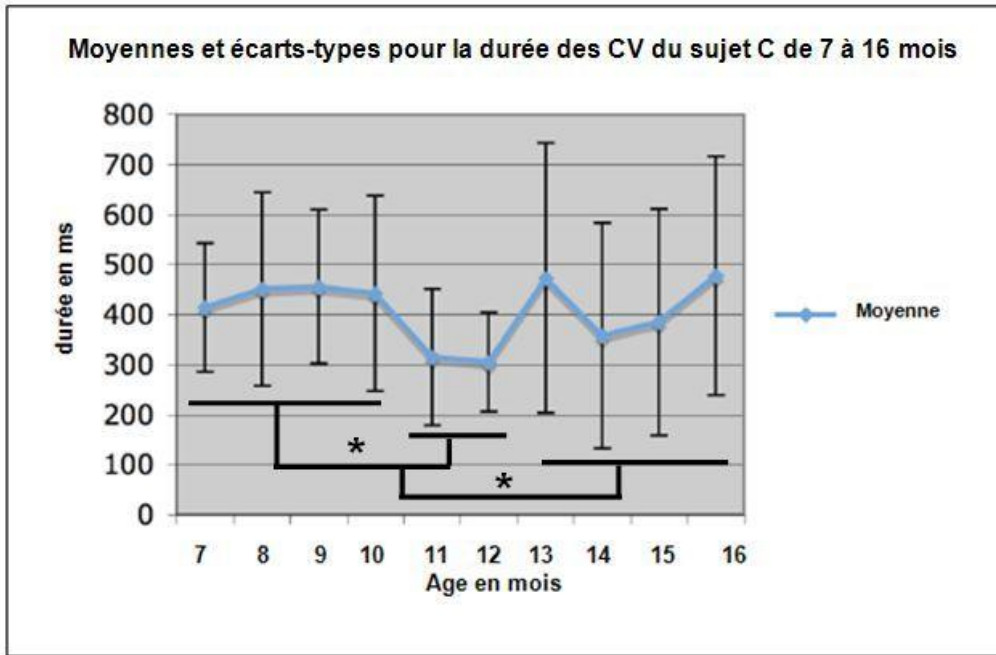


Figure IV-46 : Exemple de mesure de la durée des CV du début de la consonne à la fin de la voyelle.

Nous avons obtenu une dispersion des données en millisecondes pour la durée de toutes les syllabes par mois. Nous avons choisi de montrer ici trois figures qui représentent nos données globales (cf. IV-Figures 48, 49 et 50 ci-dessous).

Si nous regardons d'abord nos résultats (cf. IV-Figures 47 ci-dessous), ceux-ci montrent que la durée moyenne de toutes les syllabes CV de 7 à 10 mois est relativement stable autour de 450 ms. Puis, à 11 et 12 mois, la durée moyenne des syllabes est plus courte, autour de 300 ms. Enfin, de 12 à 16 mois, les productions ont des moyennes différentes et variées. Elles augmentent à plus de 450 ms à 13 mois et décroissent jusqu'à 300 ms à 14 et 15 mois pour réaugmenter à 16 mois autour de 450 ms. Nous pouvons donc dire que le rythme des oscillations mandibulaires se fait plus rapide à 11 mois mais nous ne pouvons pas attribuer cela à un contrôle de la mandibule sans regarder plus précisément nos données.



	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
Moyenne en ms	414	451	456	442	315	305	473	358	385	478
écart type	129	193	154	195	137	99	270	226	226	239
N	9	92	125	48	335	232	593	285	533	397

Figure IV-47 : Evolution de la durée moyenne des CV de 7 à 16 mois pour le sujet C et tableau des valeurs.

A partir de la distribution des valeurs en millisecondes pour chaque syllabe par mois, nous avons pu remarquer que de 7 à 10 mois la distribution était semblable à celle de la Figure 48 (cf. Figure IV-48 ci-dessous). La mandibule semble bouger avec le même rythme monotone autour de 450 millisecondes avec une dispersion entre 200 ms et 1000 ms. Nous pouvons considérer que ce rythme est le rythme biologique du système moteur.

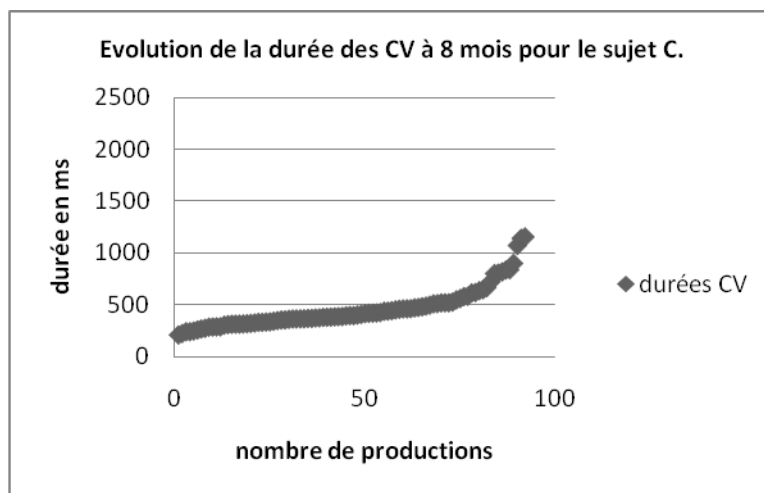


Figure IV-48 : Evolution des durées pour toutes les syllabes CV à 8 mois chez le sujet C.

A partir de 11 mois (cf. Figure IV-49 ci-dessous), l'enfant produit des durées de syllabes plus courtes, autour de 300 ms, avec une plage de variation de durées de syllabes identique à celles de 7 à 10 mois, c'est-à-dire entre 200 et 1000 ms. L'enfant semble avoir gagné en rapidité et avoir amorcé un contrôle du rythme mandibulaire. Le contrôle du rythme semble donc émerger autour de 11 mois car nous ne pouvons pas attribuer ce changement de rythme plus rapide à la croissance osseuse de la mandibule, comme le montrent les modèles de croissance crânienne (cf. Boë, 2007a) : l'os mandibulaire subit une croissance relativement stable, contrairement à ce qui se passe pour la croissance crânienne.

De 12 à 16 mois, les productions ont un rythme différent et varié (cf. Figure IV-50 ci-dessous). Elles augmentent à plus de 450 ms à 13 mois et décroissent jusqu'à 300 ms à 14 et 15 mois pour réaugmenter à 16 mois autour de 450 ms. Cette moyenne des durées de syllabes est variable mais la plage de variation des données s'est allongée. Les données s'étalent de 12 à 16 mois de 100 ms à 2000 ms.

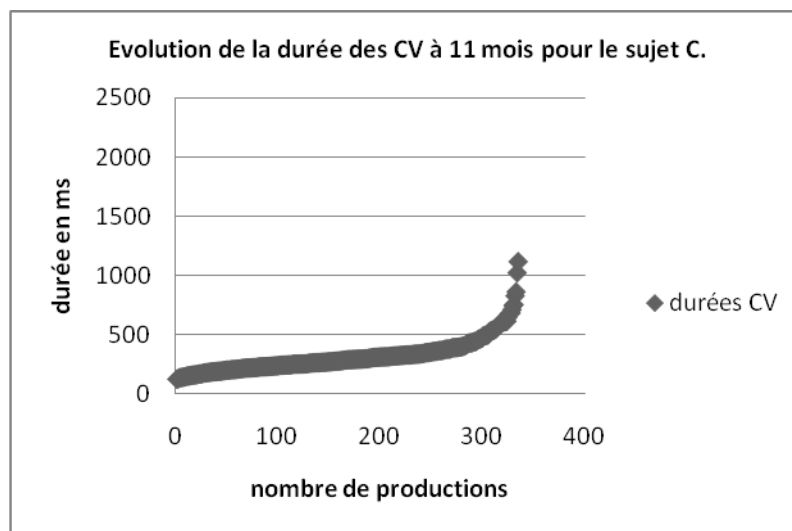


Figure IV-49 : Evolution des durées pour toutes les syllabes CV à 11 mois chez le sujet C.

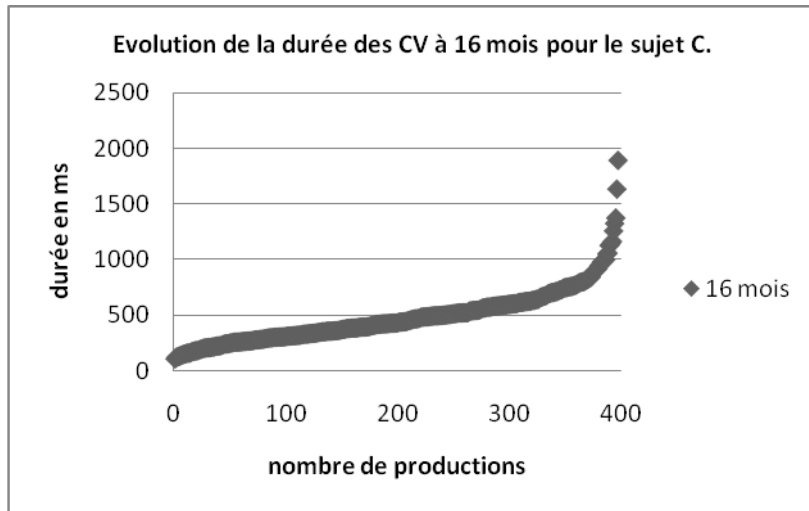


Figure IV-50 : Evolution des durées pour toutes les syllabes CV à 16 mois chez le sujet C.

La différence de durée ne peut être attribuée à une différence de rythme entre le rythme du babillage et le rythme des premiers mots car nous n'en avons pas trouvé de manière significative dans ces données. Par contre, les variations du rythme global des productions CV peuvent être expliquées par des évolutions plus complexes du contrôle du rythme. Nous avons donc observé l'évolution des séquences inter-syllabiques et plus particulièrement la nature des productions CVCV.

IV.2.2. Emergence d'un patron de mot ?

Sachant que les enfants (i) sont majoritairement exposés à des mots composés de 2 ou 3 syllabes, et que (ii) les syllabes CVCV sont les plus fréquentes dans les premiers mots (Vihman & al, 1994)), nous avons cherché à observer l'émergence du patron de mot et donc l'évolution de la proportion des CVCV dans le babillage et les premiers mots chez notre sujet. Tout comme pour d'autres recherches présentées dans le chapitre III, nous avons utilisé une commande pour rechercher automatiquement les séquences CVCV pour chaque session de notre corpus (cf. Figure IV-51 ci-dessous).

commande	<i>freq +t%cod + s\$pco:* prenom4.cha</i>
Résultat de la requête pour la commande donnée	<p>From file <prenom4.cha> 2 \$pco: 1 \$pco:ccv 1 \$pco:ccvc 24 \$pco:cv 2 \$pco:cvc 14 \$pco:cvcv 2 \$pco:cvcvc 8 \$pco:cvcvcv 1 \$pco:cvcvcvc 3 \$pco:cvcvcvcv 1 \$pco:v 2 \$pco:vc 10 \$pco:vcv 1 \$pco:vcvc 7 \$pco:vcvcv 1 \$pco:vcvcvc 2 \$pco:vcvcvcv 1 \$pco:vcvcvcvc</p> <hr/> 18 Total number of different word types used 83 Total number of words (tokens)

Figure IV-51 : commande de recherche des types de babillage et résultat de la requête pour la session 12.

A partir de cette recherche, nous avons étudié la proportion des CVCV entre 7 et 16 mois et nous avons obtenu les résultats suivants (cf. Figure IV-52 et Tableaux IV-31 et IV-32 ci-dessous) : entre 7 et 10 mois, il y a très peu de CVCV (entre 1% et 10 %) par rapport aux autres productions du babillage. A 11 mois, la proportion de CVCV augmente considérablement pour atteindre 30 % des productions du babillage. Il y a un pic à 12 mois à 40 % puis les proportions diminuent entre 13 et 15 mois pour atteindre 15% pour de nouveau augmenter à 16 mois. Entre 12 et 13 mois, période d'apparition des premiers mots pour notre sujet, les CVCV représentent quasiment la moitié des productions. Par contre à 14 et 15 mois, alors que le sujet produit plus de premiers mots, la proportion des CVCV diminue. Nous pouvons attribuer cette diminution au fait que le sujet C. produit aussi beaucoup de premiers mots monosyllabiques tels que « non » à cette période.

Dans tous les cas, l'apparition des premiers mots de notre sujet coïncide avec l'augmentation des productions CVCV.

Nous avons maintenant deux caractéristiques pour former un mot : la capacité de produire des rythmes variés et la possibilité d'arrêter l'oscillation mandibulaire après deux cycles. La question suivante est de savoir si l'enfant est capable de contrôler le rythme inter-syllabique à cet âge.

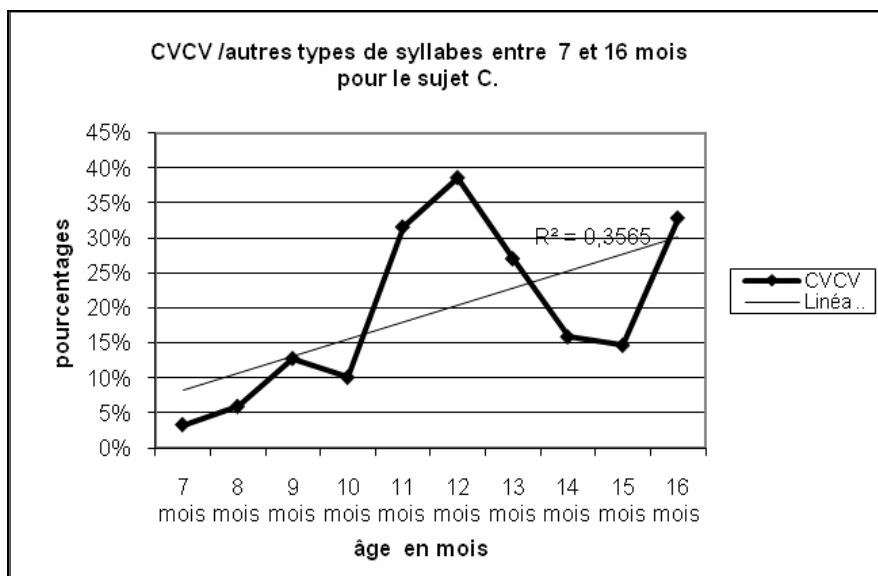


Figure IV-52 : Evolution des proportions CVCV vs. les autres types de productions entre 7 et 16 mois pour le sujet C.

	CVCV	CVCVCV...	CV	AUTRES	TOTAL
7 mois	4	1	12	105	122
8 mois	22	18	102	231	373
9 mois	25	24	40	107	196
10 mois	18	11	56	94	179
11 mois	179	30	110	251	567
12 mois	102	16	36	110	264
13 mois	232	48	241	337	858
14 mois	99	27	148	350	624
15 mois	128	78	206	463	875
16 mois	116	46	125	248	535

Tableau IV-31 : Tableaux des nombres de CVCV, CVCVCV..., CV et autres types de syllabes par mois pour le sujet C.

	CVCV	CVCVCV...	CV	AUTRES	TOTAL
7 mois	3%	1%	10%	86%	100%
8 mois	6%	5%	27%	62%	100%
9 mois	13%	12%	20%	55%	100%
10 mois	10%	6%	31%	53%	100%
11 mois	32%	5%	19%	44%	100%
12 mois	39%	6%	14%	42%	100%
13 mois	27%	6%	28%	39%	100%
14 mois	16%	4%	24%	56%	100%
15 mois	15%	9%	24%	53%	100%
16 mois	33%	13%	35%	70%	100%

Tableau IV-32 : Tableaux des pourcentages de CVCV, CVCVCV..., CV et autres types de syllabes par mois pour le sujet C.

IV.2.3. Emergence d'un rythme spécifique à la langue maternelle ?

De nombreuses études se sont penchées sur le patron prosodique du babillage et des premiers mots. Nous avons pour cela, reporté dans le tableau ci-dessous (cf. Tableau IV-33), les résultats de différentes études qui se sont intéressées aux syllabes CVCV dans le babillage et les premiers mots, et plus particulièrement à la tenue de la syllabe finale (Final Syllable Lengthening). Nous avons indiqué les auteurs et la date de l'étude, la langue étudiée, le patron rythmique de la langue adulte, l'âge des sujets en année et en mois, si la période étudiée est celle du babillage ou des premiers mots, le type de données étudiées et les résultats obtenus sur la tenue en longueur de la syllabe finale (Final Syllable Lengthening).

Auteurs	Langue	Patron adulte	Agés sujets	Babillage/ 1ers mots	Type de données	Résultats FSL
Oller & Smith (1977)	anglais	trochaïque	0;8 - 1;0	Séquences redupliquées	Vocalisations redupliquées	Syllabe finale allongée (minimal)
Zlatin Laufer (1980)	anglais	trochaïque	0;0 - 0;6	Pré-babillage à babillage	dissyllabes	Syllabe finale allongée après 3 mois
Stark (1989)	anglais	trochaïque	0;0 - 0;8	Pré-babillage à babillage	Toutes les vocalisations	Syllabe finale allongée après 2 mois
Robb & Saxman (1990)	anglais	trochaïque	0;8 - 2;2	babillage, mots simples, plusieurs mots	dissyllabes	Syllabe finale allongée à tous les âges mais surtout en contexte syllabe fermée
Halle, DeBoys Bardies & Vihman (1991)	français, japonais	iambique, trochaïque	1;2.5 - 1;11, 2	25 mots	dissyllabes	Syllabe finale allongée en français mais seulement chez un enfant japonais
Levitt & Wang (1991)	anglais, français	Trochaïque, iambique	0;7 - 1;0 0;5 - 1;1	babillage	Vocalisations redupliquées	Minimal en anglais Syllabe finale allongée en français
Levitt & Utman (1992)	anglais, français	Trochaïque, iambique	0;5, 0;8, 0;11 et 1;2	Pré-babillage aux premiers mots	Vocalisations redupliquées	Présent à 11 mois et 1 an et 2 mois, et plus prononcé en français
Konopczynski (1993)	français	iambique	0;9 - 2;0	Pré-babillage à combinaison de mots	Toutes les vocalisations	Emerge en interaction avec l'adulte entre 1an 1mois et 1an 4 mois.
Snow (1994)	anglais	trochaïque	1;4 - 2;1	Mots simples à combinaison de mots	Toutes les vocalisations correspondant à la catégorie phonétique	Variable pour les mots simples, plus présent en combinaison de mots

Lynch & al. (1995)	anglais	trochaïque	0;2 - 0;4, 0;6 - 0;8, 0;10 - 1;10	Pré-linguistique	Toutes les occurrences et phrases	Pas dans les occurrences, présent dans les phrases à 2, 4, 10 mois
Vihman & De Paolis (1998)	anglais, français	Trochaïque, iambique	0;10 - 1;5, 0;10 - 1;6	De 4 à 25 mots	dissyllabes	Comme les adultes français à 50 mots, moins présent en anglais (seulement ds les iambiques et les 4 mots)
Vihman, De Paolis & Davis (1998)	Anglais Français	Trochaïque, iambique	0;10 - 1;5, 0;10 - 1;6	De 4 à 25 mots	dissyllabes	Enfants anglais avec patron trochaïque et iambic, enfants français avec patron iambique
Nathani & al. (2003)	Espagnol Anglais	Trochaïque trochaïque	0;3 - 1;0 (e) et 0;8 - 4;0 (s)	Pré-babillage, babillage et premiers mots chez 8 enfants sourds et 8 enfants entendants	Pluri-syllabes	FSL chez enfants entendants et sourds

Tableau IV-33 : Tableau récapitulatif des études sur la production du patron prosodique de la langue maternelle.

Comme l'ont remarqué Vihman & al. (2004) et comme nous pouvons le remarquer dans le tableau ci-dessus, il existe une importante variation sur les mesures de durées de productions faites par différents chercheurs, ce qui est dû à l'évidence à un trop grand nombre de facteurs (langues, babillage, mots). Le patron iambique (S1 plus courte que S2 dans une production CVCV) semble fréquemment retrouvé quels que soient l'âge ou la langue des sujets, ce qui paraît surprenant car le patron adulte est trochaïque (S1 plus longue que S2 dans une production CVCV) dans la majorité des langues étudiées. De plus, le patron de la langue semble perçu, comme nous l'avons vu précédemment, bien avant le babillage et les premiers mots. Vihman & al. (1998, 2004) attribuent ce patron iambique fréquemment retrouvé en production à (1) un patron trochaïque pour les mots mais un patron iambique de phrases en anglais, donc les enfants anglais sont exposés au patron iambique comme au patron trochaïque, à (2) des premiers mots majoritairement monosyllabiques en anglais et donc un patron moins courant à appliquer sur des productions dissyllabiques, à (3) un phénomène de troncation de la deuxième syllabe dans les production pluri-syllabiques (Demuth, 2009, Taelman & Gillis, sous presse) qui entraîne un allongement de la dernière syllabe.

Le Français est une langue oxytonique au patron dissyllabique iambique, c'est-à dire que dans une production CVCV, la seconde syllabe sera plus longue que la première.

Le patron iambique correspond au patron d'une dissyllabe constituée d'une syllabe brève suivie d'une longue, alors que le patron trochaïque correspond à l'inverse, à une dissyllabe composée d'une syllabe longue suivie d'une brève.

Pour étudier l'adaptation de l'enfant au patron rythmique de l'adulte en français, nous avons mesuré la durée de 864 CVCV de 7 à 16 mois (cf. ANNEXE IV et Figure IV-53 ci-dessous). L'étude est limitée aux productions dissyllabiques car l'enfant en produit aussi bien dans le babillage que dans les premiers mots et en nombre suffisant, de plus les premiers mots sont majoritairement dissyllabiques (Gerken, 1994, Boysson-Bardies, 1996, Vihman & al., 1998, 2004).

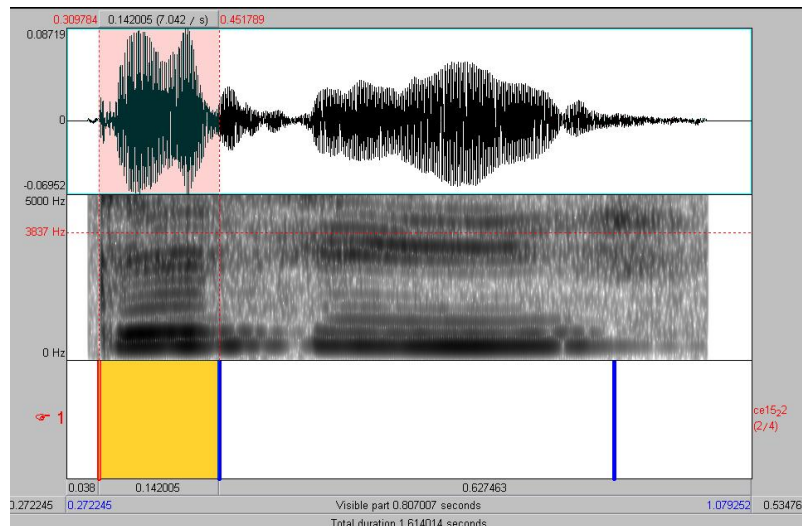
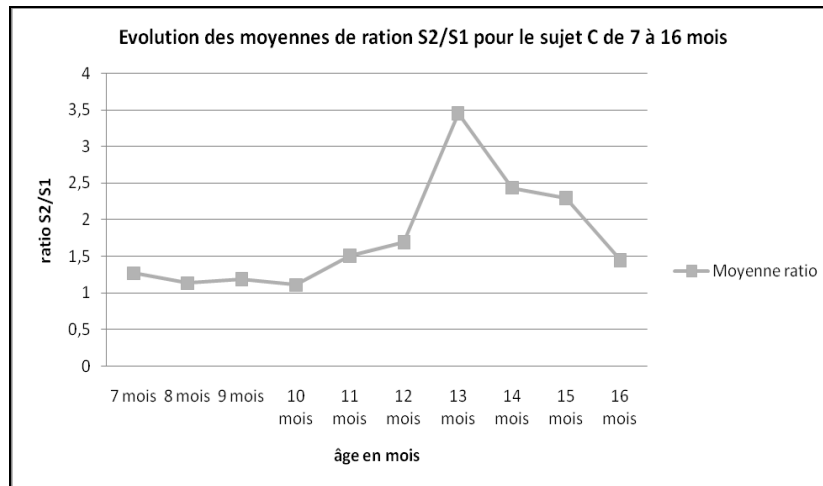


Figure IV-53 : Exemple de mesure de la durée des CV1 et CV2 dans les CVCV du début de la consonne à la fin de la voyelle.

L'index de longueur de la syllabe 1 par rapport à la syllabe 2 est le ratio de la seconde syllabe sur la première ($S2/S1$). Les résultats des moyennes de ce ratio par mois pour notre sujet (cf. Figure IV-54 ci-dessous) montrent qu'entre 7 et 10 mois, le ratio est égal à 1 ce qui signifie que la durée de la syllabe 1 et la durée de la syllabe 2 sont équivalentes. A 11 mois, ce ratio augmente pour atteindre le patron canonique des mots du Français à partir de 11 mois. De 11 à 16 mois, la syllabe 2 est majoritairement beaucoup plus longue que la syllabe 1, et le ratio entre $S2$ et $S1$ est supérieur à 1. Nous pouvons attribuer le pic des 13 mois à une tendance à répéter quelques mots d'une chanson enfantine où le sujet produit des $S2$ très longues.



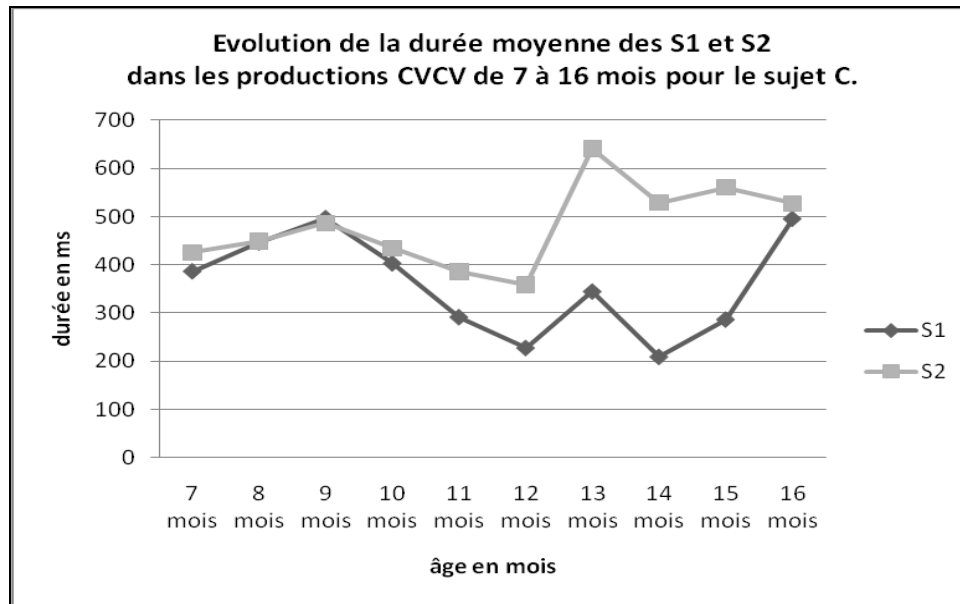
	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
Moy. des ratios	1,27	1,13	1,19	1,11	1,51	1,69	3,45	2,43	2,30	1,44

Figure IV-54 : Evolution et tableaux des valeurs des moyennes de ratio S2/S1 de 7 à 16 mois pour le sujet C.

Si nous regardons l'évolution de la durée moyenne de S1 et S2 séparément entre 7 à 16 mois, nous pouvons observer (cf. Figure IV-55 ci-dessous) que la première syllabe (S1) et la seconde syllabe (S2) commencent par une durée moyenne identique d'environ 400 ms à 7, 8 et 9 mois. S2 devient légèrement plus longue que S1 à partir de 11, et continue à 12 mois. La différence entre la durée de S1 et celle de S2 augmente considérablement de 13 à 15 mois (S2 autour de 600-700 ms.), et redescend à 16 mois, à environ 400 ms.

Nous avons regardé séparément l'évolution des durées de S1 et S2 pour les productions de babillage et les premiers mots et nous n'avons observé aucune différence significative de la durée de S1 et S2 entre le babillage et les premiers mots de 11 mois à 16 mois (pas de premiers mots avant 11 mois).

Notre interprétation est que l'adaptation au modèle français de type adulte commence à apparaître chez cet enfant à 11 mois. Ce patron est marqué de 13 mois à 15 mois, et le bébé revient à un ratio autour de 1 à 16 mois. Nous pouvons interpréter le retour à un ratio de 1 à 16 mois par le phénomène classique de régression dans un apprentissage pour laisser place à de nouvelles acquisitions (GASSIER, 1981).



Age	Durée de S1 en ms	Durée de S2 en ms
7 mois	387	426
8 mois	447	449
9 mois	497	487
10 mois	403	435
11 mois	291	386
12 mois	227	358
13 mois	345	641
14 mois	209	529
15 mois	286	561
16 mois	496	527

Figure IV-55 : Evolution des durées moyennes en millisecondes de S1 en noir et S2 en gris pour le sujet C de 7 à 16 mois.

Cette tendance générale a également été décrite chez un bébé français par Konopczynski (1990,1998, cf. Figure IV-56 ci-dessous). Ce sujet a montré les mêmes changements de la structure syllabique, avec S1 et S2 ayant les mêmes durées à partir de 8 mois à environ 250 ms, et l'augmentation de la durée avec les premiers mots.

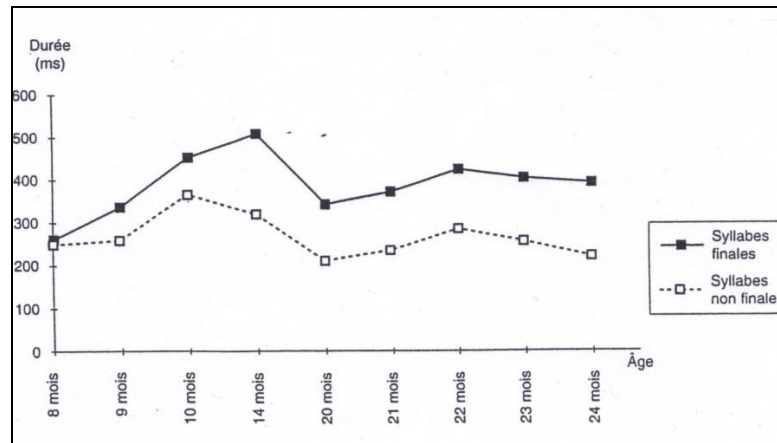


Figure IV-56 : Evolution de la durée des syllabes finales (S2) et non finales (S1) pour un enfant entre 8 et 24 mois (d'après Konopczynski, 1990).

Nous avons aussi comparé les durées de S1 et S2 en CVCV à toutes les durées des S1 et S2 dans des productions multi-syllabiques supérieures à deux syllabes (exemple, CVCVCV, CVCVCVCV, etc.). Nous avons observé que toutes les syllabes CV de ces productions multisyllabiques de 7 à 10 mois ont la même durée d'environ 450 ms, mais à partir de 11 mois, un nouveau motif apparaît. Les S1 des productions CVCV sont plus courtes que toutes les S1 des productions multi-syllabiques supérieures à deux syllabes. Et les S2 de CVCV sont plus longues que toutes les syllabes finales des productions multi-syllabiques supérieures à 2 syllabes. Ce motif est présent de 11 à 15 mois chez notre sujet. Cela signifie que la variation globale des durées CV que nous avons observée ci-dessus (cf. IV.1.2.1) est en grande partie expliquée par l'évolution de la durée des structures CVCV pendant cette période. A 16 mois, le modèle n'est plus présent, mais on peut supposer qu'il est dû à l'acquisition d'autres contrôles (cf. GASSIER, 1981).

IV.3. En conclusion sur le rythme

Nous avons pu voir dans ce chapitre que le babillage était à considérer comme une activité motrice rythmique émergeant dans un contexte rythmique global chez l'enfant. C'est l'évolution du rythme mandibulaire et de son contrôle qui vont permettre à l'enfant de passer de productions rythmées continues du babillage à des productions rythmiques spécifiques à sa langue maternelle, les premiers mots.

Nos résultats, à partir des données de notre sujet C de 7 à 16 mois nous ont permis d'observer l'émergence des variations rythmiques mandibulaires, l'émergence d'un patron de mot et l'émergence du rythme spécifique à la langue maternelle.

Nous avons tout d'abord pu observer à partir de mesures de durées de syllabes de type CV que d'une part, notre sujet est capable de produire des syllabes plus courtes et donc de bouger sa mandibule plus rapidement à partir de 11 mois. D'autre part, notre sujet produit des syllabes avec un rythme mandibulaire qui n'est plus monotone comme au début du babillage mais varié. Ces premiers résultats nous permettent donc d'émettre l'hypothèse que le contrôle des rythmes mandibulaires émerge chez ce sujet à partir de 11 mois.

Le second résultat présenté dans ce chapitre est celui de l'émergence du patron de mot. En effet, comme nous l'avons vu les mots sont majoritairement bisyllabiques en français. Nous avons donc recherché la proportion de production de type bisyllabique par rapport aux autres types de productions chez notre sujet de 7 à 16 mois. Nous avons pu voir émerger à partir de 11 mois, un patron bisyllabique CVCV représentant 30 à 45 % des productions du babillage. Ce résultat nous permet donc d'avancer l'hypothèse qu'à 11 mois, l'enfant est donc capable de stopper ses oscillations mandibulaires afin de produire un patron syllabique CVCV dans lequel pourra prendre forme, par la suite, le mot.

Enfin, notre troisième observation s'est centrée sur la durée des syllabes S1 et S2 dans les productions de types CVCV afin de voir si le patron rythmique iambique du Français apparaissait dans les données de notre sujet. Les résultats obtenus nous permettent de montrer ici que le patron iambique du français avec une S1 courte et une S2 longue dans une production CVCV apparaît à 11 mois chez notre sujet.

En conclusion, il semble donc qu'à partir de 11 mois, moment où les premiers mots apparaissent chez ce sujet, il commence à être en mesure de produire des séquences CVCV, avec un rythme inter-syllabique qui permettra aux intervenants de sa communauté linguistique de reconnaître ses productions comme un mot de la langue : il commence à s'adapter aux caractéristiques prosodiques de sa langue maternelle grâce à l'émergence du contrôle rythmique mandibulaire.

Chapitre V

La coordination oro-laryngée ou l'acquisition d'un contraste acoustique pertinent à l'intérieur du conduit vocal

La production de la parole implique des coordinations motrices et articulatoires nombreuses et complexes, respectant des contraintes temporelles et acoustiques multiples. En effet, pour produire un son, l'être humain devra coordonner son appareil respiratoire et son conduit vocal. Le larynx est le lieu de la phonation et donc de la mise en vibration des cordes vocales. C'est l'organe de la voix qu'il faudra coordonner en terme de gestes articulatoires et de durée, avec les articulateurs du conduit vocal (langue, lèvres, velum), afin de produire un son de parole articulé et audible. Le présent chapitre porte sur l'étude du développement initial du contrôle de cette coordination oro-laryngée. Nous nous plaçons dans le cadre des protosyllabes du babillage, impliquant un closant de type proto-plosif, et un vocant.

Le trait phonologique qui met en jeu cette coordination oro-laryngée est le trait de voisement, trait existant en français et dans la plupart des langues du monde, et dont on considère qu'il est bien caractérisé pour les plosives, dans un premier temps, par une coordination articulatoire-acoustique entre geste glottique (des cordes vocales) et supra-glottique (des autres articulateurs), le VOT (ou « Voice Onset Time »). Ce premier contrôle intra-syllabique de la coordination oro-laryngée, qui permettra à l'enfant d'obtenir un bon contraste acoustique à l'intérieur de la syllabe, va lui donner la possibilité de produire des consonnes contrastées au niveau du voisement ou de l'assourdissement telles qu'elles sont produites dans sa langue maternelle. La distinction de voisement est présente dans la majeure partie des inventaires consonantiques des langues du monde et semble donc être une distinction importante pour le langage, or cette capacité a été très peu explorée dans le domaine du développement de la parole chez l'enfant.

Nous allons rappeler dans un premier temps le contexte de l'étude, en présentant rapidement ce qu'est le VOT, comment il varie dans les langues du monde, comment il se caractérise en français ; puis ce qu'on sait de sa perception chez l'adulte ; enfin, ce qu'on sait de sa perception (beaucoup !) et du développement de sa production (très peu) chez le bébé. Nous pourrons alors décrire notre étude expérimentale, et présenter et discuter ses résultats.

V.1. Contrôle et perception du voisement des plosives, de l'enfant à l'adulte

V.1.1. Le trait phonologique de voisement, et son corrélat phonétique majeur, le VOT

V.1.1.1. Le voisement

On considère le voisement comme la mise en vibration des cordes vocales. Cette vibration s'effectue par le passage du flux d'air provenant des poumons, dans le larynx. Au cours du voisement, on considère que les cordes vocales sont rapprochées et en vibration. En l'absence de voisement, les cordes vocales sont écartées et ne vibrent pas.

On va considérer un son comme voisé ou non-voisé (termes articulatoires) (cf. Figure V-57 ci-dessous), selon qu'il y a vibration ou non des cordes vocales pendant la production de ce son. En termes de traits articulatoires, les consonnes peuvent être voisées ou non voisées alors que les voyelles sont la plupart du temps voisées. Nous restreignons par la suite toute notre discussion, tant des données de la littérature que de nos propres travaux, au cas du voisement des occlusives, les fricatives apparaissant plus tard dans le développement.

Le contraste phonologique de voisement consonantique existe dans la majorité des langues : 73 % pour les plosives et 50 % pour les fricatives dans UPSID451. Ainsi, le contrôle de la coordination oro-laryngée est une dimension essentielle dans la maîtrise d'une langue.

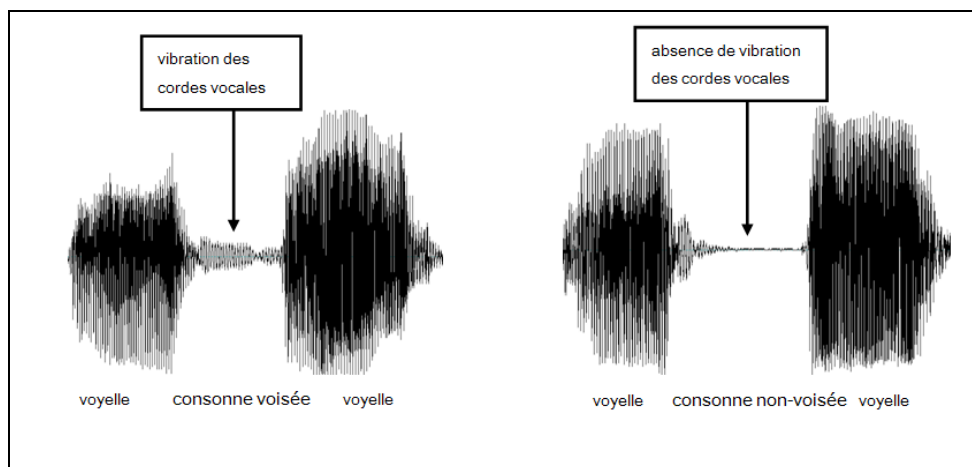


Figure V-57 : à droite : séquence VCV où l'on peut voir le voisement de la consonne sur le signal de parole. A gauche : séquence VCV où l'on peut voir l'absence de voisement de la consonne sur le signal de la parole.

V.1.1.2. Le VOT

Depuis les travaux pionniers de Lisker & Abramson (1964), on considère que le corrélat phonétique majeur du contraste de voisement des occlusives (entre sonores et sourdes) est le VOT (Voice Onset Time) ou délai d'établissement du voisement, défini comme l'intervalle de temps entre le début des pulsations glottiques périodiques régulières et la détente de l'occlusion supra-glottique. Par convention, le VOT est négatif lorsque la mise en vibration des cordes vocales intervient avant la détente de l'occlusion (prévoisement) (cf. Figure V-58 ci-dessous) et il est positif lorsque cette mise en vibration commence après la détente (cf. Figure V-59 ci-dessous).

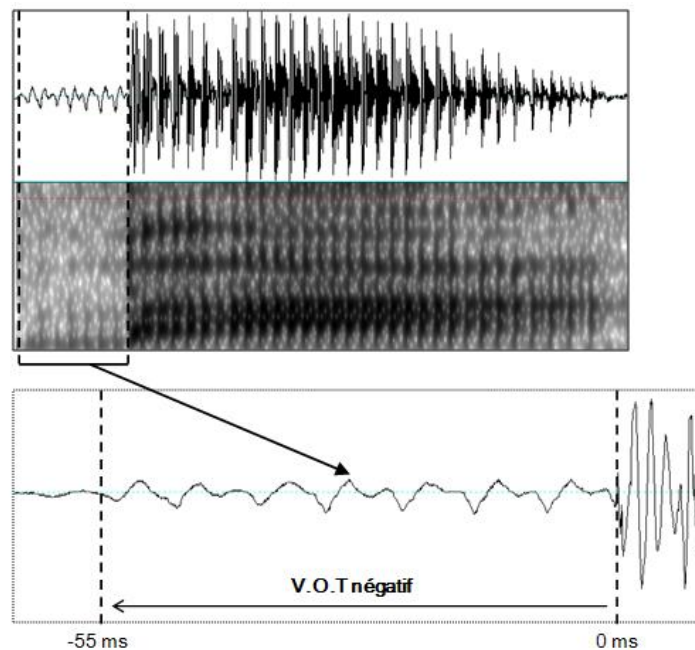


Figure V-58 : exemple de mise en vibration des cordes vocales avant la détente de l'occlusion (VOT négatif) pour une séquence de type consonne occlusive voisée – voyelle.

Dans la plupart des langues, la production des distinctions homorganiques fait intervenir la relation temporelle entre le départ des vibrations laryngées et la détente de l'occlusion supraglottique. La localisation des catégories d'occlusives sur l'échelle du VOT dépend de la langue (Serniclaes, 1987).

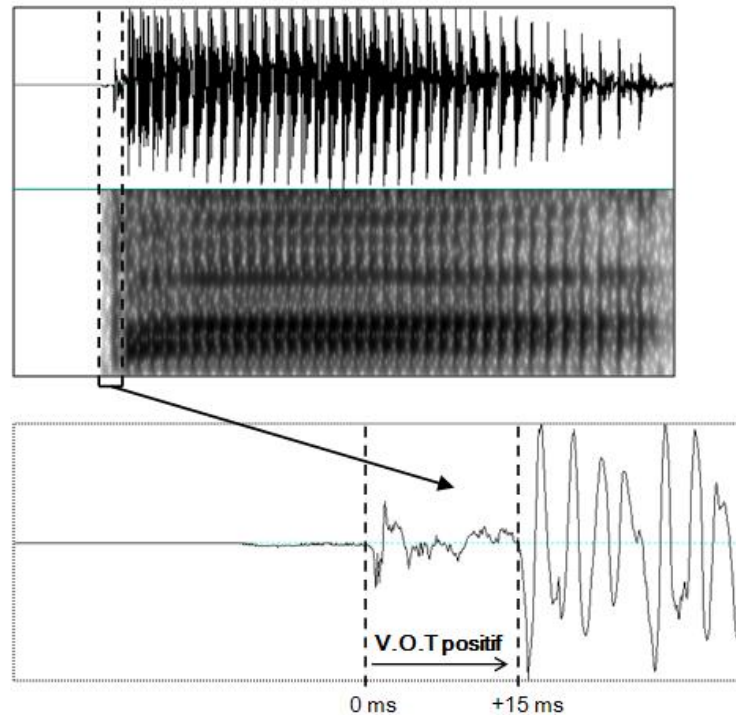


Figure V-59 : exemple de mise en vibration des cordes vocales après la détente de l'occlusion (VOT positif) pour une séquence *te* type consonne occlusive non-voisée – voyelle.

V.1.2. Production et perception du voisement des occlusives chez l'adulte

V.1.2.1. Production du VOT à travers les langues

Dans leur célèbre étude pionnière, Lisker & Abramson (1964) ont examiné le VOT dans onze langues : le hollandais, l'espagnol portoricain, le hongrois, le tamil, le cantonais, l'anglais, l'arménien de l'est, le thaï, le coréen, le hindi et le marathi.

Le VOT était un trait de base de discrimination des modes dans toutes les langues qu'ils ont étudiées. Afin de mieux observer les valeurs du VOT pour les modes, les auteurs ont séparé les lieux en trois catégories pour qu'il n'y ait pas de confusion entre les mesures de consonnes. Ils ont donc regroupé leurs données suivant les lieux labial, coronal et vélaire. Ils ont obtenu un histogramme (cf. Figure V-60) pour chaque lieu d'articulation regroupant les VOT mesurés pour les onze langues étudiées.

Le premier fait apparent dans cette figure est le fait que la distribution semble s'organiser autour de trois pics correspondant respectivement à des prévoisements importants (VOT négatif centré sur une valeur de l'ordre de -100 ms), un VOT quasiment nul, et un VOT

positif centré sur une valeur supérieure à 50 ms. Si l'on considère que l'occlusive voisée se distingue de la non-voisée par la présence versus l'absence de voisement durant l'occlusion, on constate que ce contraste peut se faire, dans ce schéma, de plusieurs manières, par exemple (1) avec une vibration des cordes vocales pour produire le voisement qui débute avant la détente de l'occlusion (VOT négatif) pour les consonnes voisées et peu après la détente (VOT positif bref) pour les consonnes non-voisées (c'est le cas du français), ou (2) avec une synchronisation forte du voisement et de la détente pour les plosives voisées (VOT quasi nul) et un retard du démarrage du voisement plus important (VOT au-delà de 50 ms) pour les non voisées (alors aspirées) : c'est le cas de l'anglais par exemple.

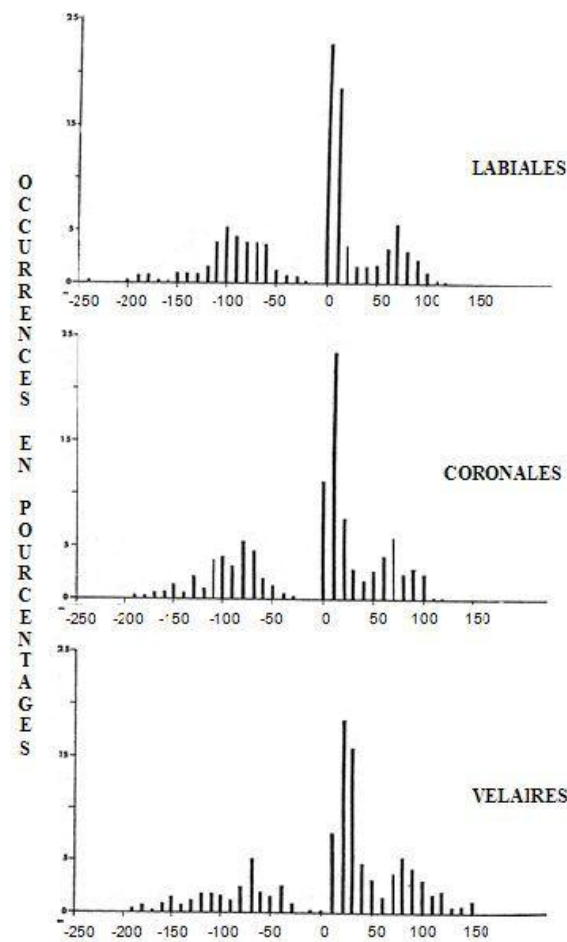


Figure V-60 : Distribution normalisée du VOT par lieux pour l'ensemble des langues étudiées (Lisker & Abramson, 1964).

Globalement, il est remarquable que pour tous les lieux et toutes les langues, il existe un espace vide dans la région autour de la valeur zéro.

Enfin, Lisker & Abramson relèvent aussi que le VOT des vélaires sourdes est plus élevé que le VOT des labiales et coronales sourdes. L'explication de ce portrait, cohérent à travers les études, est aérodynamique. D'autres études ont bien confirmé ce portrait par la suite (Nearey & Rochet, 1994, Cho & Ladefoged, 1999, Francis, 2003, Abdelli-Beruh, 2009).

Les valeurs de VOT ne sont pas les mêmes suivant le lieu d'articulation des consonnes occlusives [p/b], [t/d] et [k/g]. Le VOT positif des [p,t,k] s'allonge avec le rapprochement du lieu d'occlusion et de la source (Lisker & Abramson, 1964; Klatt, 1975). Ces variations intracatégorielles proviennent des effets des lieux d'articulation de l'occlusive sur la vitesse de décompression de l'air de la cavité intra-orale lors de la détente de l'occlusion. Un ralentissement de la vitesse de décompression a pour conséquence de retarder le départ des vibrations périodiques et donc d'allonger le VOT. La vitesse de décompression est plus lente pour [k] car la vitesse de relâchement de l'occlusion est plus lente, le dos de la langue étant moins mobile que la pointe de la langue [t] ou que les lèvres [p] (Klatt, 1975).

Les trois modes différents d'utilisation du timing laryngé : *l'anticipation*, *la simultanéité* et *le retard* mis en évidence par Lisker & Abramson (1964) donnent lieu à des distinctions phonologiques dans différentes langues. Le premier mode correspond à l'anticipation de la vibration des cordes vocales sur le relâchement de l'occlusion (cf. Figure V-61 A) ; le second mode, à la simultanéité entre vibration des cordes vocales et relâchement de l'occlusion (Figure V-61 B) ; le troisième mode au retard de la vibration des cordes vocales sur le relâchement de l'occlusion (Figure V-61 C). Les distinctions phonologiques se font entre deux ou plusieurs modes.

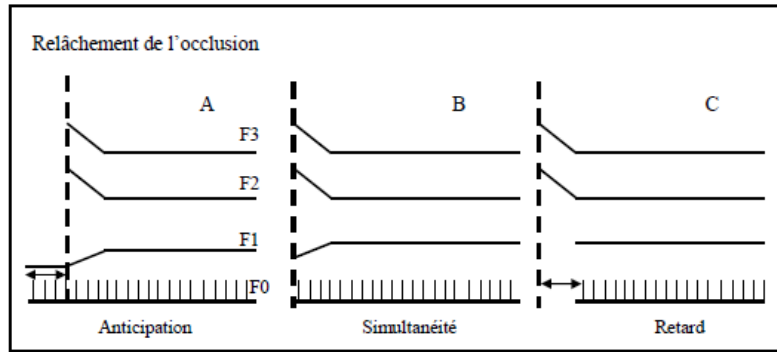


Figure V-61 : représentation schématique des trois modes de timing laryngé mis en évidence par Lisker & Abramson (1964). Dans les cas A et C, le VOT est représenté par la flèche à double sens. Dans le cas B, le VOT est nul. La barre d'explosion correspond à la barre verticale en pointillés. Le voisement est représenté par les petits traits verticaux.

En thaï, les trois modes de timing laryngés expliqués ci-dessus ont une valeur phonologique, c'est-à-dire que les phonèmes voisés, non voisés, non aspirés et non voisés aspirés ont une valeur distinctive (Donald, 1978). Mais la majorité des langues du monde oppose de manière distinctive seulement deux catégories (cf. Figure V-62 ci-dessous). En anglais, la frontière catégorielle entre phonèmes voisés et non-voisés est à +30 ms (Lisker & al., 1978). En français, néerlandais, espagnol, hébreu, arabe, c'est l'opposition entre phonèmes non voisés et voisés non aspirés qui a une valeur phonologique. La frontière phonologique de voisement, qui dans ces langues se situe à 0 ms de VOT, ne correspond à aucune des deux frontières perceptives universelles (Serniclaes, 1987).

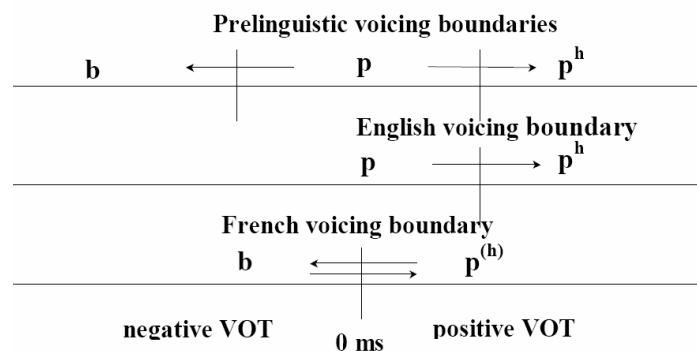


Figure V-62 : Schéma du processus de spécialisation phonologique selon Serniclaes (2005). Ligne du haut : espace perceptif organisé autour des frontières universelles de voisement localisées à -30 et +30 ms VOT. Ligne du milieu : réorganisation de l'espace perceptif chez les sujets anglophones de la frontière universelle située à +30 ms VOT. Ligne du bas : la frontière phonologique du français émerge à 0 ms VOT par couplage entre prédispositions universelles.

V.1.2.2. Production du VOT chez l'adulte en Français

Le français, nous l'avons vu, se caractérise par un contraste phonologique de voisement des occlusives contrastant occlusives sonores avec un fort prévoisement (VOT négatif) et sonores avec un VOT positif faible. Ainsi, nous présentons sur la Figure V-63 ci-dessous les données de Serniclaes (1987).

Afin de cerner les relations inter- et intra-catégorielles entre les indices de voisement en français, Serniclaes (1987) a mesuré 6 indices dans un corpus de 18 syllabes CV correspondant aux 6 occlusives [bdg,ptk] suivies de l'une des 3 voyelles cardinales [a,u,i]. Les 18 syllabes CV ont été prononcées par 5 locuteurs masculins adultes, francophones belges. Les syllabes étaient inscrites sur une liste en ordre pseudo-aléatoire et les sujets avaient pour consigne de prononcer les syllabes en adoptant une vitesse de parole modérée. Les mesures de VOT ont été faites sur les spectrogrammes.

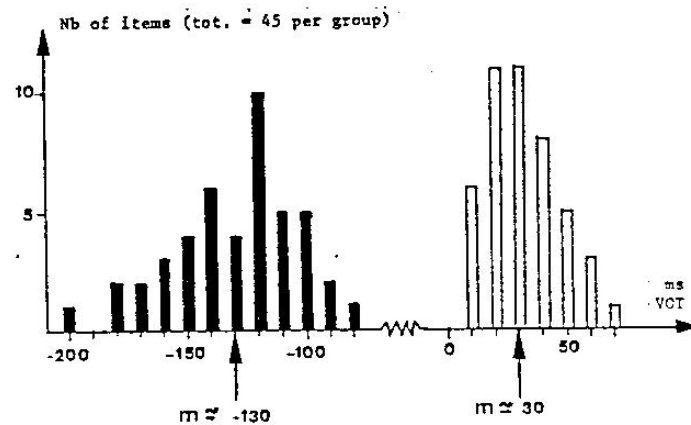


Figure V-63 : Distribution du VOT des occlusives prévoicatives [b d g] et [p t k] en français (Serniclaes, 1987).

Les occlusives voisées du français se situent en moyenne autour de -130 ms et les occlusives non-voisées se situent autour de +30 ms. Les auteurs observent, tout comme Lisker & al. (1964), un espace vide autour de zéro.

Serniclaes a aussi regardé les valeurs des VOT positifs et négatifs suivant le lieu d'articulation de la consonne (cf. Tableau V-34 ci-dessous). Les VOT moyens, par catégorie de voisement et pour chacun des contextes syllabiques étudiés, sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les moyennes sont basées sur 5 locuteurs. Pour chaque catégorie de voisement, le VOT s'allonge avec la rétraction du lieu d'occlusion VOT [b,p] < [g,k]. Le VOT positif des sourdes

s'allonge également en fonction du degré de fermeture vocalique ([a] < [i,u]) et de l'interaction entre les lieux d'articulation de l'occlusive et de la voyelle.

	/b/	/d/	/g/	Moy. voisés en ms	/p/	/t/	/k/	Moy. non-voisés en ms
/a/	-150	-117	-113	-127	15	20	35	23
/u/	-136	-133	-111	-127	30	25	50	35
/i/	-148	-121	-112	-129	16	33	52	33
Moy.	-145	-124	-112	-127	20	26	46	31

Tableau V-34 : Mesures de VOT (en ms) de Serniclaes (1987).

V.1.2.3. Perception du voisement chez l'adulte

La perception du voisement chez l'adulte a été le sujet d'un nombre considérable d'études expérimentales dans la littérature. Il ressort de cette littérature (que nous ne détaillerons pas ici car elle se situe en-dehors du cœur de notre objectif, qui est la production et non la perception du voisement) deux points principaux.

D'une part, les corrélats acoustiques du voisement des occlusives sont multiples. Citons notamment, outre le VOT, sur lequel nous reviendrons, une série d'indices acoustiques secondaires (pour une revue voir Serniclaes, 1987).

En français, quatre indices concourent à la distinction voisé/non voisé pour des occlusives en position intervocalique (VCV) :

1. la présence ou l'absence de vibrations des cordes vocales pendant l'occlusion
2. la durée de l'occlusion de la consonne
3. la longueur et la transition du premier formant de la voyelle dans un contexte [CV]
4. les composantes spectrales et temporelles du relâchement de l'occlusion

Ces indices contribuent à une perception invariante du trait de voisement dans les différents contextes phonétiques. En français, le VOT varie avec la durée de la transition du premier formant qui elle-même varie avec le lieu d'articulation de la consonne : plus ce dernier est postérieur, plus le VOT et la transition de F1 s'allongent (Serniclaes, 1987). L'intégration perceptive du VOT et de la transition de F1 contribue donc à rendre la perception du voisement invariante quel que soit le lieu d'articulation de la consonne.

D'autre part, le VOT apparaît, dans toutes ces études, comme le corrélat majeur, autour duquel les autres paramètres ne peuvent jouer que le rôle d'éléments renforçateurs ou modulateurs.

Les effets de modification du VOT en production en fonction du lieu d'articulation de l'occlusive se retrouvent en perception (Serniclaes, 1987).

Ce type de relation forte entre perception et production apparaît également sous d'autres formes. Ainsi, Caramazza et al. (1973) ont observé les effets du VOT sur l'identification du voisement chez quatre groupes de locuteurs canadiens : francophones unilingues ou bilingues, anglophones unilingues ou bilingues. Les auteurs ont également relié seuils perceptifs et mesures acoustiques de VOT, en comparant le seuil de perception de VOT chez les locuteurs et la durée de VOT dans leurs productions. Les auteurs ont montré qu'il y a une correspondance globale entre la perception des valeurs de VOT et la production du VOT.

V.1.3. Production et perception du VOT chez l'enfant

V.1.3.1. Identification précoce du VOT chez le bébé

Des recherches sur le développement de la perception phonétique montrent que la discrimination catégorielle du VOT est déjà présente chez le nourrisson.

Dans une étude célèbre, Eimas & al. (1971) ont mis en évidence ce résultat par la méthode de succion non nutritive.

La tétine non-nutritive est reliée à un tuyau, lui-même relié à un compteur qui calcule le nombre de fois où l'enfant a tété cette tétine par minute.

Le principe de l'habituation est le suivant : quand l'enfant est soumis à une stimulation, il s'habitue progressivement. En présence du même stimulus, le taux de succion va chuter. S'il est en présence d'un nouveau stimulus, il tète à nouveau avec vigueur. La condition de base est la tétée normale. L'expérience a été menée sur 16 enfants de 1 et 4 mois. Les expérimentateurs ont d'abord mesuré le taux de base de succion non nutritive. Ils ont ensuite présenté un stimulus audio pendant quatre minutes. Les enfants étaient exposés à six stimuli synthétiques, trois stimuli [b] dont les valeurs de VOT étaient -20 ms, 0 ms et +20 ms et trois

stimuli [p] dont les valeurs de VOT étaient + 40 ms, + 60 ms, + 80 ms. L'écart entre les 2 stimuli était toujours de 20 ms. Ces stimuli pouvaient être de catégories différentes (D), appartenir à la même catégorie ou être identiques.

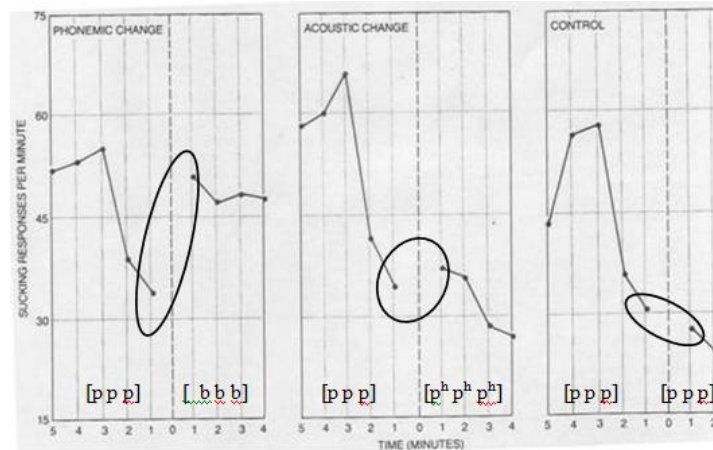


Figure V-64 : graphique représentant les réponses des enfants de 4 mois avec en abscisse le temps en minutes et en ordonnée le taux moyen de nombre de succions. Le premier point sur la courbe correspond au taux de succions de base avant l'écoute du son et la ligne pointillée correspond au changement de son.

Les auteurs montrent que les enfants de 1 et 4 mois sont sensibles à des catégories phonétiquement différentes comme [p] et [b] (cf. Figure V-64, 1^{er} graphe) mais ne sont pas sensibles à des sons appartenant à la même catégorie phonétique avec une différence de 20 ms de VOT (cf. Figure V-64, 2^{ème} graphe). Le groupe contrôle (cf. Figure V-64, 3^{ème} graphe) confirme la non-différence entre deux stimuli identiques. Le nourrisson parvient donc à discriminer des valeurs de VOT (de +20 ms et +40 ms) qui correspondent à la frontière entre les pics 2 et 3 de la figure V-60 (cf. ci-dessus) de Lisker & Abramson, respectivement autour de 0 et au-delà de 50 ms. Ainsi, cette frontière sépare bien, par exemple, les occlusives voisées à VOT nul (comme celles de l'anglais), des occlusives non voisées à VOT faiblement positif (comme celles du français). Ces auteurs montrent aussi que l'écart de VOT négatif doit être relativement long (80 ms contre 20 ms pour le VOT positif), pour obtenir une déshabitude et que la sensibilité aux différences de prévoisement ne se localise pas dans une région temporelle bien définie.

Pour le bébé comme pour l'adulte, d'autres indices acoustiques peuvent venir en relais ou en modulation de l'effet du VOT. Eilers & al. (1981), dans une étude chez des nourrissons âgés de 6 à 8 mois, ont conditionné des bébés à tourner la tête vers un haut parleur lorsqu'ils

discriminaient une différence entre un stimulus d'habituation et un nouveau stimulus (*Headturn Preference Paradigm*). Dans cette étude crosslinguistique, les auteurs ont testé l'effet de la langue d'exposition (anglais ou espagnol) sur la discrimination entre des syllabes synthétiques [du] et [tu] dans lesquelles il n'y a pratiquement pas de transitions du F1, des syllabes [du-tu] naturelles ou encore des syllabes [ba-pa] synthétiques, entre lesquelles la différence de VOT est également de 20 ms. Les résultats ont montré que, quelle que soit leur langue d'exposition, tous les bébés étaient sensibles au contraste de +10 - +40 ms de VOT. Par contre, seuls les bébés exposés à la langue espagnole discriminaient le contraste -20- +40 ms.

Ces résultats peuvent être interprétés comme suit : entre 4 et 6 mois, les nourrissons exposés à l'espagnol ne se sont pas encore spécialisés dans la discrimination des contrastes de leur langue maternelle et sont donc encore sensibles aux frontières universelles de voisement. Entre 6 et 8 mois, le processus de spécialisation phonologique est amorcé et les nourrissons discriminent la paire de stimuli situés de part et d'autre de la frontière phonologique de l'espagnol. Les auteurs en concluent qu'il faut donc la présence d'autres indices acoustiques tels que l'explosion, la transition de F0, la transition du F1, dans les stimuli pour que l'enfant réagisse aux écarts de VOT qui chevauchent la frontière phonétique de l'adulte.

Ces études nous montrent donc que les enfants seraient sensibles aux différences de voisement, c'est à dire à des différences entre 20 et 40 ms, et à degré moindre entre VOT négatif et VOT nul ou positif dès l'âge de quatre mois. Il semblerait aussi que les enfants s'aident d'indices acoustiques autres que la longueur du VOT pour discriminer les voisées des non-voisées.

V.1.3.2. Renforcement spécifique des indices acoustiques par l'adulte s'adressant à l'enfant

Dans une étude comparative sur les valeurs du VOT dans des productions du suédois chez des adultes s'adressant à des adultes et des adultes s'adressant à des enfants de 3 mois, Sundberg & al. (1999) ont observé que les valeurs de VOT chez les adultes s'adressant à des enfants de trois mois étaient plus courtes que les productions s'adressant à des adultes. Une différence significative des valeurs de VOT est observée entre les productions voisées et non-voisées, ainsi qu'une grande variation des valeurs du VOT à travers chacune des catégories voisées et

non-voisées. Ceci serait dû, en partie, au fait que certains sons sont accentués. Ces sons accentués ont un VOT significativement plus long.

Sundberg (2001) a montré, dans une étude de parole adressée à l'enfant, que les valeurs de VOT étaient plus longues que celles de parole adressée à l'adulte d'une part, et plus longues lorsque les enfants grandissaient que celles de parole adressée aux bébés. En effet, lorsque les enfants ont entre 11 et 14 mois, les valeurs des VOT positifs et négatifs sont significativement plus longues chez l'adulte que pour la parole adressée à l'enfant de 3 mois et la parole adressée à l'adulte. Les valeurs de VOT dépendant aussi du lieu d'articulation de la consonne, les auteurs ont observé qu'il y avait une augmentation de durée de VOT des bilabiales, coronales et vélares. Ils ont observé qu'à part pour les labiales, l'adulte augmente ses valeurs de VOT pour les coronales et les vélares en parole adressée à l'enfant.

Cette étude avance l'hypothèse que les adultes s'adresseraient aux enfants en accentuant les informations pertinentes de la langue pour la perception et donc l'acquisition de la parole. Les enfants seraient alors exposés à un certain type de parole. Evidemment, cette étude menée en suédois, demanderait à être répliquée sur d'autres langues.

V.1.3.3. La production du VOT chez l'enfant.

Il existe très peu d'études sur la production du VOT chez l'enfant. Une des rares études s'intéressant à la production du VOT dans le babillage est celle de Whalen & al. (2007). Les auteurs ont examiné les valeurs de production de VOT de cinq enfants français et cinq enfants anglais âgés de 9 et 12 mois. Rappelons que la langue adulte anglaise oppose les VOT négatifs courts aux VOT positifs longs, tandis que le français oppose les VOT négatifs aux VOT positifs courts.

A 9 et 12 mois, les enfants français et anglais produisent autant de VOT positifs les uns que les autres. Les valeurs de ces VOT positifs sont plutôt courtes (25 et 28 ms en moyenne, d'environ 10 ms plus courtes que celles des adultes anglais) et ne sont pas différentes significativement entre les deux langues. La conclusion des auteurs est que l'aspiration n'est pas encore acquise par les enfants anglais car les VOT positifs ne sont pas assez longs par rapport à ceux des adultes. Nous pouvons noter ici que les enfants français de cette étude produisent par contre des valeurs de VOT positifs similaires à celles des adultes français. Nous ne pouvons cependant pas savoir si ces valeurs sont dues à un contrôle spécifique ou à des contraintes articulatoires et acoustiques. En effet, Studdert-Kennedy et Goldstein (2003)

prennent l'émergence des consonnes aspirées comme seul véritable indice du contrôle de la coordination oro-laryngée. Pour eux, on ne peut pas parler de contrôle du voisement en anglais avant les premiers mots car les aspirées n'apparaissent qu'avec les premiers mots CVC. Dans ce cas si les enfants anglais produisent les mêmes valeurs de VOT positif que les enfants français avant 12 mois et les premiers mots, ceci veut peut-être dire que ces valeurs de VOT positifs ne sont pas contrôlées mais reliées à des contraintes articulatoires. Notons cependant que Studdert-Kennedy et Goldstein (2003) insistent bien sur l'intérêt d'observer la coordination inter-gestes comme indice du développement du contrôle de parole, ce qui conforte notre démarche.

Pour les VOT négatifs, la durée ne diffère pas de manière significative chez les enfants anglais et français quel que soit leur âge. Par contre, les auteurs remarquent que les enfants français produisent beaucoup plus de VOT négatifs (environ 45% de leurs productions à 12 mois), par rapport aux enfants anglais (environ 15% à 12 mois). Les auteurs y voient pour les enfants français, un indice d'adaptation à la langue maternelle. Cependant les VOT négatifs des enfants français (et anglais) se situent autour de -40 ms, et restent largement inférieurs à ceux des adultes français (- 95,7 à -110 ms selon Serniclaes, 1987). Whalen & al. concluent donc que le prévoisement n'est pas vraiment acquis chez les enfants français, car les VOT négatifs ne sont pas assez longs par rapport à ceux de l'adulte.

Nous pouvons noter ici, par rapport aux résultats que nous avons trouvés dans notre étude et qui sont présentés ci-dessous, que nous avons trouvé des valeurs similaires de VOT négatifs chez notre sujet jusqu'à 12 mois, et que l'allongement de ces valeurs vers des valeurs adultes apparaît chez notre sujet justement après 12 mois.

Enfin, les auteurs remarquent une légère corrélation entre la durée du VOT négatif et le lieu d'articulation. En effet, les VOT négatifs des vélaires sont plus longs que ceux des coronales et enfin des labiales. Les auteurs relient cette corrélation à des causes mécaniques et articulatoires.

Pour les auteurs, les résultats suggèrent donc que les nourrissons sont sensibles aux catégories de la langue ambiante. Par contre ils ne seraient pas encore en mesure de contrôler le voisement pour les enfants français et l'aspiration, qui fait contraste avec le VOT positif en anglais, pour les enfants anglais.

Nous pouvons souligner ici que cette étude ne permet pas d'observer d'évolution du voisement, alors que, comme nous allons le voir ci-dessous, nous montrons justement le saut dans l'acquisition du prévoisement de -40 à -100 ms qu'ils n'ont pas. Ceci nous permet

d'insister et de souligner l'intérêt de l'aspect longitudinal de notre étude. Par contre, l'intérêt de comparer les deux langues, nous permet de comparer nos données du français avec leurs données du français mais aussi avec celles de l'anglais.

Le VOT étant un indice pour détecter le contrôle de la coordination oro-laryngée, nous avons observé dans cette étude, des valeurs de VOT chez notre sujet francophone entre 7 et 16 mois afin de déterminer si le contrôle de cette coordination est acquis avant 16 mois.

V.2. Le VOT ou l'émergence d'un contrôle actif de la vibration des cordes vocales durant l'occlusion à 11mois ?

V.2.1. Méthode pour la mesure du VOT

Pour effectuer les mesures de VOT, nous avons, tout d'abord, constitué un échantillon comprenant 359 productions, soit environ 20 productions par session (cf. ANNEXE V). Nous avons choisi cet échantillon afin d'avoir le même nombre de données à chaque mois. Nous avons décidé de mesurer le VOT d'occlusives bilabiales, coronales et vélares en contexte CV (consonne-voyelle). Nous avons sélectionné les consonnes à partir des critères proposés par Sundberg & Lacerda (1999), c'est-à-dire des consonnes bien caractérisables à l'oreille par rapport au lieu d'articulation. Nous n'avons pas retenu les consonnes qui étaient laryngalisées, aspirées, bruitées, dévoisées ou de faible intensité. Ensuite, les étiquetages du burst (bruit d'explosion) et du début de voisement ont été faits manuellement (cf. Figures V-65 et V-66 ci-dessous). Le signal de parole de l'enfant étant souvent bruité en raison du manque d'étanchéité de ses productions, essentiellement pour les occlusives, nous avons mesuré le VOT sur le signal de parole mais nous nous sommes aidés du spectrogramme afin de repérer le voisement, le début de la voyelle avec les formants et le bruit de plosion. Les durées en millisecondes ont ensuite été récupérées automatiquement à l'aide du logiciel de phonétique PRAAT. Puis elles ont toutes été envoyées dans un fichier Excel comprenant le nom de la production mesurée, le temps au début de la mesure, le temps à la fin de la mesure, ainsi que la durée du VOT, à l'aide d'un script de PRAAT.

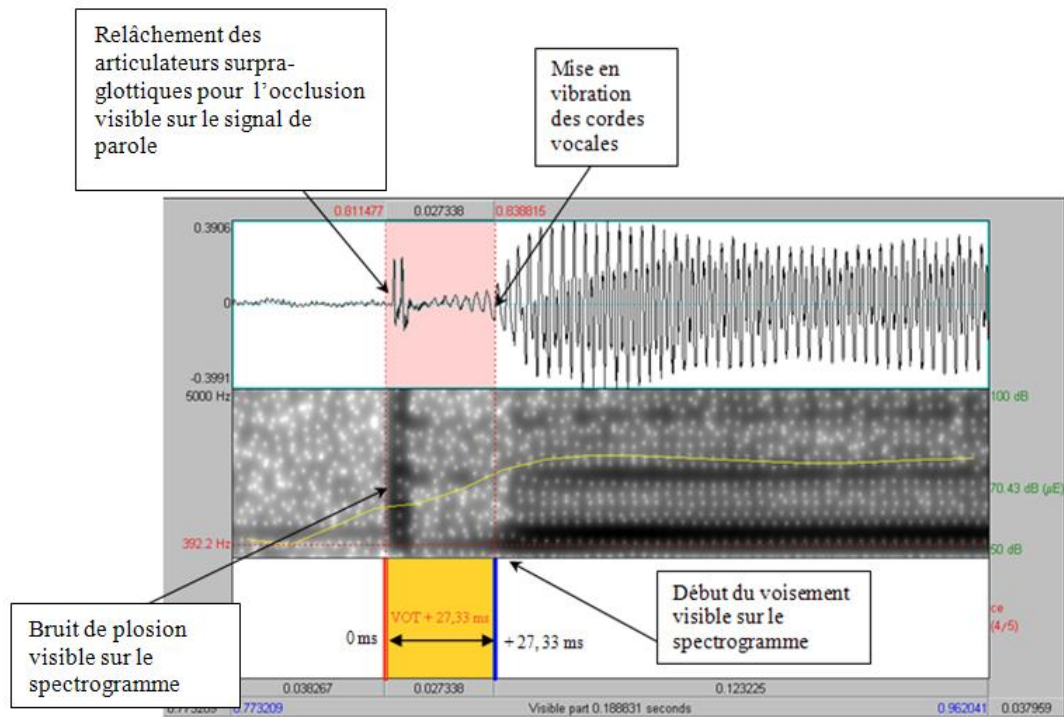


Figure V-65 : Exemple d'étiquetage sous PRAAT du burst (bruit d'explosion) et du début de voisement pour un VOT positif. On voit sur cet exemple la complémentarité du signal et du spectrogramme, puisque c'est le spectrogramme qui nous informe du début du voisement car sur le signal il n'est pas facilement repérable.

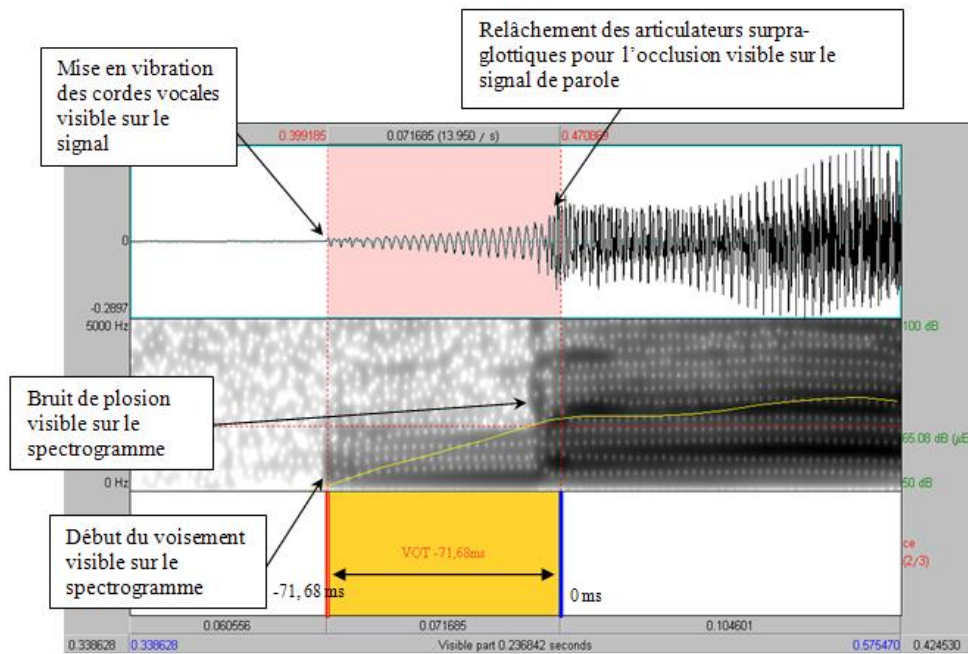


Figure V-66 : Exemple d'étiquetage sous PRAAT du début de voisement au burst (bruit d'explosion) pour un VOT négatif.

V.2.2. Résultats

V.2.2.1. Distribution globale

Dans un premier temps, et considérant le nombre restreint de productions dans les différentes conditions, nous avons étudié la distribution des valeurs de VOT en regroupant tous les lieux d'articulation pour l'ensemble des données (pour tous les mois).

La distribution correspondante est présentée sur la Figure V-67 ci-dessous.

Nous pouvons remarquer une nette séparation entre les valeurs négatives et les valeurs positives du VOT. Cette séparation correspond à celle mise en évidence sur les données adultes cross-linguistiques de Lisker & Abramson (voir Figure V-60). Cette correspondance pourrait s'interpréter de deux manières possibles : soit elle indique qu'il y a déjà un germe de contrôle d'un contraste de voisement entre VOT négatif et positif, soit elle est la marque d'une contrainte intrinsèque (aérodynamique par exemple) empêchant de s'installer dans cette zone tampon. L'évolution de la distribution avec l'âge nous fournira des éléments complémentaires (voir plus loin).

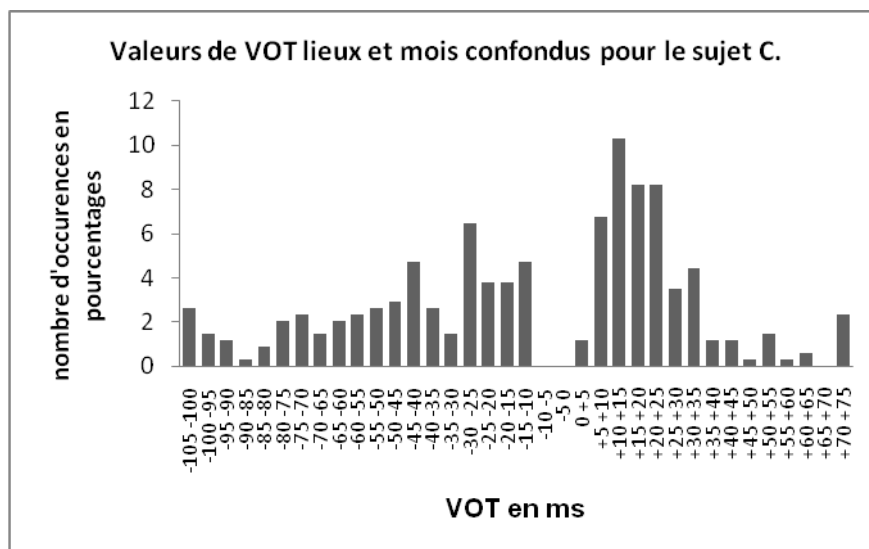


Figure V-67 : Valeurs du VOT tous lieux confondus pour tous les mois pour le sujet C.

On peut noter sur cette figure une concentration des productions entre -60 ms et -20 ms pour les VOT négatifs et entre +15 ms et +50 ms pour les VOT positifs.

Si on compare ces résultats à ceux de Serniclaes (1987) pour le français (Figure V-63), il apparaît que l'enfant a des valeurs de VOT un peu plus courtes que celles de l'adulte pour le VOT positif (environ +15ms chez l'enfant pour environ +30ms chez l'adulte) et des valeurs bien plus courtes pour le VOT négatif (environ -30ms chez l'enfant pour environ -130ms chez l'adulte).

a). Variations de la distribution avec le lieu d'articulation de la plosive

Les valeurs de VOT des adultes varient, nous l'avons vu, selon les lieux d'articulation des consonnes (Lisker & Abramson, 1964, pour les données cross-linguistiques ; Serniclaes, 1987, pour les données sur le français). Nous avons donc voulu voir ce qui se passait plus précisément par lieu. Nous avons ainsi séparé les VOT labiaux, des coronaux et des vélaire pour tous les mois chez notre sujet (cf. Figures V-68, V-69 et V-70 ci-dessous).

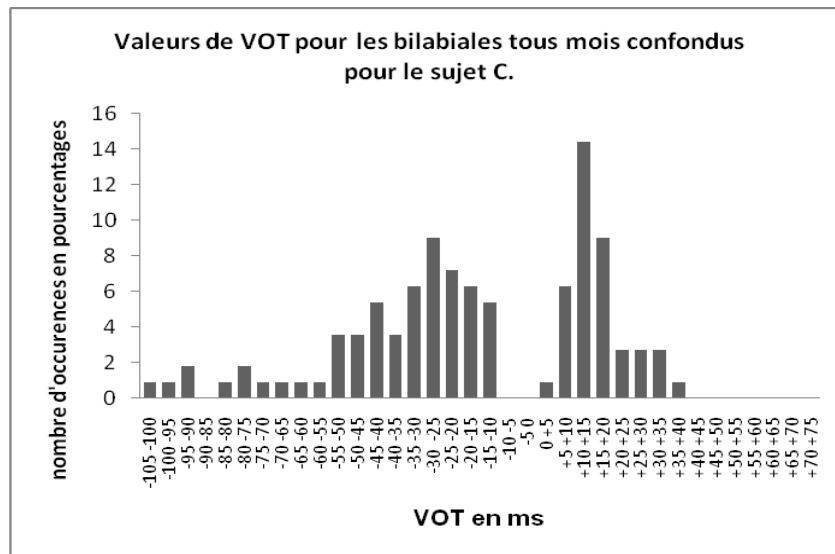


Figure V-68 : Valeurs du VOT pour le lieu bilabial pour tous les mois pour le sujet C.

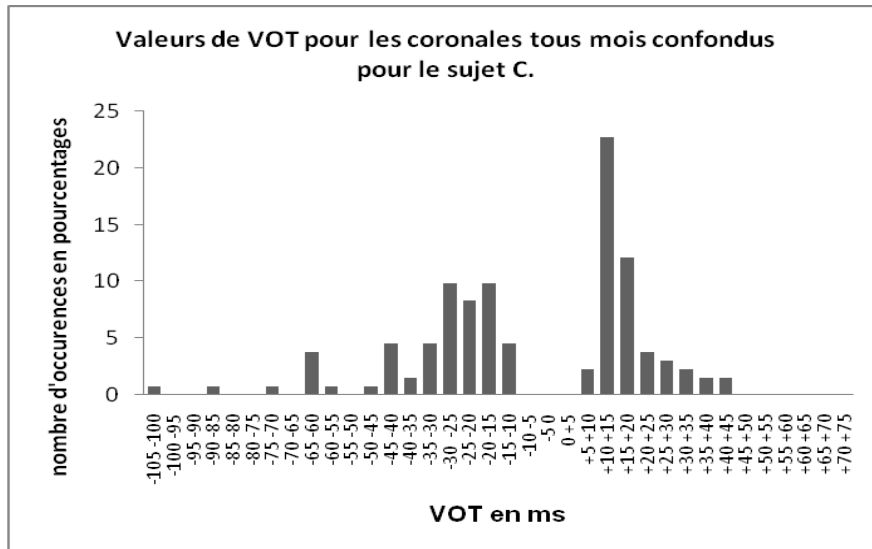


Figure V-69 : Valeurs du VOT pour le lieu coronal pour tous les mois pour le sujet C.

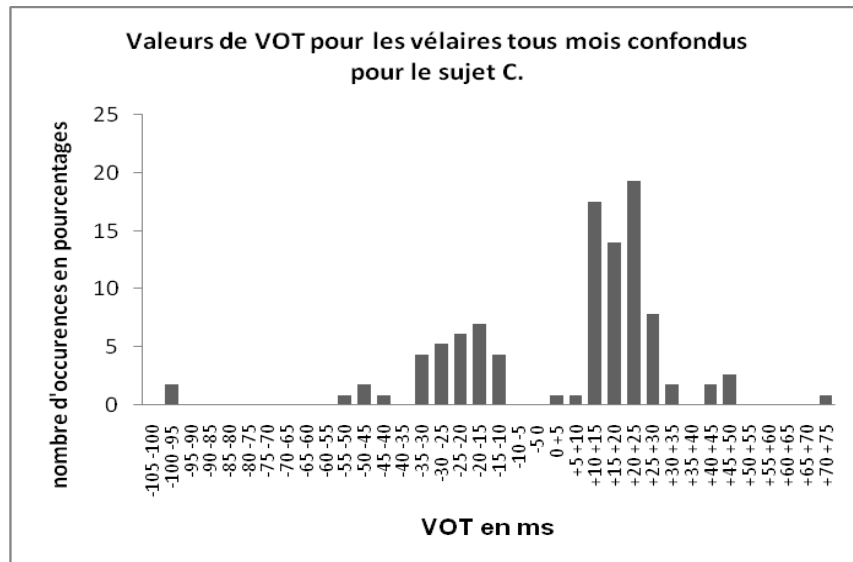


Figure V-70 : valeurs du VOT pour le lieu vélaire pour tous les mois pour le sujet C.

D'après ces diagrammes, nous pouvons voir que les valeurs de VOT varient effectivement selon le lieu de production. Mais les valeurs se situent tout de même majoritairement sur les plages de -60 ms à -20 ms pour les valeurs négatives et de 5 ms à 50 ms pour les VOT positifs.

Plus précisément, on peut remarquer pour tous les lieux que la majorité des productions se situe autour de 15 ms pour les valeurs positives. On retrouve cette tendance de concentration des valeurs du VOT autour de 15 ms dans plusieurs langues (Lisker & Abramson, 1964).

Par contre pour les valeurs négatives, on observe que la plage des valeurs est beaucoup plus étendue pour les bilabiales avec une étendue de -10 ms à -50 ms, un peu moins pour les coronales avec une plage entre -10 ms et -40 ms, et enfin une plus courte pour les vélaire avec une plage entre -35 et -10 ms. Les valeurs négatives de VOT, c'est-à-dire les valeurs qui correspondent à la production des occlusives sonores, sont plus courtes chez l'enfant que chez l'adulte. Mais on peut déjà observer une différence de durée par rapport aux lieux et donc une cohérence durée de VOT/lieu d'articulation tout comme chez l'adulte.

Nous pouvons donc dire que nous retrouvons un patron cohérent à celui de l'adulte au niveau de la distribution des valeurs de VOT positifs et négatifs mais aussi au niveau des différences de valeurs de VOT suivant les lieux d'articulation de la consonne. Toutefois, les valeurs de VOT, surtout négatives, étant bien plus courtes que celles de l'adulte, nous ne pouvons pas conclure à un contrôle du voisement dans l'occlusion. De plus, les données de Whalen et al. (2007) présentées ci-dessus présentant ce même patron chez les enfants français mais aussi anglais nous laisse penser que cette répartition des valeurs de VOT serait plutôt due à des contraintes aérodynamiques.

b). Evolutions de la distribution avec l'âge du sujet

Nous avons, pour finir, voulu regarder plus précisément l'évolution des valeurs de VOT chez notre sujet et nous avons obtenu les résultats suivants (cf. Figures V-71 et V-72 ci-dessous) :

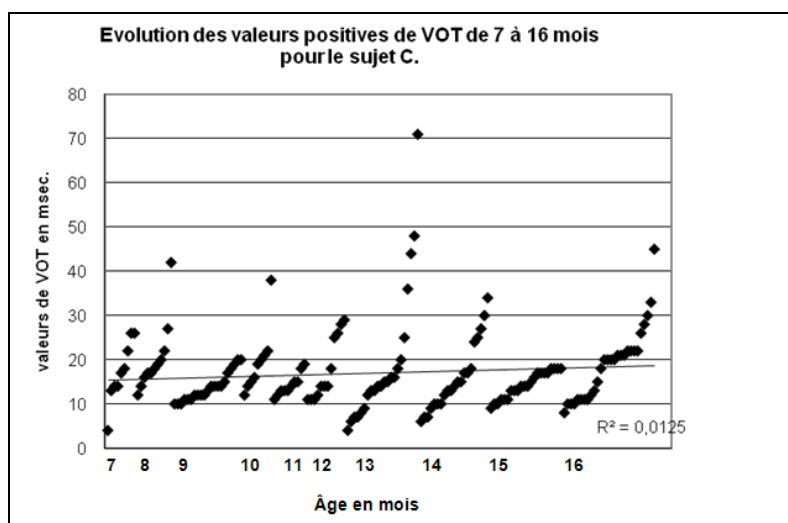


Figure V-71 : Évolution des valeurs de VOT positif de 7 à 16 mois pour le sujet C.

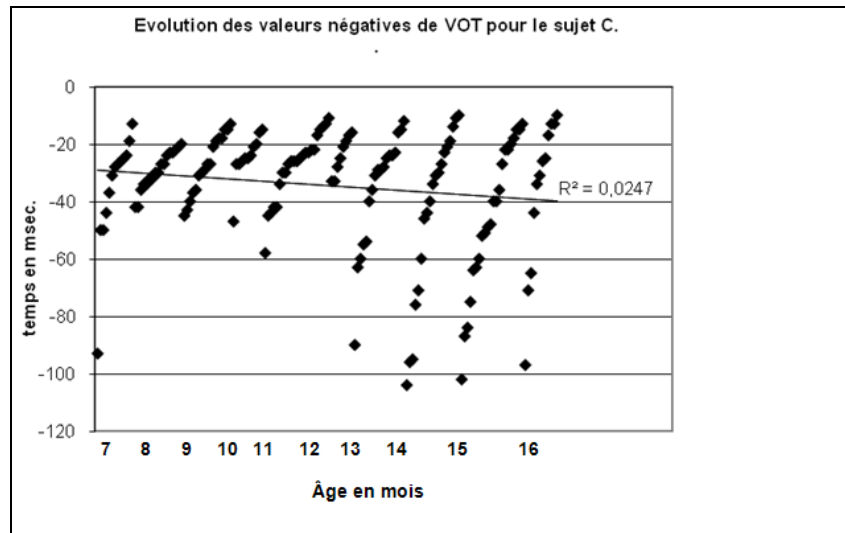


Figure V-72 : Évolution des valeurs de VOT négatifs de 7 à 16 mois pour le sujet C.

Deux interprétations sont possibles. Premièrement, nous pouvons supposer, à partir de ces résultats, que l'enfant aurait acquis, dès 7 mois, la faculté de déclencher la vibration des cordes vocales très rapidement après le relâchement de l'occlusion supra-glottique pour produire une consonne sourde. Ou bien, deuxièmement, cette capacité est due à des contraintes aérodynamiques car les enfants anglais produisent eux aussi ces valeurs de VOT positif (Whalen & al., 2007, Studdert-Kennedy & Goldstein, 2003).

Par contre, il semblerait bien que l'enfant n'acquiert la capacité à maintenir la vibration des cordes vocales durant l'occlusion qu'à partir de 13 mois. Les valeurs négatives du VOT chez les enfants se situent en moyenne autour de -30 ms jusqu'à 12 mois (pour notre sujet, et pour Whalen & al., 2007). Nous pouvons expliquer ceci par le fait que l'occlusion supra-glottique provoque une augmentation de la pression sub-glottique, qui tend à stopper la vibration des cordes vocales. De 13 mois et ce jusqu'à 16 mois chez notre sujet, les valeurs du VOT négatif s'allongent jusqu'à environ -100 ms. Nous pouvons donc interpréter cet allongement comme le fait que l'enfant commence à maîtriser la vibration malgré cette pression sub-glottique comme le font les adultes. Les valeurs de l'adulte se situent autour de -130 ms. Il semblerait donc qu'à 13 mois apparaisse la maîtrise du contrôle du voisement durant l'occlusion chez notre sujet.

D'autre part, si nous regardons les valeurs moyennes de VOT positifs et négatifs par mois pour notre sujet (cf. Figure V-73 & Figure V-74 ci-dessous), nous pouvons remarquer que les valeurs de VOT positifs, qui sont autour de +20 ms, sont un peu plus courtes que celles de

l'adulte (Serniclaes, 1987). Pour les valeurs de VOT négatif, nous pouvons remarquer qu'elles sont relativement stables autour de -30 ms de 7 à 12 mois ($\chi^2 = 13,06$, $p = 0,1$). A partir de 13 mois, bien que les valeurs soient encore bien plus courtes que celles de l'adulte, nous pouvons remarquer un abaissement de la moyenne autour de 45 ms ($\chi^2 = 16,63$, $p = 0,05$). Ceci vient donc confirmer l'allongement des valeurs de VOT négatif exposées ci-dessus, à partir de 13 mois.

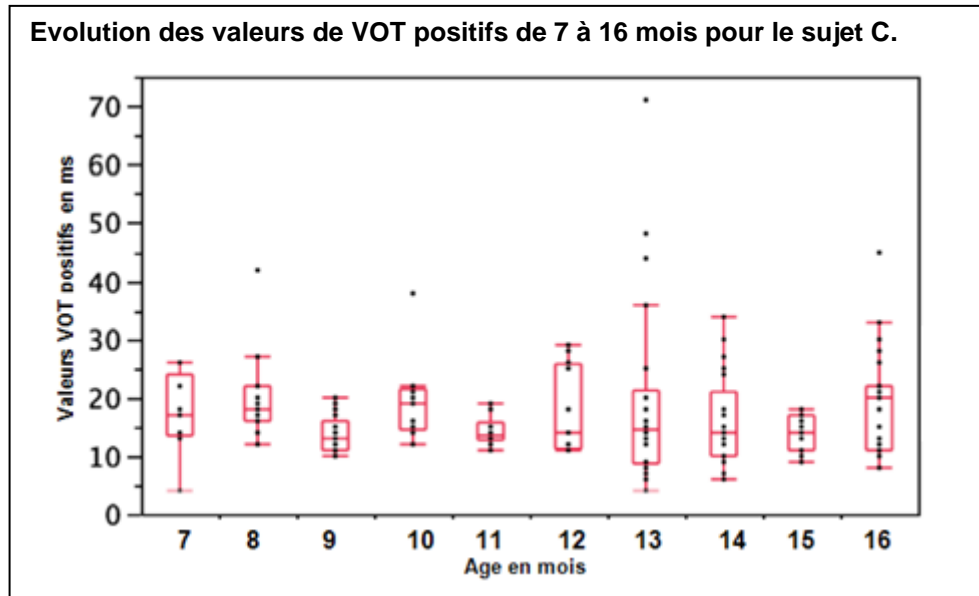


Figure V-73 : valeurs moyennes des VOT positifs par mois pour le sujet C.

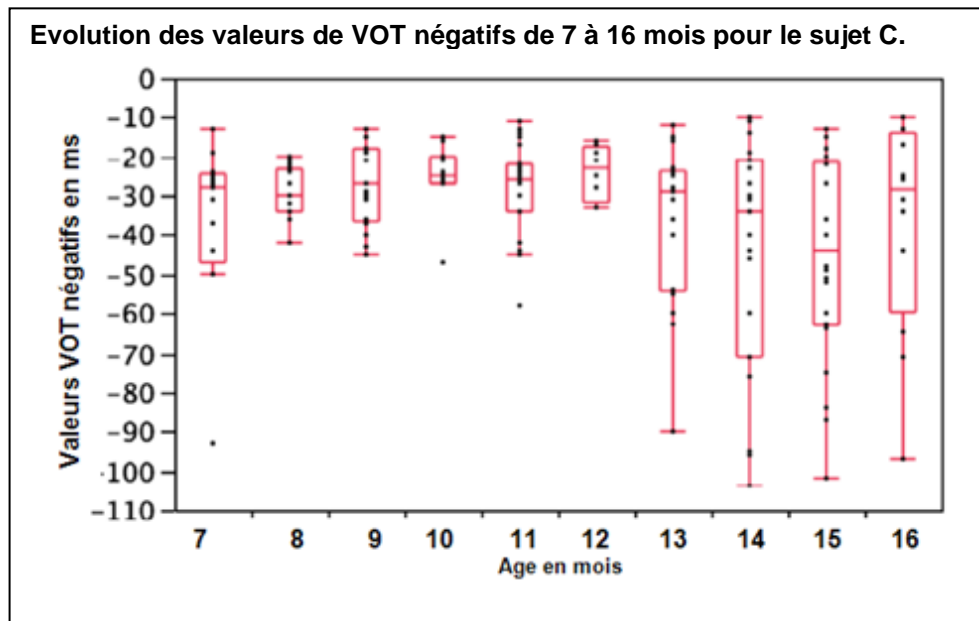


Figure V-74 : valeurs moyennes des VOT négatifs par mois pour le sujet C.

V.3. Discussion & conclusion sur le contrôle de la coordination oro-laryngée

Avant toute conclusion, nous nous permettons de noter ici qu'il existe extrêmement peu d'études sur la production du VOT chez l'enfant avant deux ans, en français de surcroît. Nos résultats sont donc assez originaux en la matière.

Le contrôle des cordes vocales est présent chez le bébé avant l'apparition du babillage, puisqu'il passe par une phase d'exploration de ses possibilités de phonation (Koopmans Van Beinum & Van Der Selt, 1986). Mais qu'en est-il de la mise en vibration de celles-ci après ou avant l'occlusion ?

Nous avons donc pu voir dans ce chapitre que notre sujet présente dès 7 mois deux classes de VOT, une classe positive avec des valeurs autour de +20 ms, et une classe négative avec des valeurs de -30 ms. Nous avons pu aussi observer que notre sujet présente, tout comme l'adulte, des valeurs de VOT corrélées au lieu d'articulation de la consonne.

Cependant, même si cet enfant présente un patron similaire à celui de l'adulte en terme de répartition des valeurs de VOT positifs et négatifs, et corrélées aux lieux d'articulation de la consonne, les valeurs de cet enfant restent bien plus courtes que celles de l'adulte, notamment pour les VOT négatifs. Nous ne pouvons donc pas nous permettre de conclure à une adaptation aux valeurs adultes et à un contrôle du voisement.

Par contre, l'allongement des valeurs négatives à partir de 13 mois nous permet de supposer que l'enfant commence à maintenir plus longtemps le voisement pendant l'occlusion d'une part, et cherche d'autre part, à acquérir ce contrôle spécifiquement linguistique pour adapter une fois de plus ses productions à celles de sa langue maternelle. Ceci commencerait avant même douze mois, puisque les enfants français produisent beaucoup plus de VOT négatifs que les enfants anglais qui n'en ont pas dans leur langue maternelle (Whalen & al., 2007).

Chapitre VI

Le contrôle oral / nasal ou l'acquisition d'un conduit vocal oral

La nasalité est un phénomène compliqué à traiter aussi bien au niveau acoustique qu'aux niveaux articulatoire et phonologique. Il semblerait que produire une voyelle nasale qui soit bien nasale acoustiquement et perçue comme telle relève d'un mécanisme articulatoire qui va s'acquérir en plusieurs étapes (Rossato, 2006). Et pourtant le trait de nasalité est très présent dans les langues du monde, et représente donc un trait supplémentaire à acquérir pour de nombreux enfants. L'émergence du contrôle du velum est une étape importante qui va permettre à l'enfant de produire le contraste oral / nasal et d'obtenir ainsi avec son conduit vocal, un bon contraste acoustique entre les sons oraux et nasaux. Ainsi, après avoir étudié le contrôle du rythme, puis de la coordination oro-laryngée entre articulateurs glottique et supraglottique, nous abordons maintenant le contrôle d'un articulateur supraglottique essentiel, le velum.

Nous allons donc décrire l'acquisition et l'évolution de ce contrôle chez notre sujet francophone âgé de 7 à 16 mois.

Afin d'expliquer l'évolution et l'acquisition de ce contrôle chez notre sujet, nous allons tout d'abord définir le trait de nasalité et l'évaluation de son contrôle, puis nous verrons ensuite ce que nous apprennent les différentes recherches effectuées sur le contrôle de la nasalité chez l'enfant ou l'adulte, pour terminer par notre hypothèse et nos résultats.

VI.1. Les nasales : le point de vue traditionnel

VI.1.1. Définition classique

VI.1.1.1. Une différence de positions articulatoires

Selon Laver (1994), d'un point de vue articulatoire, la différence oral/nasal est due au contrôle d'un articulateur, le voile du palais ou velum (cf. Figure VI-75 & VI-76 ci-dessous).

Un *son nasal* comme le [m] de *mal* ou le [ŋ] de *pont*, est un son caractérisé par l'écoulement d'une partie de l'air issu du larynx à travers les fosses nasales, grâce à l'abaissement du velum. Cette bifurcation de l'air entraîne l'adjonction au résonateur buccal d'un résonateur supplémentaire : le résonateur nasal.

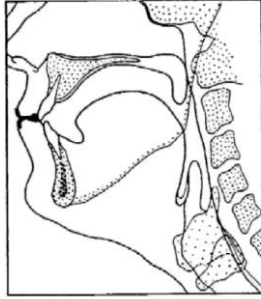


Figure VI-75 : coupe sagittale d'une consonne bilabiale orale [p]. Le velum est relevé

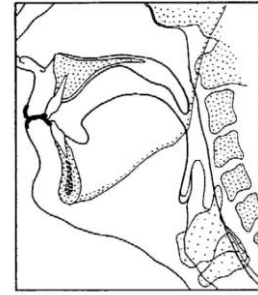


Figure VI-76 : coupe sagittale d'une consonne bilabiale nasale [m]. Le velum est abaissé⁶.

VI.1.1.2. Les données en typologie.

La distinction oral/nasal, c'est-à-dire l'opposition entre phonème oral et phonème nasal est présente dans la grande majorité des langues du monde (97%) pour ce qui est des consonnes (Maddieson, 1984) et dans une langue sur cinq (ou 22%) pour les voyelles (Vallée, 1994). Toutes les classes de localisation (labiale, dentale, palatale, vélaire) exceptées les glottales et toutes les voyelles de l'espace articulatoire peuvent être nasales.

Une différence de lieu d'articulation étant plus difficilement reconnaissable pour les consonnes nasales que pour les consonnes orales, les langues du monde exploitent plus de lieux d'articulations différents pour les orales que pour les nasales, et opposent plutôt les consonnes nasales à une consonne ayant un autre mode d'articulation, que deux consonnes nasales entre elles. Par exemple, au lieu d'opposer la consonne nasale bilabiale [m] à la consonne nasale alvéolaire [n] sans qu'il n'y ait aucune autre consonne bilabiale ou alvéolaire dans le système, une langue préférera dans ce cas opposer la consonne nasale bilabiale [m] à une consonne orale bilabiale [p] ou [b] ou la consonne nasale alvéolaire [n] à une consonne orale alvéolaire [t] ou [d]. La consonne nasale la plus fréquente dans les langues du monde est la consonne nasale coronal [n], suivie de la bilabiale [m] et enfin de la palatale [ɲ].

En ce qui concerne les voyelles nasales, les langues préfèrent utiliser la dimension secondaire de la nasalité sur les voyelles de base déjà présentes dans leur système plutôt que de nasaliser un nouveau timbre. Les voyelles orales et les voyelles nasales existantes dans la langue sont

⁶ Copyright d'après Laver, J., 1994, *Principles of Phonetics*, Cambridge university Press.

généralement identiques même s'il y a souvent moins de voyelles nasales que de voyelles orales dans un système phonologique (Tubach & Boe, 1985). Par exemple, une langue ayant les voyelles [i a u] comme voyelles de bases, nasalisera plutôt une ou deux de ces voyelles de bases que les trois, et préférera nasaliser une de ces voyelles plutôt que d'ajouter un nouveau timbre comme par exemple le [ɔ̃]. Nous pouvons aussi ajouter que les voyelles nasales ne sont généralement pas produites avec la même configuration articulaire que la voyelle de base correspondante à laquelle s'ajoute l'abaissement du voile du palais, mais connaissent plutôt un ajustement articulaire. Par exemple un [ɔ̃] ne correspondra pas exactement à un [ɔ] auquel s'ajoute l'abaissement du voile du palais.

VI.1.2. Les nasales du point de vue développemental

VI.1.2.1. Dégression de la nasalité au cours du babillage

De nombreuses études sur le développement de la parole (Kent & al., 1982, Masataka & Bloom, 1994, Kinney & al. 2002) considèrent la nasalité comme présente dans les productions de l'enfant dès les premiers mois et lors du début du babillage. Il semblerait qu'elle diminue ensuite au long des huit premiers mois chez l'enfant. En effet, Kinney & al. (2002) rapportent que "le patron ontogénétique des émergences montre que la nasalité diminue lors des huit premiers mois de la vie. Alors que des investigations variées ont identifié une qualité nasale dans les productions des enfants lors des premiers mois (Kent & Murray, 1982; Masataka & Bloom, 1994), les sons nasaux sont présents en nombre relativement faible dans le babillage (Davis & MacNeilage, 1995)." (t.p.n.).

VI.1.2.2. L'émergence des sons oraux : une stimulation auditive.

Les enfants sourds produisent beaucoup plus de nasales que les enfants entendants (Stoel-Gammon, 1988). Nous pouvons donc imaginer que la nasalité correspondrait à la position de repos du velum, tandis que le mode oral demande une action musculaire pour remonter le velum. On peut penser que les enfants normo-entendants développeraient leur contrôle du mode oral/nasal grâce aux retours perceptifs qu'ils reçoivent de leurs propres productions et

de celles des autres locuteurs qui les entourent, alors que les enfants sourds ou malentendants, n'évolueraient pas vers le stade où le velum est contrôlé par manque de retour perceptif auditif (Davis & MacNeilage, 2000). Nous pouvons aussi supposer que la production de sons nasaux procure un retour perceptif plus important chez les enfants sourds par le biais des vibrations intracrâniennes.

En effet, McCaffrey & al. (2000) ont montré à partir de données sur les productions d'un enfant sourd, qu'avant de recevoir un implant cochléaire, cet enfant produit majoritairement des productions empreintes de nasalité. Ces productions chutent de manière abrupte 7 mois après l'implantation cochléaire qui a eu lieu à 18 mois. Ces données soulignent le rôle fondamental de la perception auditive dans la maîtrise du contrôle oral/nasal.

VI.1.2.3. La nasalité et la *dominance des cadres*.

Redford, MacNeilage & Davis (1997) se sont intéressés à la nasalité à l'intérieur des productions Consonnes Voyelles Consonnes (CVC). Ils estiment que lorsque consonnes orales et consonnes nasales sont produites dans une même séquence, elles sont toujours séparées l'une de l'autre par une voyelle. Lorsque ces consonnes sont produites dans une même séquence, elles ont au moins un trait articulatoire en commun. Elles ont souvent le même lieu d'articulation et sont soit voisées soit non-voisées toutes les deux. Ils observent aussi que dans une séquence CVC, la consonne nasale est souvent en finale de syllabe. Pour les auteurs, ceci serait dû à la diminution de l'énergie en fin de production dans le conduit vocal de l'enfant, et non à un contrôle actif du velum en cours de séquence, ce qui serait en conséquence un argument de plus en faveur de l'hypothèse de la *dominance des cadres*. Ils confortent cette hypothèse par le fait que cette tendance se retrouve dans les langues du monde.

Par ailleurs, une étude cross-linguistique de Coberly (1985) sur les consonnes les plus fréquentes en début et fin de production dans le babillage, et sur les consonnes les plus fréquentes en début et fin de production dans les premiers mots, montre qu'il y a plus souvent des CVC de type Consonne Nasale Voyelle Consonne Orale, que de type Consonne Orale Voyelle Consonne Nasale. Cette étude contredit donc les résultats de Redford & al. (1997) et l'hypothèse de la *dominance des cadres* qui attribue la nasalité à une baisse d'énergie dans le conduit vocal en fin de production.

VI.1.3. La nasalité : un problème complexe

Avant d'observer l'évolution de la nasalité dans notre corpus, revenons sur la nature aéro-acoustique des consonnes et des voyelles nasales.

VI.1.3.1. Les problèmes de la caractérisation acoustique de la nasalité

Les consonnes et les voyelles nasales ont des caractéristiques acoustiques et articulatoires bien distinctes. En effet, l'ouverture du conduit nasal opérée par le mouvement d'abaissement du velum a des conséquences très différentes au niveau acoustique, selon que le conduit vocal est ouvert ou fermé.

D'un point de vue acoustique, une consonne nasale se distingue aisément d'une consonne orale par sa structure formantique stable et par son amplitude spectrale. Si le conduit vocal est fermé comme pour les occlusives, les fosses nasales vont agir comme des résonateurs et entraîner l'apparition de formants, ce qui signifie qu'un changement radical s'effectue dans la structure acoustique de la consonne (cf. Figures VI-77 et VI-78).

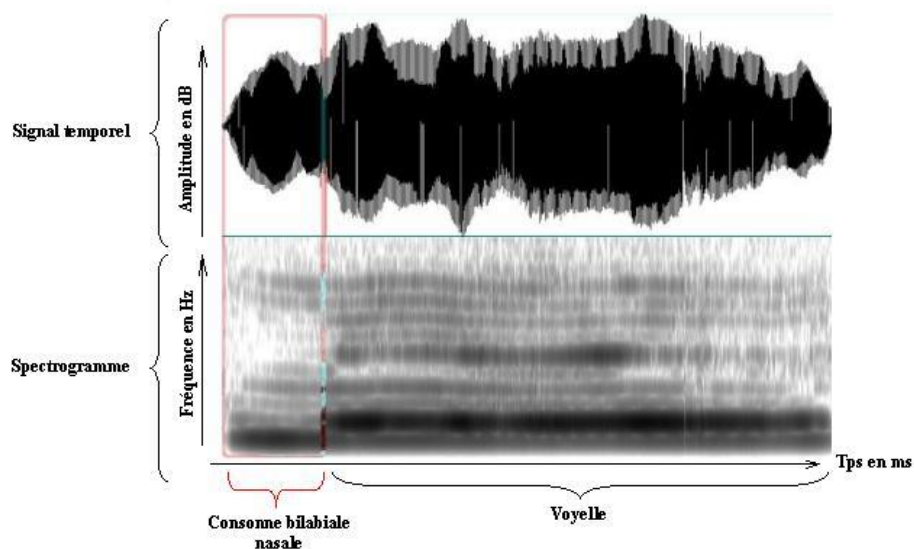


Figure VI-77 : spectrogramme d'une bilabiale nasale [m] suivie d'une voyelle.

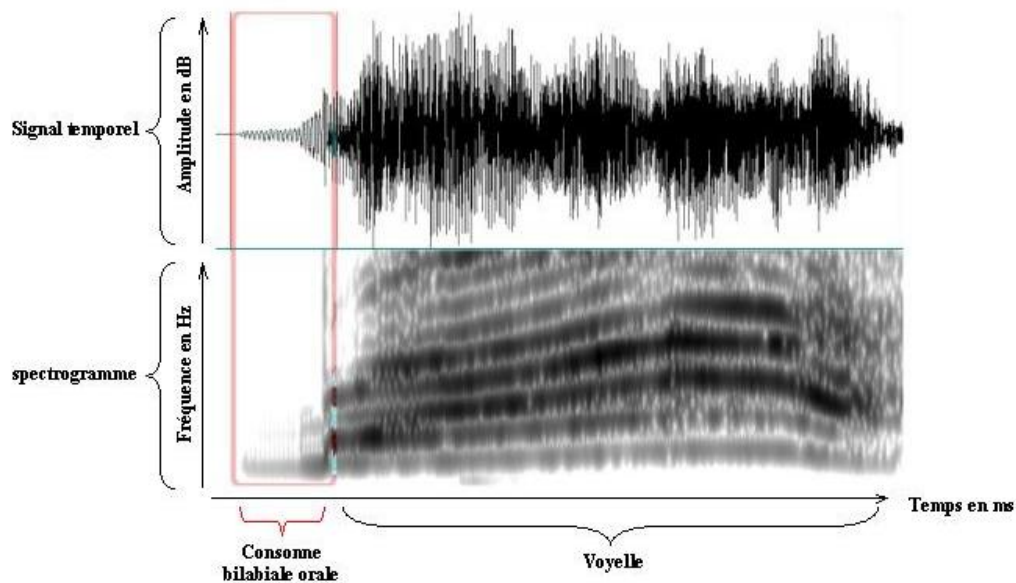


Figure VI- 78 : spectrogramme d'une bilabiale orale [p] suivie d'une voyelle

Par conséquent, la différence entre les deux positions du velum dans une consonne engendre des signes évidents et bien distinguables sur le signal de parole.

Par contre, abaisser le velum alors que le conduit vocal est ouvert, ce qui revient à passer d'une voyelle orale à une voyelle nasale (cf. Figure VI-79), ne modifie pas de manière radicale la nature acoustique du son. L'élargissement du passage vélopharyngé se traduira plutôt par de minces effets tels que l'élargissement de la largeur de bande du premier formant, l'abaissement de l'amplitude du premier formant, ainsi que l'affaiblissement de la fréquence du second formant (cf. Delattre, 1954).

Ainsi, malgré de nombreuses recherches (Delattre, 1954, Fant, 1960, Maeda, 1993, Feng, 1986, Feng & Castelli, 1996) dans le domaine, il n'y a pas d'indice acoustique fiable et systématique à ce jour pour décrire une voyelle nasale acoustiquement par rapport à une voyelle orale (cf. Feng & Castelli, 1996). En effet, par rapport à l'analyse acoustique des voyelles orales, celle de la nasalité vocalique est très complexe car pour les voyelles nasales, le couplage de la cavité nasale avec le conduit vocal introduit des formants supplémentaires nasaux accompagnés d'« anti-formants ». Le couplage va donc modifier l'amplitude et la fréquence des formants associés au seul conduit vocal. L'abaissement du voile du palais provoque en fait un amortissement général des résonances du conduit vocal. Cet amortissement dépend du degré d'ouverture du voile, mais il se manifeste différemment en

fonction des autres résonances du conduit vocal déterminées par l'ensemble de l'articulation. Les indices acoustiques sont malgré tout difficiles à appliquer à toutes les voyelles car chacune possède des caractéristiques acoustiques spécifiques et il ne semble pas exister d'invariant acoustique de la nasalité (Maeda 1993).

Ce problème majeur explique largement les difficultés que rencontrent les études portant sur la nasalité des voyelles.

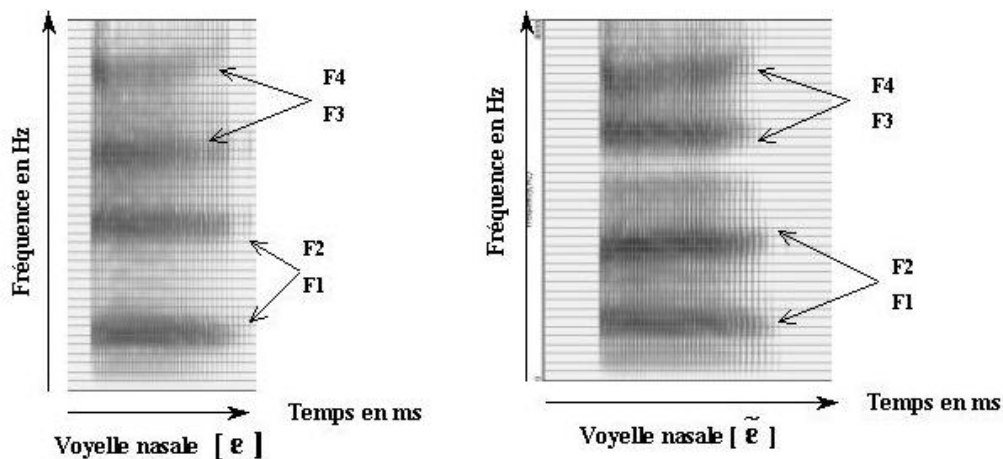


Figure VI-79 : spectrogrammes d'une voyelle orale (à droite) et d'une voyelle nasale (à gauche).

VI.1.3.2. Aspects articulatoires de la nasalité

En réalité, plusieurs études ont montré que la présence d'un passage vélopharyngé n'est pas une condition suffisante à la perception de la nasalité (Durand, 1954, Maeda, 1993, Warren & al., 1993). Pour Rossato & al., 2006, on ne peut donc pas décrire le contraste de nasalité en termes de fermeture et d'ouverture du port vélopharyngé mais en terme de degré de couplage entre la cavité nasale et la cavité buccale : le velum doit s'abaisser suffisamment pour produire un trait de nasalité. Les auteurs se sont donc demandés quelles positions cibles doit atteindre le velum pour réaliser ce contraste de nasalité. Avec quelle précision le locuteur doit-il atteindre ces cibles ? Ces cibles sont-elles les mêmes pour toutes les langues qui contiennent des nasales dans leur système phonologique ?

Dans le cadre de leurs recherches sur la nasalité des voyelles et des consonnes, Rossato & al. (2003) ont mené une étude sur les mouvements du velum, plus particulièrement sur la

distribution des positions verticales de celui-ci lors de la production de voyelles orales et nasales et de consonnes orales et nasales, chez un locuteur français, à l'aide de mesures obtenues avec un articulographe électromagnétique. Les voyelles nasales sont reconnues comme faisant partie de la catégorie phonologique française « nasale », et sont analysées acoustiquement comme nasales.

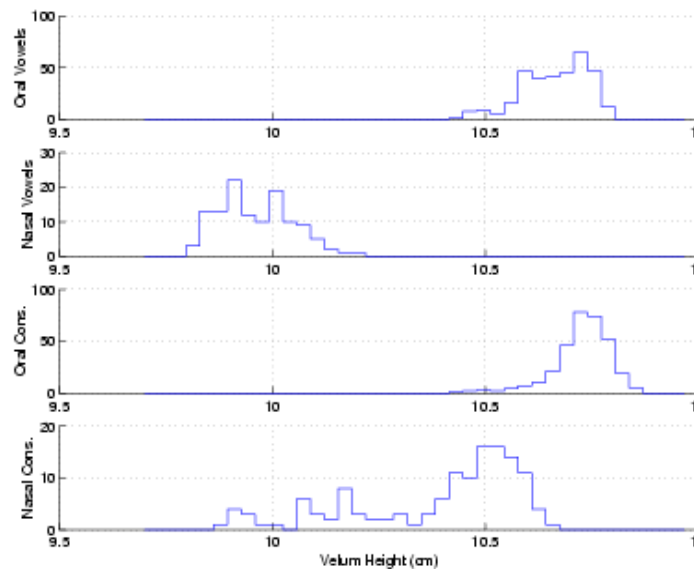


Figure VI-80 : distribution de la hauteur du velum pour les voyelles orales, nasales et les consonnes orales et nasales (cf. Rossato & al., 2003).

L'histogramme obtenu (cf. Figure VI-80 ci-dessus) représente l'amplitude d'ouverture du velum lors de la production de voyelles orales et nasales et de consonnes orales et nasales. La distance entre le centre et le velum est mesurée à l'aide d'une grille semi-polaire (cf. Figure VI-81 ci-dessous).

Les amplitudes d'ouverture pour les voyelles orales et nasales sont très distinctes avec des valeurs distribuées autour de 10.66 cm pour les orales et de 9.96 cm pour les nasales. Les consonnes orales et nasales présentent, par contre, des valeurs beaucoup plus proches, avec une moyenne de 10.7 cm pour les orales et de 10.5 cm avec des valeurs entre 9.9 cm et 10.65 cm pour les nasales.

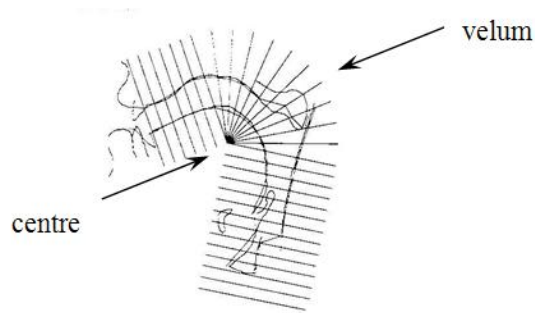


Figure VI-81 : Tracé du contour sagittal sur lequel est superposée la grille semi-polaire qui permet d'effectuer les mesures.

En d'autres termes, la différence entre une consonne orale et une consonne nasale peut être obtenue par un mouvement du velum de 2 mm, alors que pour produire une voyelle nasale par rapport à une voyelle orale, on a besoin d'une plus large ouverture du conduit nasal et d'un plus large mouvement d'abaissement du velum (la différence significative entre la position abaissée et la position relevée du velum est de 7 mm). C'est-à-dire que le passage du mode oral au mode nasal pour les consonnes représente un petit effort et ne nécessite pas une grande énergie alors que ce même changement de mode pour les voyelles nécessite un effort bien plus conséquent. Il apparaît, en outre, qu'une voyelle orale peut être produite avec une faible ouverture du conduit nasal, essentiellement pour les voyelles basses.

Une petite ouverture du passage vélopharyngé n'entraînera donc pas de changement acoustique radical pour une voyelle orale alors que dans le cas d'une consonne, la structure acoustique changerait radicalement. Une séquence [mama] pourrait donc être produite avec une même position abaissée du velum.

Ces résultats ont été confirmés dans une étude d'Amelot & Rossato (2006) chez deux locuteurs français et chez un locuteur portugais (Rossato & al., 2006).

VI.1.3.3. Considérations aéroacoustiques

Pour produire des sons oraux ou nasaux, il faut jouer sur l'impédance du débit d'air oral et du débit d'air nasal par la position du velum. En effet, Baken (1987) et Ohala (1975) ont montré que le débit d'air nasal et le degré d'abaissement du vélum ne sont pas déductibles l'un de l'autre, dans la mesure où le débit nasal dépend de l'impédance relative du conduit oral et du conduit nasal. Feng (1996) et Amelot & al. (2006) se sont plus particulièrement intéressés aux

indices acoustiques et aux effets aérodynamiques des voyelles du français, et ont montré le rôle de l'impédance et l'importance du contrôle fin du velum pour la production des voyelles nasales du français.

Pour produire une voyelle nasale, il faudra donc que l'enfant arrive à baisser suffisamment son velum afin que l'impédance orale soit plus grande que l'impédance nasale et que l'air passe donc aussi par les fosses nasales.

VI.1.3.4. En conclusion, la nasalité consonantique plutôt et plus tôt que la nasalité vocalique ?

Globalement, on le voit, il y a une évidente différence de complexité du phénomène de nasalité (au sens de production d'un contraste phonologique entre son oral et nasal) pour les consonnes et les voyelles. Pour les premières, un léger mouvement d'abaissement du velum suffit à produire des conséquences aéroacoustiques importantes, modifiant drastiquement le signal, et donc sa perception. Ces contrastes, faciles à produire et à percevoir, sont donc a priori du pain béni pour le chercheur et probablement une cible de choix pour le bébé en phase d'acquisition des contrôles de son conduit vocal. Au contraire, la nasalité des voyelles nécessite un geste du velum plus ample pour produire des effets qui restent néanmoins difficiles à caractériser pour le chercheur, sinon à percevoir par l'auditeur.

En conséquence, notre stratégie de recherche nous pousse à nous centrer sur le contrôle de la nasalité des consonnes, pour des raisons méthodologiques dont on espère qu'elles sont, à ce point, évidentes. Cette stratégie rencontrera une hypothèse développementale (le contrôle de la nasalité des consonnes surgissant plus tôt que celui des voyelles) sur laquelle nous reviendrons dans la section VI.2.

VI.1.4. L'approche développementale de la nasalité

VI.1.4.1. Différences acoustiques entre consonnes et voyelles dans le développement

Les voyelles nasales ne semblent pas faciles à détecter. Kinney & al. (2001, 2002) ont cherché un bon indice acoustique pour pouvoir les repérer. Ils ont donc essayé de mettre en évidence

la nasalité en utilisant comme indice la pente spectrale, certaines études ayant montré que les énoncés nasalisés présentaient un spectre acoustique avec une pente plus plate que pour les énoncés oraux.

Pour cela, ils ont tout d'abord étudié les données du babillage de trois enfants de 1 à 9 mois, en observant l'évolution de la pente spectrale, avec l'idée que cette pente se ferait de plus en plus plate au cours du temps, à mesure que la nasalité décroît.

Les résultats obtenus ne montrent pas d'évolution significative de la pente spectrale au cours des productions observées. Ces résultats n'étant pas ceux qui étaient attendus, les auteurs ont donc testé la fiabilité de la pente spectrale comme indice de détection de la nasalité chez des adultes et chez des enfants en comparant les mesures acoustiques, avec des mesures perceptives. Ces deux types de mesures ne sont en fait pas corrélés. Il en ressort que la pente spectrale n'est pas un indice fiable pour détecter la nasalité.

VI.1.4.2. Distinction voyelle nasale vs. voyelle nasalisée

Matyear & al. (1998) dans une étude acoustique sur la nasalisation des voyelles en environnement nasal dans le babillage de trois enfants anglophones de 7 à 12 mois, ont montré que lorsqu'une consonne est nasale, la voyelle qui la suit est également nasalisée.

Ils ont remarqué que les occlusives nasales étaient très nombreuses, mais ils se sont intéressés plus particulièrement à l'effet du contexte nasal sur les voyelles. Ils ont observé qu'il existait une différence entre les patrons formantiques des voyelles en contexte oral et celles en contexte nasal. Ils relèvent que les valeurs formantiques du F1 sont plus basses pour les voyelles en contexte nasal que pour celles en contexte oral, excepté pour le [ε]. Quant aux valeurs du F2, elles sont plus basses pour toutes les voyelles en contexte nasal. Les auteurs attribuent la diminution des valeurs du F2 des voyelles en contexte nasal à la position de la langue qui serait plus en arrière et qui serait un effet de la nasalisation. Les auteurs soulignent par contre que cet effet n'est pas observé chez les adultes.

Les données montrent aussi que les voyelles centrales sont celles qui sont le plus souvent retrouvées en contexte consonantique nasal dans les productions d'enfants.

Dans une comparaison avec des données adultes, les auteurs constatent que le F1 des voyelles est aussi plus bas en contexte consonantique nasal. Par contre, il ne semble pas y avoir de différence significative entre les valeurs de F2 des voyelles en contexte oral et en contexte nasal chez l'adulte.

A partir de cette étude, les auteurs ont donc pu observer que les voyelles en contexte consonantique nasal subissaient un fort effet de la nasalité consonantique. Si le velum était complètement contrôlé, les voyelles en contexte consonantique nasal pourraient être clairement orales, or ce n'est pas le cas dans le babillage à 7 mois. Ils utilisent cet argument pour conforter la théorie de la *dominance des cadres* et attribuer l'effet de nasalité au fait que le velum reste abaissé pendant toute la production par manque d'énergie dans le conduit vocal : « Si l'énergie impliquée dans la fermeture du velum diminue, le passage vélopharyngé aura alors tendance à s'ouvrir. Cette ouverture – qui permettra par la suite la production d'un son nasal – permettra le maintien, à travers la glotte, de la pression alors en chute, même si la pression des poumons en phase terminale est en baisse »⁷ (t.p.n). Les auteurs ont alors déterminé que le velum, comme la langue, n'était pas réellement contrôlé chez l'enfant, mais qu'il subissait l'influence des cycles mandibulaires.

Cette étude nous semble discutable sous plusieurs aspects.

Tout d'abord, il n'y a pas de voyelle phonologique nasale en anglais. Il nous paraît donc important de souligner ici la différence entre une voyelle nasale et une voyelle orale nasalisée en contexte consonantique nasal, qui ne vont pas présenter les mêmes caractéristiques acoustiques puisque l'une subit l'influence contextuelle consonantique de nasalité alors que la seconde va avoir des caractéristiques acoustiques propres au fait d'être nasale (cf. figure VI-82 ci-dessous).

⁷ « If energy involved in velar closure decreased, the velopharyngeal passage might have a tendency to become open. This would facilitate the continuation of voicing –hence the nasal sound – because it would facilitate continued maintenance of pressure drop across the glottis even if subglottal pressure was terminally decreasing » (Kinney & al., 1997, p. 175)

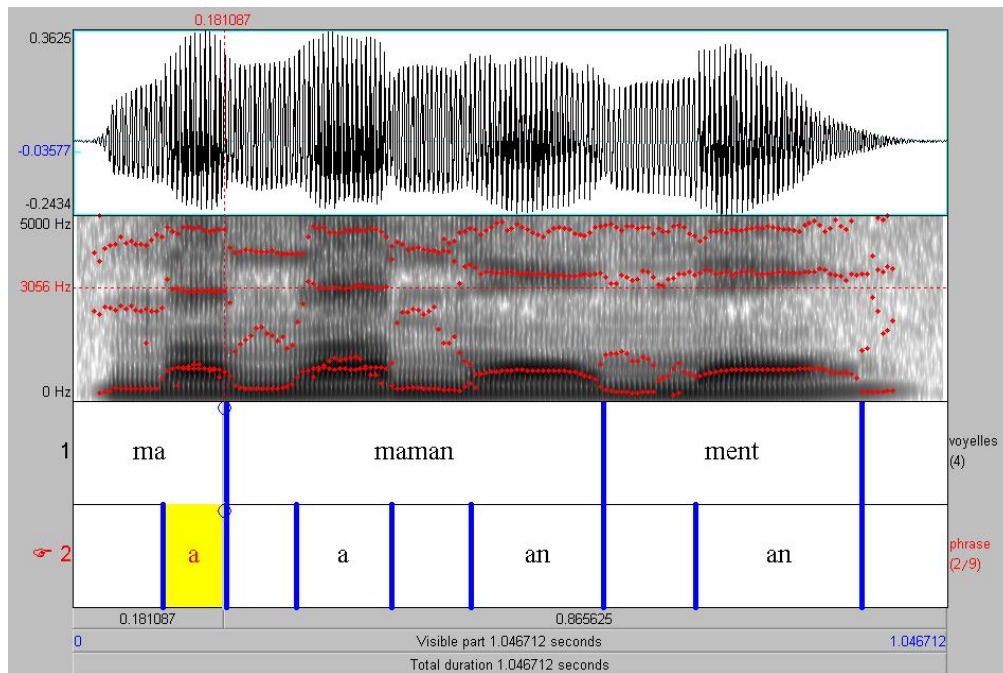


Figure VI-82 : Spectrogramme représentant la phrase « ma maman ment » dans laquelle les deux premiers [a] sont nasalisés par l'effet des consonnes nasales qui les entourent, alors que les deux [a] sont des voyelles nasales. Si les F1 des quatre voyelles [a] et [a] semblent être identiques, les F2 sont plus hautes pour les voyelles nasales [a] que pour les voyelles nasalisées.

D'autre part, la nasalisation des voyelles en contexte consonantique nasal existe aussi chez les adultes, qu'ils possèdent ou non l'opposition phonologique voyelle orale/nasale. Ohala (1975) le vérifie chez des adultes anglais qui ne possèdent pas la distinction phonologique oral/nasal. Rossato & al. (2003) le constatent chez des locuteurs français pour lesquels la distinction est pertinente. Cette situation est donc vraisemblablement due à une contrainte biomécanique sur le velum et ne peut constituer la preuve d'un manque de développement du contrôle du velum. De plus, cet effet de nasalisation existe aussi en français, où l'opposition voyelle orale/voyelle nasale existe, et les locuteurs français ne perçoivent pas comme nasale une voyelle orale en contexte consonantique nasal.

Le fait que les auditeurs anglais transcrivent peu de voyelles nasales provient certainement du fait qu'ils n'ont pas l'opposition phonologique voyelle orale/nasale dans leur langue. On peut supposer qu'ils ne perçoivent donc pas les voyelles nasales comme l'étant.

Ces résultats montrent que ce phénomène de nasalisation partielle des voyelles est à attribuer à l'inertie du velum, que même les adultes ne parviennent pas à maîtriser : le velum ne peut se relever et s'abaisser suffisamment rapidement. Le fait que les enfants ne la maîtrisent pas non plus n'apporte pas d'informations spécifiques sur ce contrôle.

VI.2. Hypothèses et choix méthodologiques

L'ensemble de la présentation qui précède, incluant données typologiques, phonétiques et développementales et considérations articulatoires, aéroacoustiques et perceptives, nous conduit à proposer un cadre développemental pour l'acquisition du contrôle du velum et de la nasalité, autour de trois hypothèses, que nous allons détailler, et qui nous permettront de proposer notre méthodologie de test.

VI.2.1. 1^{ère} hypothèse : 2 contrôles articulatoires successifs

Notre première hypothèse concerne les états articulatoires du velum, et les contrôles entre ces états. Nous supposons qu'il existe trois états possibles, et que le développement permet d'acquies successivement deux contrôles. La première étape de ce développement serait le passage de la position par défaut, soit celle d'une légère ouverture du passage velopharyngé qui permettrait la production d'un closant nasal ou de certaines voyelles orales, à la position relevée du velum pour la production d'un closant oral. La deuxième étape de ce contrôle serait l'abaissement suffisant du velum pour obtenir une voyelle nasale. Cette seconde étape serait plus tardive car la position basse du velum pour les voyelles nasales impliquerait un contrôle plus complexe de celui-ci, qui se développerait plus tardivement dans l'ontogénèse : c'est ce que nous avons mentionné précédemment par la formule : « la nasalité consonantique plus tôt que la nasalité vocalique ».

Ceci expliquerait le fait que les études sur la nasalité des voyelles dans le babillage n'obtiennent que peu d'indices acoustiques stables, et en tout état de cause des indices différents de ceux qui caractérisent les voyelles nasales adultes. Ceci permet aussi d'éclairer les études qui ont été menées sur la nasalité dans le babillage, qui ne doivent donc pas rechercher d'effets sur la structure acoustique des voyelles tant que le bébé n'est pas capable de contrôler une large ouverture du passage vélopharyngé. L'émergence des voyelles nasales se fera de manière plus tardive pour les voyelles nasales.

Pour cette raison, notre étude porte sur la nasalité des consonnes - plus simple et plus précoce que celle des voyelles - et son évolution au cours du développement.

VI.2.2. 2^{ème} hypothèse

Notre seconde hypothèse porte sur les relations de dépendance – indépendance entre velum et mandibule. Dans le cadre de la théorie *Frame then Content*, rappelons-le, le velum serait dans un premier temps non contrôlé au cours des séquences, et simplement caractérisé par une position donnée (éventuellement variant d'une production à une autre, pour donner ce que MacNeilage et Davis appellent des « presettings »). Au contraire, selon nous et à la lumière des études – en partie contradictoires – de Redford & al. (1997), Matyear & al. (1998) et Coberly (1985), le vélum aurait un contrôle indépendant de celui du rythme mandibulaire. Le velum ne dépendrait pas des oscillations mandibulaires mais aurait bien un contrôle indépendant, qui se développerait en parallèle du contrôle des autres articulateurs portés.

Le velum, tant que non contrôlé, serait en position neutre, par défaut dans le conduit vocal du bébé, c'est-à-dire en position légèrement abaissée. C'est à cette position qu'il faudrait alors attribuer les productions du babillage comme étant majoritairement nasales au tout début. Mais le fait de trouver des sons oraux, et notamment des sons oraux et nasaux dans une même protosyllabe du babillage, nous permet d'émettre l'hypothèse que l'enfant est capable de relever son velum pour produire des sons oraux. Il est donc aussi capable de l'élever et l'abaisser durant les cycles mandibulaires.

Nous avons pour cela observé quels étaient les types de changements entre mode oral et mode nasal dans une même production du babillage, de 7 à 16 mois, chez notre sujet.

VI.2.3. 3^{ème} hypothèse : les facteurs explicatifs de l'émergence et de l'évolution du contrôle du velum

Ayant posé les éléments des différents états et étapes, il reste à proposer les mécanismes qui guident les passages d'une étape à la suivante. Les données de la littérature nous semblent suggérer deux types de mécanismes, l'un centré sur les capacités perceptuo-motrices propres du sujet, l'autre sur les mécanismes de *tuning* (assimilation) à son bain linguistique.

VI.1.2.3.1. La distinctivité

Le premier facteur d'émergence d'un contrôle actif du velum est la distinctivité perceptive. Les consonnes nasales ont une moins bonne distinctivité perceptive que les consonnes orales au niveau du feed-back auditif. En effet, il y a moins de différence d'amplitude sonore entre une consonne nasale et une voyelle perceptivement et acoustiquement, qu'entre une consonne orale et une voyelle. Une séquence constituée d'une consonne nasale suivie d'une voyelle présente un faible contraste acoustique car la consonne nasale comme la voyelle possède une large amplitude ainsi qu'une structure formantique (cf. partie VI.3.1, Figure VI-3 et VI-4). L'hypothèse est donc ici que le bébé cherche à renforcer le contraste entre segments consécutifs, pour améliorer l'efficacité acoustique globale de sa production.

VI.1.2.3.2. La langue ambiante

Le second facteur est bien sûr celui de la langue ambiante. L'hypothèse de départ étant que les bébés sur-utilisent les consonnes nasales par manque de contrôle du velum, le fait que les enfants rencontrent moins de consonnes nasales que de consonnes orales dans la langue ambiante telle qu'elle leur est présentée dans les productions de l'adulte les conduit logiquement à adapter leurs propres productions à la langue qu'ils entendent. La décroissance du nombre de consonnes nasales serait donc ici simplement un facteur de convergence linguistique (apprentissage).

VI.2.4. Méthodologie employée pour l'analyse des closants nasaux du corpus

Les voyelles nasales sont souvent peu transcrites dans le babillage. Nous émettons l'hypothèse que ceci est dû au fait que les voyelles nasales sont mal perçues par les transcripteurs dans le babillage, mais aussi parce que les auteurs des langues majoritairement étudiées en développement (anglais, espagnol, italien, allemand, hollandais, japonais) n'ont pas de voyelle nasale phonologique dans leur langue.

Dans notre corpus, nous n'avons pas trouvé de voyelles nasales jusqu'à 16 mois, ce qui confirme clairement notre hypothèse d'une séquence développementale commençant par la

nasalité consonantique. Nous nous sommes donc intéressés aux consonnes nasales exclusivement.

Une fois la transcription terminée, nous avons cherché les productions nasales de notre sujet C. Les données ont été extraites de la transcription à l'aide de commandes disponibles sous CLAN.

Nous avons donc utilisé la commande `FREQ` pour obtenir des comptages de fréquences de voyelles, de lieux et de modes. Le mode `FREQ` calcule la fréquence d'un, de plusieurs ou de tous les mots dans un fichier ou une série de fichiers. `FREQ` permet aussi d'effectuer des recherches ou des statistiques.

Exemple de l'utilisation de la commande `FREQ` :

```
freq +f +t%cod +s$p:* nom du fichier. cha
```

Cette commande permet de compter le nombre de fois où le mot `$p:` apparaît avec un mot à sa suite, autrement dit, nous avons récupéré les différents lieux et leur fréquence pour chaque fichier avec cette commande.

Avec la commande: `freq +t%cod +s"$p:*" celia9b.cha`, on obtient les résultats sous la forme suivante :

```
70 $p:
49 $p:bil
61 $p:cor
3 $p:glo
38 $p:pal
7 $p:pden
4 $p:phar
23 $p:vel
-----
8 Total number of different word types used
255 Total number of words (tokens)
0.31 Type/Token ratio
```

`+t%cod`: signifie que ce qu'on recherche est dans la ligne `%cod`.

`+y`: est utilisé pour travailler sur des fichiers non `CHAT`.

`+f`: permet d'envoyer les résultats obtenus dans un fichier.

Nous avons donc effectué plusieurs recherches par le biais de cette commande, et nous avons ainsi pu récupérer les lieux et modes des closants entre autres et donc obtenir le nombre de

closants nasaux par rapport aux closants oraux. Nous avons ensuite regroupé les sessions par mois afin d'obtenir l'évolution des données par rapport à l'âge des enfants.

VI.3. Les closants nasaux : un indice pour déceler le contrôle du velum chez l'enfant à la période du babillage

VI.3.1. Réponses aux hypothèses 1 et 3

Nous avons observé l'évolution de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux chez notre sujet de 7 à 16 mois, c'est-à-dire du babillage aux premiers mots, en faisant un simple comptage de productions de closants oraux et nasaux par mois.

Les résultats obtenus (cf. Figure VI-83 et Tableau VI-35) montrent tout d'abord entre 7 et 12 mois, une diminution de la proportion des consonnes nasales : de 25% à 10%, avec un minimum à 12 mois à environ 10%, puis un pic au dessus de 25% à 13 mois pour redescendre entre 15% et 20 % à 14 et 15 mois et atteindre les 10% à 16 mois.

Ces observations nous permettent d'émettre l'hypothèse selon laquelle le contrôle du velum n'est pas encore maîtrisé au moment de l'apparition du babillage canonique à 7 mois, et qu'il s'affine au cours des cinq mois qui suivent.

Si la tendance globale semble la bonne (celle d'une diminution de consonnes nasales, donc d'une acquisition progressive du contrôle du velum permettant d'obtenir une proportion croissante de consonnes orales), la présence d'un "pic" de nasales à 13 mois est frappante. Nous avons fait l'hypothèse que ce "pic" de nasales pourrait s'expliquer par le fait que le sujet C. semble acquérir ses premiers mots précisément à cet âge. Le contexte situationnel que l'on peut déduire des vidéos indique qu'elle utilise les mots "non" et "maman". C'est pourquoi elle produit un grand nombre de séquences CV : coronale nasale-voyelle nasale s'apparentant à « non » [nɔ̃], et de CVCV bilabiale nasale/voyelle s'apparentant à « maman » [mama].

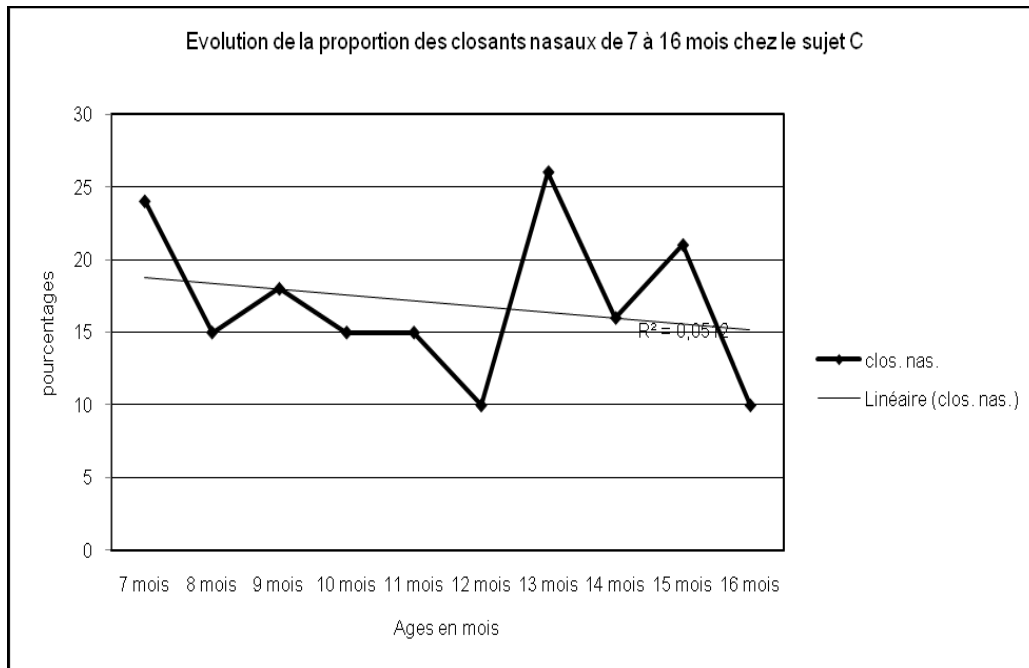


Figure VI-83 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C.

	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
clos. nas.	44	85	66	34	121	43	293	111	316	83
clos. ora.	140	495	303	191	688	369	838	569	1193	776
TOTAL	184	580	369	225	809	412	1131	680	1509	859

	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
clos. nas.	24%	15%	18%	15%	15%	10%	26%	16%	21%	10%
clos. ora..	76%	85%	82%	85%	85%	90%	74%	84%	79%	90%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau VI-35 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux avec les mots contenant des consonnes nasales de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C.

Etant donné que le « pic » de nasales à 13 mois semble être dû aux premiers mots, nous avons donc réitéré l'étude des proportions en ôtant cette fois-ci les premiers mots « favoris » contenant des nasales. Nous avons alors obtenu les résultats ci-dessous (cf. Tableau VI-36 et Figure VI-84), montrant que les proportions des closants nasaux sont les mêmes avec ou sans les mots contenant des consonnes nasales de 7 à 12 mois. Par contre on peut remarquer qu'à 13 mois, le « pic » a disparu pour donner une proportion de closants nasaux autour de 12%. Cette proportion semble d'ailleurs se stabiliser autour de 12% à partir de 13 mois jusqu'à 16 mois.

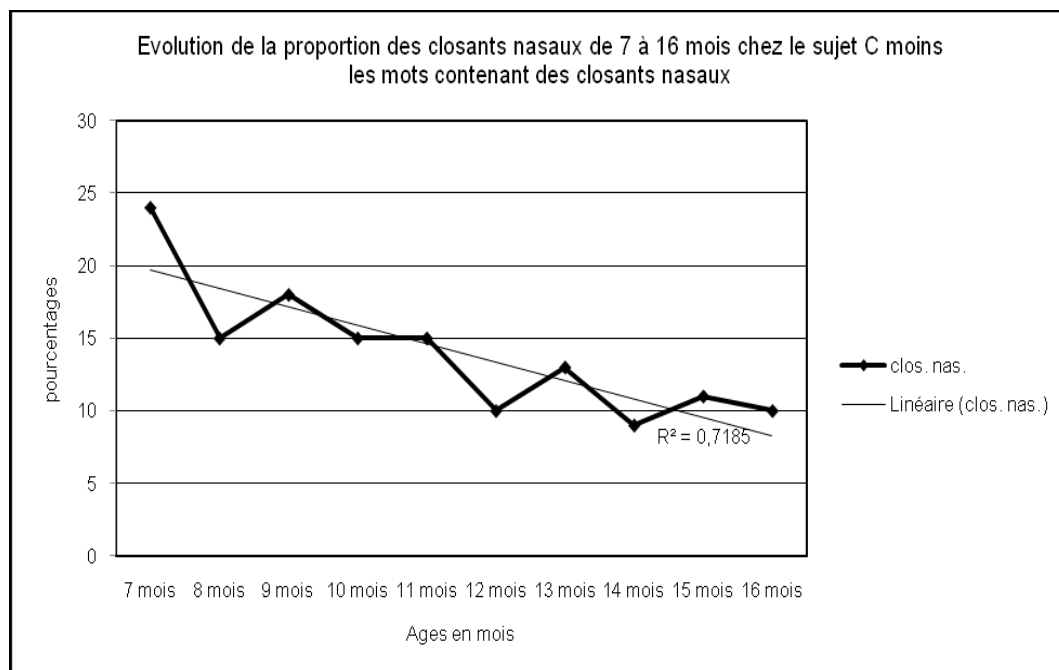


Figure VI-84 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux sans les mots contenant des consonnes nasales de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C. (moins 122 occurrences à 13 mois, moins 51 occurrences à 14 mois et moins 113 occurrences à 15 mois).

	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
clos. nas.	44	85	66	34	121	43	148	60	166	83
TOTAL	184	580	369	225	809	412	1131	680	1509	859
	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
clos. nas.	24%	15%	18%	15%	15%	10%	13%	9%	11%	10%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau VI-36 : Evolution de la proportion de la production des closants nasaux par rapport aux closants oraux sans les mots contenant des consonnes nasales de 7 à 16 mois chez le sujet francophone C.

Deux facteurs peuvent expliquer cette baisse du mode nasal dans les productions de l'enfant : D'une part, le retour auditif qu'a l'enfant sur ses propres productions : Davis & al. (2000) expliquent que "la relative prohibition des nasales est en général considérée comme due au fait que leurs traits distinctifs soient peu perceptibles. Lieberman (1984) et Hura & al. (1992) ont montré que les nasales en contexte intervocalique sont confondues perceptivement avec les fricatives."(t.p.n.). Les nasales sont très peu saillantes acoustiquement, et une séquence entièrement nasalisée représente un objet acoustique peu satisfaisant. La diminution de la proportion de nasales et la forte augmentation des occlusives orales nous permettent de penser

que l'enfant affine son contrôle du velum par le biais du feed-back, puisqu'il a davantage de retour auditif avec les occlusives orales / voyelles.

D'autre part, les informations auditives que reçoit l'enfant sur les caractéristiques phonétiques de sa langue maternelle :

L'enfant va donc adapter ses productions aux caractéristiques de sa langue maternelle. Dans le cas du français, langue maternelle de notre sujet, la proportion de consonnes nasales par rapport aux orales est de 9.2 % pour les données du dictionnaire et de 6.08% pour les données obtenues à partir d'un corpus de 300 000 phones du français de Tubach & Boë (1990). Dans la langue parlée adulte, les consonnes nasales sont présentes à 10,2% (Tubach & Boe, 1990). Nous pouvons donc considérer que notre sujet est exposé à ses proportions adultes et qu'il adapte ses productions à celles-ci, à partir de 12 mois, lorsqu'il produit ses premiers mots.

On voit ici que la proportion de nasales de la langue maternelle est atteinte vers 12 mois. Davis & al. (2000) proposent que "si l'accès aux informations extrinsèques et intrinsèques n'est pas endommagé, alors les enfants semblent capables d'appliquer la faible fréquence des nasales de la langue ambiante dans leurs productions à sept mois"⁸ (t.p.n.).

Le seul moyen de déterminer le poids respectif de ces deux éléments serait d'étudier l'évolution du contrôle oral/nasal chez les enfants dont la langue maternelle ne contient pas de consonne nasale comme le Kpélé, l'Apinaze, le Mura, entre autres (cf. UPSID).

Monnin (2010) a regardé dans sa thèse la pertinence de la fréquence de l'*input* sur le développement phonologique en français chez des enfants âgés de 2 à 5 ans pour le français et de 3 à 5 ans pour le drehu à partir d'une base de données de parole adressée à l'enfant (*Child Directed Speech*). Les corrélations établies entre les productions des enfants et les fréquences dans l'*input* en français et en drehu sont significatives. Les coefficients de corrélations sont très élevés parmi les enfants les plus jeunes et les coefficients de corrélations sont moins forts pour les enfants les plus âgés, mais restent cependant significatifs dans les deux langues. Les fréquences de l'*input* semblent donc influencer les productions des enfants de cette étude.

Cependant l'influence de l'*input* peut sembler limitée chez les enfants les plus jeunes de l'étude par une difficulté de contrôle de la coordination entre le larynx et les autres articulateurs.

⁸ "If normal access to extrinsic and intrinsic information is available, an infant seems capable of achieving the low frequency of nasality in the ambient language by 7 months." Davis & MacNeilage, (2000).

VI.3.2. Réponses aux hypothèses 2 et 3

Suite aux études de Redford, MacNeilage & Davis (1997) et Coberly (1985), nous avons donc regardé dans quel contexte se trouvaient les consonnes nasales dans notre corpus pour comparer nos résultats. Nous avons repéré le contexte consonantique CVC et cherché les trois suites de modes qui pouvaient apparaître dans ce contexte avec le mode nasal : nasal/nasal, nasal/oral et oral/nasal. Puis nous nous sommes intéressés aux changements dans le contexte CCV afin d'observer les changements de modes d'une consonne à l'autre sans voyelle interconsonantique (cf. Tableau IV-37 ci-dessous).

CVC	7mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois	13 mois	14 mois	15 mois	16 mois
oral>nasal	5	2	5	0	1	2	28	6	72	20
	18%	2%	5%	0%	0%	2%	9%	4%	22%	9%
nasal>oral	8	9	7	5	26	14	5	2	50	9
	29%	7%	8%	3%	10%	11%	2%	1%	15%	4%
nasal>nasal	3	62	71	106	152	62	187	29	105	24
	11%	51%	76%	67%	61%	47%	57%	18%	32%	11%
oral>oral	12	48	10	47	72	54	107	123	99	173
	43%	40%	11%	30%	29%	41%	33%	77%	30%	77%
TOTAL	28	121	93	158	251	132	327	160	326	226
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CCV										
oral>nasal	0	1	0	0	0	0	2	4	0	0
	0%	2%	0%	0%	0%	0%	17%	44%	0%	0%
nasal>oral	0	26	5	1	10	0	2	3	3	0
	0%	46%	26%	20%	34%	0%	17%	33%	8%	0%
nasal>nasal	8	11	6	1	5	0	0	1	0	0
	38%	20%	32%	20%	17%	0%	0%	11%	0%	0%
oral>oral	13	18	8	3	14	2	8	1	36	9
	62%	32%	42%	60%	48%	100%	67%	11%	92%	100%
TOTAL	21	56	19	5	29	2	12	9	39	9
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CVC + CCV										
oral>nasal	5	3	5	0	1	2	30	10	72	20
	10%	2%	4%	0%	0%	1%	9%	6%	20%	9%
nasal>oral	8	35	12	6	36	14	7	5	53	9
	16%	20%	11%	4%	13%	10%	2%	3%	15%	4%
nasal>nasal	11	73	77	107	157	62	187	30	105	24
	22%	41%	69%	66%	56%	46%	55%	18%	29%	10%
oral>oral	25	66	18	50	86	56	115	124	135	182
	51%	37%	16%	31%	31%	42%	34%	73%	37%	77%
TOTAL	49	177	112	163	280	134	339	169	365	235
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau VI-37 : Types de changements de modes en contexte CVC, CCV et CVC+CCV de 7 à 16 mois pour

Célia

Tout d'abord, nous pouvons remarquer que notre sujet, dès 7 mois produit trois types de modes en contexte intrasyllabique, un nasal/nasal, un oral>nasal et un nasal>oral. On peut aussi noter que le sujet a produit beaucoup plus de syllabes de type CVC que CCV. Mais, ce qui nous importe, c'est la nature des changements de modes. Nous avons donc observé les patrons de changements de modes et nous pouvons alors observer que globalement le sujet fait beaucoup plus de productions avec le même mode de nasal à nasal, que de productions dans le sens oral>nasal ou nasal>oral. Les changements de modes pour ces deux derniers sens sont équivalents, quoique plus importants à 11 et 12 mois dans le sens nasal>oral et à 13, 15 et 16 mois dans le sens oral>nasal. On peut noter que les changements observés se font presque toujours dans le sens nasal>nasal ou nasal>oral dans les séquences CCV.

Les résultats obtenus ne correspondent donc pas à ceux de Redford & al. (1997) car nous avons autant de changements de modes dans le sens oral>nasal que nasal>oral mais confirment, par ailleurs, ce qu'écrivent Davis & MacNeilage (2000) à propos des productions nasalisées, c'est-à-dire qu'une séquence serait souvent entièrement nasalisée. Les consonnes ne changeraient pas de mode et les voyelles seraient aussi nasalisées dans le babillage et les premiers mots. Le velum aurait donc un contrôle parallèle et indépendant de la mandibule, avec des mouvements plus lents.

Nos données nous montrent cependant qu'il y a bien un mouvement actif du velum, puisqu'elles relatent le passage d'un mode nasal à un mode oral au cours de nombreuses productions, et ce dans les deux sens (oral vers nasal ou nasal vers oral) ce qui rend peu plausible une pure hypothèse aérodynamique. Nous avons donc là, semble-t-il, un élément important en faveur de l'hypothèse d'un contrôle actif du velum au cours de cette période. On peut donc conclure de cette analyse que la maîtrise du contrôle nasal est vraisemblable puisqu'il y a des changements de modes dans le sens nasal à oral dès 7 mois pour notre sujet.

VI.4. En conclusion, l'apport de notre étude sur le contrôle du velum dans le développement : deux contrôles différents et successifs du velum pour les consonnes et les voyelles nasales ?

Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que le contrôle du vélum se développe selon trois étapes.

La première étape étant l'étape "par défaut", avec un velum en position par défaut légèrement abaissé qui permet à l'enfant de produire des consonnes nasales et des voyelles avec cette même position. Cette première étape est celle présente dès le début du babillage et donc dès 7 mois chez notre sujet puisque nous retrouvons une proportion de 24% de consonnes nasales dans son babillage à 7 mois. Le velum est donc suffisamment abaissé pour permettre à l'enfant de produire des closants nasaux, mais cette étape reste présente au moins jusqu'à 16 mois chez notre sujet car l'enfant produit comme premiers mots des « non » et « maman » qui contiennent des consonnes nasales. Nous pouvons dire par contre, que l'enfant contrôle cette étape puisqu'il est capable d'ajuster la proportion de consonnes nasales de son babillage à celle de sa langue maternelle, en produisant de 12 à 16 mois environ 10% de consonnes nasales par rapport aux consonnes orales.

Puis apparaît dès 7 mois, la deuxième étape du contrôle du velum qui est celle de l'élévation. L'enfant est alors capable de bloquer le passage de l'air dans les fosses nasales et peut produire des sons oraux. Cette étape est même suffisamment contrôlée pour qu'aux alentours de 12 mois l'enfant soit capable d'adapter ses productions à celles de sa langue maternelle, mais aussi dès 7 mois, l'enfant est capable de produire des productions de type CVC ou CCV en effectuant un mouvement d'élévation ou d'abaissement du vélum à l'intérieur de ces productions. Cependant, même si les deux types de changements (nasal>oral et oral>nasal) sont présents dès 7 mois, ils le sont beaucoup moins dans les productions CCV, ce qui nous permet de penser que le velum n'est pas encore assez mobile pour effectuer des changements rapides de positions.

Enfin, la troisième étape n'est pas présente dans notre étude car elle semble apparaître plus tard dans le développement, c'est l'abaissement suffisant du velum pour produire une voyelle perçue comme étant nasale. En effet, nous n'avons pas trouvé de voyelles nasales dans les productions de notre sujet, même dans ses premiers mots qui sont « non » prononcé [nɔ] et

« maman » prononcé [mama]. Nous supposons donc que cette étape apparaîtra plus tardivement dans les productions de l'enfant.

Chapitre VII

Conclusion & perspectives

Le travail qui a été présenté dans les chapitres précédents s'est attaché à exposer un exemplaire vaste et complet des productions linguistiques d'un sujet francophone âgé de 7 à 16 mois. Nous avons choisi d'observer de manière longitudinale les productions de parole d'un seul enfant francophone, du babillage aux premiers mots, afin de tracer une proposition de chemin développemental en regard des études articulatoires, motrices, linguistiques et phonologiques actuelles.

Pour cela, nous avons à la fois examiné la structure linguistique du babillage et des premiers mots de notre sujet, mais nous sommes aussi intéressés à l'émergence de trois contrôles moteurs : le contrôle du rythme des oscillations mandibulaires, le contrôle de la coordination oro-laryngée et le contrôle oral/nasal. Ces contrôles ont été choisis pour leur complémentarité, puisqu'ils fournissent les briques de base de l'acquisition du contrôle des premiers mots. Ils posent des problèmes spécifiques de mesure et d'analyse, mais notre stratégie était précisément d'attaquer le problème du développement, non en largeur avec de nombreux sujets et une seule dimension d'études, mais dans une approche multidimensionnelle, pour un seul individu.

Certes, les données d'un seul enfant sont insuffisantes pour émettre des hypothèses globales et généralisables quant au chemin développemental emprunté par tous pour accéder à l'adaptation (*tuning*) à la langue maternelle, mais notre étude a l'avantage et l'originalité de pouvoir présenter des données très fines et très précises sur une période prépondérante pour l'acquisition de la parole et des premiers mots.

Structure phonétique et hypothèse de la dominance des cadres

La première conclusion que nous pouvons extraire de ce travail concerne la nature des productions du babillage et leurs structures phonétiques. Nous pouvons dire que nous retrouvons dans nos données les grandes tendances du babillage proposées notamment par Locke (1983), Robb & Bleile (1994), Kent & Bauer (1985), MacNeilage & Davis (1990). En effet, notre sujet produit des closants aux lieux d'articulation majoritairement bilabiaux et coronaux. Il en est de même pour les modes d'articulation. Les closants les plus fréquents chez notre sujet sont les modes occlusif, nasal et approximant.

Par rapport à la structure proto-syllabique du babillage (Oller, 1980, Smith, Brown-Sweeney & Stoel-Gammon, 1989, Brosda, 1999), nous avons pu voir d'une part que les babillages

varié et redupliqué sont présents dès 7 mois chez notre sujet, et d'autre part que le babillage redupliqué est majoritaire jusqu'à 12 mois. A partir de 13 mois, la proportion de babillage varié, d'abord de type V (variation du vocant), puis de type CV ensuite (variation du closant et du vocant), devient plus importante que celle du babillage redupliqué. Nous proposons comme interprétation de ces résultats que la variation apparaît en plus grand nombre au moment des premiers mots de notre sujet et que ceci coïnciderait avec une plus grande habileté motrice du conduit vocal et de ses articulateurs.

En ce qui concerne l'explication de ces tendances, MacNeilage (1998) a posé l'hypothèse simple et puissante que l'action seule de la mandibule est au cœur du procédé de production du babillage. Cette hypothèse permet d'expliquer un grand nombre d'éléments et d'études sur le développement de la parole comme entre autres la production d'un rythme monotone, l'universalité des inventaires phonétiques, la structure de l'espace vocalique et la nature de l'inventaire consonantique, la similarité des productions des entendants et non entendants, etc. Cependant, certains arguments posés pour étayer cette théorie sont formulés de façon très radicale par ses auteurs, et ne permettent finalement pas de la soutenir fermement. L'hypothèse de la *dominance des cadres* (Davis & MacNeilage, 1995), comme nous l'avons vu au chapitre III, estime que, en accord avec l'idée que le geste mandibulaire explique toutes les productions vocales du babillage, l'on devrait retrouver cinq grandes tendances universelles dans le babillage : (1) des voyelles majoritairement centrales et basses, (2) des changements de modes plutôt que de lieux d'articulation d'un closant à l'autre au sein d'une même production, (3) des changements de vocants sur l'axe vertical plutôt qu'horizontal, (4) des co-occurrences closants coronaux /vocants antérieurs, closants labiaux/vocants centraux et closants vélaire/vocants postérieurs, et (5) un patron Labial-Coronal majoritaire dans les productions CVCV.

Nous avons donc observé l'impact de l'oscillation mandibulaire sur nos données en examinant l'évolution du triangle vocalique, le type de changements de lieux et de modes et les types de changements de voyelles, les co-occurrences, le patron LC, pour notre sujet durant la période de 7 à 16 mois.

Seules nos données sur les vocants sont en accord avec l'hypothèse de la *dominance des cadres* puisqu'ils sont d'une part, majoritairement centraux et d'avant et moyens et bas jusqu'à 13 mois. A partir de 13 mois, les vocants sont toujours majoritairement centraux mais aussi d'arrière comme pour Zmarich (1999). D'autre part, lorsqu'il y a changement, les

changements d'un vocant à l'autre au sein d'une même production se font majoritairement sur l'axe vertical, plutôt qu'horizontal ou diagonal. Pour les types de changements entre deux closants d'une même production, lorsqu'il y a changement, celui-ci se fait aussi bien sur le mode que sur le lieu sans préférence pour l'un ou l'autre type de changement dans les premiers mois du corpus, avec même une large prépondérance des changements de lieux à partir de 13 mois.

Nos résultats pour les co-occurrences et le patron Labial-Coronal ne confirment pas l'hypothèse de la *dominance des cadres*.

En effet, nous ne retrouvons pas les co-occurrences de manière significative dans nos données. Même si notre sujet produit fréquemment des closants coronaux - vocants antérieurs, closants labiaux - vocants centraux et closants dorsaux - vocants postérieurs, les autres types de combinaisons et notamment les associations closants labiaux - vocants postérieurs et closants vélares - vocants antérieurs sont suffisamment présentes pour être favorisées par rapport aux autres. Nous n'avons pas non plus observé le patron LC en majorité ni dans le babillage ni dans les premiers mots, mais plutôt une préférence pour les patrons Coronal-Labial et Coronal-Vélaire. Il semblerait donc que les oscillations mandibulaires ne prédominent pas dans le babillage et les premiers mots au point de leur attribuer toutes les tendances de productions observables chez les jeunes sujets.

Evidemment, ces observations ne remettent pas en cause les données statistiquement établies par Davis & MacNeilage (1995) sur des corpus plus importants que le nôtre. Elles illustrent la variété des « chemins individuels d'acquisition des contrôles » décrits et théorisés par Vihman (1986, 1994, 1998). Nous sommes néanmoins convaincus de l'importance du rôle du geste mandibulaire, puisque d'autres arguments rappelés au chapitre I permettent d'étayer cette hypothèse, ainsi que certains résultats de notre étude : le patron rythmique monotone au début du babillage, ou le fait que la nature de l'inventaire phonétique soit très contrainte par l'absence de contrôle des articulateurs portés.

Quoi qu'il en soit, nos différentes observations sur la structure phonétique du babillage et ses variations nous montrent que le sujet fait progresser ses productions en variant de plus en plus, au cours des mois, les closants et les vocants afin de se rapprocher de la langue adulte. Les suites logiques à donner à cette partie du travail seraient d'observer l'évolution de la structure phonétique des premiers mots chez des sujets après 16 mois, afin de déterminer le moment à partir duquel les productions s'adapteront à l'inventaire phonologique de la langue maternelle. Ce développement du contenu segmental pourra être décrit après avoir déterminé

la chronologie de l'acquisition des contrôles des articulateurs portés que sont la langue et les lèvres, dans la lignée de Noiray (2007) pour l'arrondissement des lèvres chez des enfants âgés de 3 à 8 ans et de Canault (2007) sur la dissociation des trajectoires de la langue et de la mandibule comme des indices de l'émergence du contrôle articulaire pour le contenu segmental.

L'évolution du contrôle de la langue pourrait être mise en évidence par une analyse acoustique des occlusions et constrictions, comme indice de la précision des contacts locaux. Quant aux lèvres, il nous semble plus aisé d'observer leur contrôle avec des mesures qui pourraient s'effectuer à partir des corpus audio-visuels ou bien comme celles de Munhall et Jones (1998).

Trois contrôles pour un premier mot

Comme nous l'avons dit précédemment, notre position consiste à envisager l'ensemble des contrôles disponibles dans le conduit vocal, et leur évolution du babillage vers les premiers mots. Il nous semble que l'enfant doit acquérir trois contrôles moteurs pour pouvoir adapter ses productions du babillage à celles de sa langue maternelle. Ces trois contrôles sont le contrôle du rythme mandibulaire, de la coordination oro-laryngée et du voile du palais. Nous rappelons ci-dessous les résultats obtenus et l'émergence de ces contrôles.

Nous avons pu voir au chapitre IV que le babillage était à considérer comme une activité motrice rythmique émergeant dans un contexte rythmique global chez l'enfant. C'est l'évolution du rythme mandibulaire et de son contrôle qui permet à l'enfant de passer de productions rythmées continues du babillage à des productions rythmiques spécifiques à sa langue maternelle, les premiers mots. Nos résultats nous permettent d'observer l'émergence des variations rythmiques mandibulaires, l'émergence d'un patron de mot et l'émergence du rythme spécifique à la langue maternelle.

Notre sujet est capable de produire des syllabes plus courtes et donc de bouger sa mandibule plus rapidement à partir de 11 mois. D'autre part, il produit des syllabes avec un rythme mandibulaire qui n'est plus monotone comme au début du babillage mais varié. Ces premiers résultats nous permettent donc d'émettre l'hypothèse que le contrôle des rythmes mandibulaires émerge chez ce sujet à partir de 11 mois. Le second résultat présenté est celui de l'émergence du patron de mot. En effet, nous avons pu voir émerger à partir de 11 mois, un patron bisyllabique CVCV représentant 30 à 45 % des productions du babillage chez notre

sujet. Ce résultat nous permet donc d'avancer l'hypothèse qu'à 11 mois, l'enfant est capable de stopper ses oscillations mandibulaires afin de produire un patron syllabique CVCV dans lequel pourra prendre forme, par la suite, le mot. Enfin, notre troisième observation sur la durée des syllabes S1 et S2 dans les productions de types CVCV nous permet de montrer que le patron iambique du français avec une S1 courte et une S2 longue dans une production CVCV apparaît à 11 mois chez notre sujet.

Il semble donc qu'à partir de 11 mois, moment où les premiers mots apparaissent chez ce sujet, il commence à être en mesure de produire des séquences CVCV, avec un rythme intersyllabique qui permettra aux intervenants de sa communauté linguistique de reconnaître ses productions comme des mots de la langue : il commence à s'adapter aux caractéristiques prosodiques de sa langue maternelle grâce à l'émergence du contrôle rythmique mandibulaire. Les perspectives que nous proposons à ce travail seraient, tout d'abord, de vérifier, après 16 mois, que le rythme mandibulaire devient identique à celui de l'adulte d'une part, et que le patron iambique reste stable et que les valeurs de S1 et de S2 rejoignent celles de l'adulte français.

Pour le contrôle de la coordination oro-laryngée, nous avons pu voir que notre sujet présente dès 7 mois deux classes de VOT, une classe positive avec des valeurs autour de + 20 ms, et une classe négative avec des valeurs de - 30 ms. Nous avons pu aussi observer que notre sujet présente, tout comme l'adulte, des valeurs de VOT corrélées au lieu d'articulation de la consonne. Cependant, même si cet enfant présente un patron similaire à celui de l'adulte en terme de répartition des valeurs de VOT positifs et négatifs, et de corrélation aux lieux d'articulation de la consonne, les valeurs de cet enfant restent bien plus courtes que celles de l'adulte, notamment pour les VOT négatifs. Nous ne pouvons donc pas nous permettre de conclure à une adaptation aux valeurs adultes et à un contrôle du voisement. Par contre, l'allongement des valeurs négatives à partir de 13 mois est un indice très clair du fait que l'enfant commence à maintenir plus longtemps le voisement pendant l'occlusion d'une part, et cherche d'autre part, à acquérir ce contrôle spécifiquement linguistique pour adapter une fois de plus ses productions à celles de sa langue maternelle. Ceci commencerait avant même 12 mois, puisque les enfants français produisent beaucoup plus de VOT négatifs que les enfants anglais qui n'en ont pas dans leur langue maternelle (Whalen & al., 2007).

Il serait donc nécessaire d'observer l'évolution du VOT après 16 mois afin de pouvoir détecter la période à laquelle l'enfant semble capable de produire du voisement dans une occlusion

comme celle requise pour la norme adulte. Le contrôle des cordes vocales peut également être évalué à travers l'évolution de la F0 (fréquence fondamentale) au cours de l'occlusion : nous avons vu que sans contrôle actif spécifique, la vibration des cordes vocales a tendance à ralentir puis à stopper en cas d'occlusion supra-glottique, en raison de la trop forte pression subglottique. L'évolution vers la stabilité de la fréquence fondamentale au cours de l'occlusion est donc l'indice d'un contrôle des cordes vocales acquis. Enfin, une étude cross-linguistique de production de VOT comme celle de Whalen & al. (2007), mais après 16 mois, chez des enfants de langues telles que le français et l'anglais qui n'opposent pas phonologiquement les consonnes par les mêmes valeurs de VOT, permettrait d'observer les patrons d'adaptation des valeurs de VOT à la langue adulte propre à chaque langue.

Enfin, en ce qui concerne le contrôle du velum, nous avons défendu l'hypothèse qu'il se développe selon trois étapes. La première étape serait l'étape "par défaut", avec un velum en position par défaut légèrement abaissée qui permet à l'enfant de produire des consonnes nasales et des voyelles avec cette même position. Cette première étape est celle présente dès le début du babillage et donc dès 7 mois chez notre sujet puisque nous retrouvons une proportion de 24% de consonnes nasales dans son babillage. Le velum est donc suffisamment abaissé pour permettre à l'enfant de produire des closants nasaux, mais cette étape reste présente au moins jusqu'à 16 mois chez notre sujet car l'enfant produit comme premiers mots des « non » et « maman » qui contiennent des consonnes nasales. Nous pouvons dire par contre, que l'enfant contrôle cette étape puisqu'il est capable d'ajuster la proportion de consonnes nasales de son babillage à celles de sa langue maternelle, en produisant de 12 à 16 mois environ 10% de consonnes nasales par rapport aux consonnes orales. Puis apparaît dès 7 mois la deuxième étape du contrôle du velum qui est celle de l'élévation. L'enfant est alors capable de bloquer le passage de l'air dans les fosses nasales et peut produire des sons oraux. Cette étape est même suffisamment contrôlée pour qu'aux alentours de 12 mois l'enfant soit capable d'adapter ses productions à celles de sa langue maternelle. Auparavant, dès 7 mois, l'enfant est capable de produire des productions de type CVC ou CCV en effectuant un mouvement d'élévation ou d'abaissement du vélum à l'intérieur de ces productions. Enfin, la troisième étape n'est pas présente dans notre étude car elle semble apparaître plus tard dans le développement, c'est l'abaissement suffisant du velum pour produire une voyelle perçue comme étant nasale. En effet, nous n'avons pas trouvé de voyelles nasales dans les productions de notre sujet, même dans ces premiers mots qui sont « non » prononcé [nɔ] et

« maman » prononcé [mama]. Nous supposons donc que cette étape apparaîtra plus tardivement dans les productions de l'enfant.

Pour confirmer cette première hypothèse, il faudrait, tout d'abord, transcrire et effectuer des analyses sur l'évolution et la proportion des nasales après 16 mois chez un enfant français. Ces observations sur la durée permettraient de confirmer ou d'infirmer notre hypothèse de la maîtrise du contrôle du velum à 11 mois à travers une stabilisation des productions des consonnes nasales, mais aussi par rapport à la supériorité d'occlusives orales qui mettrait en évidence la boucle perceptive par laquelle serait maîtrisé ce contrôle.

Il serait aussi très intéressant de comparer les données obtenues par rapport à la proportion des nasales du babillage et de la langue ambiante, avec des données d'enfants dont la langue maternelle ne contient pas la même proportion de nasales, voire avec des données d'enfants de langues dans lesquelles il n'y a pas de nasales, comme le Kpélé, l'Apinaze ou encore le Barasano.

Dans notre étude, nous avons aussi noté l'absence de voyelles nasales jusqu'à 16 mois. Une des perspectives principales de ce travail serait d'observer l'apparition des voyelles nasales et donc du contrôle d'abaissement suffisant du velum chez des enfants français, l'évolution de ce contrôle jusqu'à l'adaptation aux proportions adultes. Mais il serait aussi intéressant d'observer, comme pour les consonnes, si les voyelles nasales sont absentes chez d'autres enfants, d'autres langues maternelles, et notamment de langue ne contenant pas de voyelles nasales, afin d'attester l'absence d'apparition de ce contrôle.

Un chemin développemental à deux étapes

Si le babillage semble bien être une étape clé dans le développement de la parole de l'enfant, notre étude longitudinale permet de faire émerger une autre étape importante dans laquelle de nombreux patrons prennent place, la période située entre 11 et 13 mois. Le babillage correspond à l'apparition du cycle mandibulaire accompagné de la phonation (MacNeilage, 1998) mais pour arriver à produire un premier mot, il faudra à l'enfant acquérir trois contrôles supplémentaires. Deux contrôles intra-syllabiques, le contrôle du voile du palais et le contrôle de la coordination laryngée lui permettront d'acquérir un bon contraste acoustique dans son conduit vocal, et un contrôle inter-syllabique, le contrôle du rythme mandibulaire lui permettant d'obtenir un patron de mot syllabique et prosodique. Entre 11 et

13 mois, nous pouvons voir (cf. Figure VII-85 ci-dessous) que plusieurs éléments se mettent en place, notamment l'adaptation des proportions des consonnes nasales à la langue adulte, le patron syllabique CVCV et prosodique iambique et un allongement du voisement dans l'occlusion. Le tout correspond à l'arrivée des premiers mots de notre sujet. Ces contrôles sont guidés par l'*input*. L'enfant devra ajuster l'acquisition de ces contrôles articulatoires en les comparant aux cibles perçues. Par la suite, l'acquisition du contrôle des articulateurs portés permettra à l'enfant d'affiner ses productions. L'entrée dans les premiers mots correspondra donc à l'établissement d'une représentation phonologique sensorielle et motrice du mot adulte.

Des études corroborent l'importance de la période 11-13 mois avec un pivot d'acquisition à 13 mois. En effet, Zmarich & al. (1999) montrent aussi des changements radicaux dans les productions de babillage de deux enfants italiens et une adaptation à langue adulte à 13 mois. Tomasello (2003) retrouve aussi une cohérence entre perception, production, langage et geste à 13 mois. Enfin, sur le versant perceptif, Werker et Tees (1983) ont mis en évidence la surdité phonologique à 13 mois chez l'enfant et donc son adaptation à sa langue maternelle. L'émergence des contrôles inter et intra-syllabiques à 13 mois que nous avons mis en évidence dans cette étude, s'inscrit donc dans une chronologie du développement et un tableau global d'acquisitions.

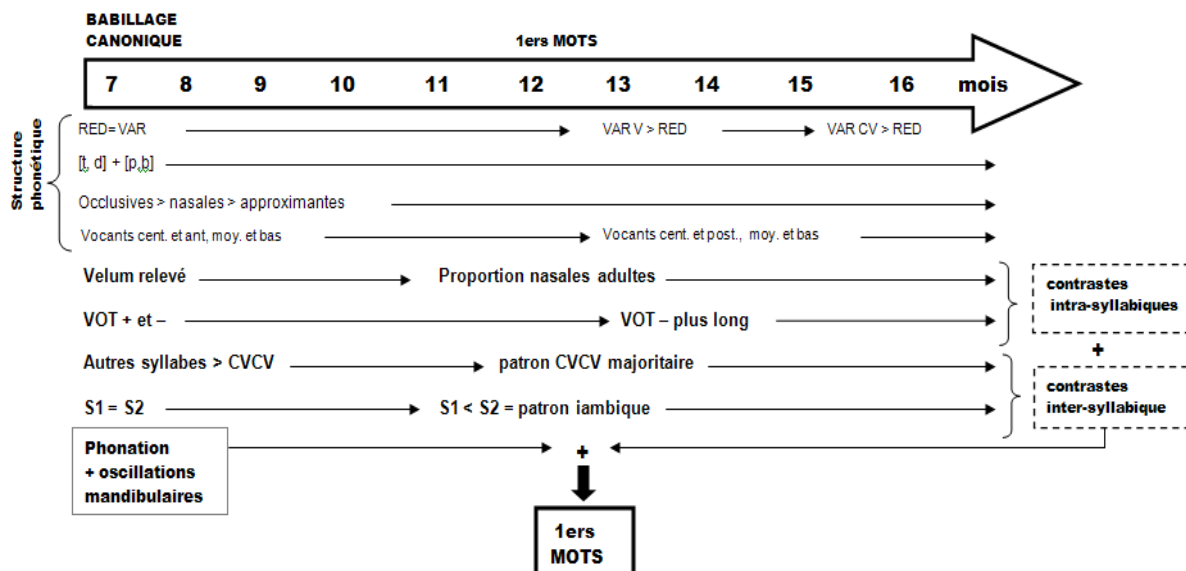


Figure VII-85 : un chemin développemental du babillage aux premiers mots pour le sujet C. de 7 à 16 mois.

Des premiers mots aux dernières phrases ...

Ainsi s'achève ce parcours des premiers pas du contrôle oro-facial de notre jeune sujet, qui nous a permis de mettre en évidence l'importance du suivi longitudinal et du codage précis et détaillé en terme articulatoires et acoustiques des premières productions linguistiques.

Ce travail a concouru à apporter une petite nuance à la théorie *Frames then Content*, des *cadres* oui, mais pas seulement. Mandibule, velum et cordes vocales vont devoir être contrôlés peu à peu en se superposant et en transformant le *cadre* afin d'atteindre l'étape du *contenu* et les premiers mots.

Si le chemin développemental du babillage aux premiers mots de notre sujet a été éclairci dans ce travail, il reste à dupliquer cette approche chez de nombreux autres sujets afin d'établir avec certitude, les étapes développementales qui mènent aux premiers mots et à la langue adulte. Le chemin est encore complexe par la suite, et les étapes du contrôle des articulateurs portés pour accéder au *contenu segmental* restent à explorer. La route vers la langue adulte s'annonce encore longue.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDELLI-BERUH, N., B., 2009, “Influence of place of articulation on some acoustic correlates of the stop voicing contrast in Parisian French”. *Journal of Phonetics*, n°37, vol. 1, p. 66-78.
- AMELOT, A. & MICHAUD, A., 2006, “Effets aérodynamiques du mouvement du velum : le cas des voyelles nasales du français”, *Actes des XXVIème journées d'études sur la parole*, p. 247-250.
- AMELOT A. & ROSSATO, S., 2006, “Velar movements for the feature [+/-nasal] for two French speakers”, *the 7th International Seminar on Speech Production*, Ubatuba, Brésil, p. 459-467.
- ANDERSON, J. R., QIN, Y., SOHN, M.-H., STENGER, V. A., & CARTER, C. S., 2003, “An information-processing model of the BOLD response in symbol manipulation task”, *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 241–261.
- ARONSON, E. & ROSENBLOOM, S., 1971, “Space perception in early infancy: perception within a common auditory-visual space”, *Science*, 172, 1161-1163.
- ASLIN, R. N., PISONI, D. B., HENNESSY, B. I., & PEREY, A. J., 1981, “Discrimination of voice onset time by human infants: new findings and implications for the effects of early experience”, *Child Development*, 52, 1135–1145.
- BAKEN. R.J., 1987, *Clinical Measurement of Speech and Voice*. Taylor & Francis, Londres, p. 408.

- BATES E., BENIGNI L., BRETHERTON I., CAMAIONI L., VOLTERRA V., 1979, “Cognition and communication from 9-13 months: correlational findings.”, in E. Bates (Ed.), *The Emergence of symbols: Cognition and communication in infancy*. New-York: Academic Press.
- BATES E., DALE, P. & THAL, D., 1995, “Individual differences and their implications for theories of language development.”, in FLETCHER, P. & MACWHINNEY, B. (Eds.), *Handbook of child language*, Oxford, p n°96-151.
- BATES, E. & DICK, F., 2002, “Language, Gesture and the Developing Brain”, *Developmental Psychobiology*, n° 40, vol. 30, p. 293-310.
- BEST, C.T., 1995, “A direct realist view of cross-language speech perception”, in STRANGE, W., (ed.), *Speech Perception and Linguistic Experience*, York Press, Baltimore.
- BICKLEY, C., LINDBLOM, B. & ROUG, L., 1986, “Acoustic measures of rhythm in infant's babbling” or "All God's children got rhythm", *Proceedings of the 12th International Congress on Acoustics*, Toronto.
- BOE, L.J., MAEDA, S., 1998, “Modélisation de la croissance du conduit vocal”. *Actes des Journées d'Études Linguistiques “La Voyelle dans tous ses états”*. Nantes, p. 98-105.
- BOE, L.J., GRANAT, J., BADIN, P., AUTESSERRE, D., POCHIC, D., ZGA, N., HENRICH, N. & MENARD, L., 2007a, “Skull and vocal tract growth: from newborn to adult”, *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences, ICPhS 2007*.
- BOE, L.J., HEIM, J.L, HONDA, K., MAEDA, S., BADIN, P & ABRY, C., 2007b, “The vocal tract of newborn humans and Neanderthals: Acoustic capabilities and consequences for the debate on the origin of language. A reply to Lieberman”, *Journal of Phonetics*, n° 35, vol. 4, p. 564–581.

- BOERSMA, P. & WEENINCK, D., 1996, “Praat, a system for doing phonetics by computer”, version 3.4., *Institute of Phonetic Sciences of the University of Amsterdam*, n° 132.
- BONVILLIAN J.D., ORLANSKY M.D., NOVAK L.L., 1985, “Early sign language acquisition and its relationship to cognition and motor development.” in J. Kyle & B. Woll (Eds), *Language in sign: An international perspective on sign language*, London: Croom Helm.
- BROSDA, S., 1999, *De la variation dans le babillage canonique: l'apprentissage sensori-moteur*, Mémoire de DEA Sciences Cognitives, ICP, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- BRUCE, V. & YOUNG, A., 1986, “Understanding face recognition”, *British Journal of Psychology*, 77, 305–327.
- CANAULT, M., 2007, *L'émergence du contrôle articulatoire au stade du babillage. Une étude acoustique et cinématique*. Thèses de doctorat – spécialité Sciences du langage, IPS, GIPSA-lab, Université Marc Bloch.
- CARAMAZZA, A, YENI-KOMSHIAN, G.H., ZURIF, E. & CARBONE, E., 1973, “The acquisition of a new phonological contrast: the case of stop consonants in French-English bilinguals”, *Journal of the Acoustical Society of America*, n° 54, p. 421-428.
- CARRISSIMO – BERTOLA, M., 2010, *Structures syllabiques des unités lexicales: « the fronting effect »*, Mémoire de Master 1, spécialité Sciences du Langage, GIPSA-lab, Université Stendhal, Grenoble III.
- CHO, T & LADEFOGED, P., 1999, “Variations and universals in VOT: evidence from 18 languages”, *Journal of Phonetics*, n° 27, p. 207-229.
- CHOMSKY, N., 1965, *Aspects of the Theory of Syntax*. The MIT Press, Cambridge.

- CHOMSKY, N., 1986, *Knowledge of Language: Its Nature, Origin and Use*. New York: Praeger.
- COBERLY, M., 1985, *Initial and final consonant preferences across languages, in babbling and in children's early speech*, PhD thesis, Linguistics, University of Colorado.
- COOPER, R. P., & ASLIN, R. N., 1990, "Preference for infant-directed speech in the first month after birth", *Child Development*, n° 61, p. 1584–1595.
- DAVIS, B.L. & MACNEILAGE, P.F., 1995, "The articulatory basis of babbling", *Journal of speech and hearing research*, vol. 38, p. 229-241.
- DAVIS, B.L. & MACNEILAGE, P.F., 2000, "An embodiment perspective on the acquisition of speech perception", *Phonetica*, n° 57, p. 1199-1211.
- DAVIS, B.L, MACNEILAGE, P.F. & MATYEAR, C.L, 2002, "Acquisition of serial complexity in speech production: a comparison of phonetic and phonological approaches to first word production.", *Phonetica*, n° 59, p. 75-107.
- DAVIS, Davis, B.L., 2007 (à paraître), "Early Speech Acquisition: Data and Underlying Processes", in *VOCOID Conference VOcalisation, COmmunication, Imitation and Deixis in infant and adult human and non-human*.
- DAVIS, B., KERN, S., VILAIN, A., LALEVEE, C., 2008, "Des babilis à Babel : les premiers pas de la parole", *Revue Française de Linguistique Appliquée*, vol.13, p. 81-91.
- DE BOYSSON-BARDIES, B., HALLE, P., SAGART, L., & DURAND, C., 1989, "A cross-linguistic investigation of vowel formants in babbling", *Journal of Child Language*, n°16, p. 1-17.

- DE BOYSSON-BARDIES, B., 1996, *Comment la parole vient aux enfants*. Paris: Editions Odile Jacob, Chap. IV, pp. 173-201.
- DECASPER, A.J. & FIFER, W.P., 1980, “Of human bonding: Newborns prefer their mothers voices”, *Science*, 208, 1174-1176.
- DEHAENE-LAMBERTZ, G., PENA, M., 2001, “Electrophysiological evidence for automatic phonetic processing in neonates”, *Neuroreport*, 12 (14), 3155-3158.
- DEHAENE-LAMBERTZ, G., DEHAENE, S. & HERTZ-PANNIER, L., 2002, “Functional neuroimaging of speech perception in infants”, *Science*, 298, 2013-15.
- DELATTRE, P., 1954, “Les attributs acoustiques de la nasalité vocalique et consonantique.”, *Studia Linguistica*, n°8, p.103-109.
- DEMUTH, K., & FEE, E., 1995, “Minimal prosodic word in Early phonological words”, *Proceedings of the international Conference on Phonological acquisition*. Cascadilla Press.
- DEMUTH, K., 2009, “The prosody of syllables, words and morphemes”, in BAVIN, E.L. (Ed), *The Cambridge handbook of child language*. Cambridge; Cambridge University Press.
- DE SCHONEN, S., DERUELLE, C., PASCALIS, O., & MANCINI, J., 1994, “Functional cerebral specialization in the development of face recognition / A propos de la notion de spécialisation cérébrale fonctionnelle: le développement de la reconnaissance des visages”, *Psychologie Française*, n° 39, vol. 3, p. 259-274.
- DONALD, S.L., 1978, *The perception of voicing contrasts in Thai and English*. PhD Thesis: University of Connecticut.

- DUCEY-KAUFMANN, V., 2007, *Le cadre de la parole et le cadre du signe : un rendez-vous développemental*, Thèse – spécialité Sciences du Langage, ICP, Université Stendhal, Grenoble III.
- DURAND, M., 1954, “De la formation des voyelles nasales”, *Sudia Linguistica VII*, p. 33-53.
- ELBERS, L., 1982, “Operating principles in repetitive babbling: a cognitive continuity Approach”, *Cognition*, n° 12, p. 45-63.
- EILERS, R. E., MORSE, P. A., GAVIN, W.J. & OLLER, D. K., 1981, “Discrimination of voice onset time in infancy”, *Journal of the Acoustical Society of America*, n° 70, p. 955-965.
- EIMAS, P., SIQUELAND, E., JUSCZYK, P. & VIGORITO, K., 1971, « Speech perception in infants », *Science*, n° 171, p. 303-306.
- EJIRI, K., 1998, “Relationship between rhythmic behaviour and canonical babbling in infant vocal development”, *Phonetica*, vol. 55, p. 226-237.
- FANT, G., 1960, *Acoustic theory of speech production*, Mouton, La Hague.
- FENG, G., 1986, *Modélisation acoustique et traitement du signal de parole. Le cas des voyelles nasales*, Thèse de doctorat de l'INPG, Grenoble.
- FENG, G. & CASTELLI, E., 1996, “Some acoustic features of nasal and nasalized vowels: a target for vowel nasalization”, *Journal of the Acoustical Society of America*, n° 99, vol. 6, p. 3694-3706.
- FIKKERT, P., 1994, *On the acquisition of prosodic structure*. Doctoral dissertation, Holland Institute of Generative Linguistics (HIL), Leiden University. The Hague: Holland Academic Graphics.

- FIKKERT, P. & FREITAS, M.J., 2004, “The role of language-specific phonotactics in the acquisition of onset clusters”, in CORNIPS, L. & DOETJES, J. (Eds.), *Linguistics in the Netherlands 2004*. Amsterdam: John Benjamins. p 58-68.

- FISICHELLI, R. M., 1950, *An experimental study of the prelinguistic speech development of various sound types in infants' vocalizationalized infants*, doctoral dissertation, Fordham University.

- FRAIBERG, S., 1977, *Insights from the blind*. London: Souvenir Press.

- FRANCIS, A.L, CIOCCA, V. & YU, J.M.C, 2003, “Accuracy and variability of acoustic measures of voicing onset”, *JASA*, n° 113, vol. 2, p. 1025-1032.

- FRIEDERICI, A.F., FRIEDRICH, M., & CHRISTOPHE, A., 2007, “Brain responses in 4-month-old infants are already language specific.”, *Current Biology*, n°17, p.1208–1211.

- GASSIER, J., 1981, *Manuel du développement psychomoteur de l'enfant*, Editions Masson, Paris.

- GERKEN, L., 1994, “A metrical template account of children’s weak syllable omission from multisyllabic words”, *Journal of Child Language*, n° 21, p. 565-584.

- GILLIS, S., SCHAUWERS, K. & GOVAERTS, P., 2002, “Babbling milestones and beyond: Early speech development in CI children”, in SCHAUWERS, K., GOVAERTS, P., & GILLIS, S. (Eds.), *Language acquisition in very young children with a cochlear implant*, Antwerp: University of Antwerp, p. 23-40.

- GILLIS, S., & RAVID, D., 2009, “Language acquisition”, in SANDRA, D., OSTMAN, J. O. & VERSCHUEREN, J. (Eds.), *Cognition and pragmatics*, Amsterdam: Benjamins, p. 201-249.

- GOREN, C. C., SARTY, M., and WU, P. Y., 1975, “Visual following and pattern discrimination of face-like stimuli by newborn infants”, *Pediatrics*, n° 56, p. 544–549.
- HAECKEL, E., 1896, *The Evolution of Man, a Popular Exposition of the Principal Points of Human Ontogeny and Phylogeny*. Appleton and Co., New York.
- HALLE, P., DE BOYSSON-BARDIES, B., & VIHMAN, M.M., 1991, “Beginnings of prosodic organization: intonation and duration patterns of disyllables produced by Japanese and French infants.”, *Language and Speech*, n° 34, vol. 4, p. 299–318.
- HILLENBRAND, J., 1983, “Perceptual organization of speech sounds by infants”, *Journal of Speech and Hearing Research*, n° 26, p. 268-282.
- HOLE, B., BIJELJAC-BABIC, R., HEROLD, B., WEISSENBORN, J., & NAZZI, T., 2009, “The development of language specific prosodic preferences during the first half year of life: evidence from German and French”. *Infant Behavior and Development*, n° 32, p. 262-274.
- HURA, S.L., LINDBLOM, B., & DIEHL, R.L., 1992, “On the role of perception in shaping phonological assimilation rules”, *Language and Speech*, n° 35, p. 59-72.
- INGRAM, D., 1974, “Fronting in child phonology”, *Journal of Child Language*, n°1, p. 233–242.
- IRWIN, O. C., 1947, “Infant speech: consonantal sounds according to place of articulation”, *Journal of Speech and Hearing Disorders*, n°12, p. 397-401.
- JAKOBSON, R., 1968, *Child Language Aphasia and Phonological Universals*, La Hague, Mouton Press.
- JAKOBSON, R., 1969, *Langage enfantin et aphasie*, Paris, Editions de Minuit.

- JONHSON, M. H., DZIURAWIEC, S., ELLIS, H. & MORTON, J., 1991, “Newborns' preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline”, *Cognition*, n° 40, p. 1–19.
- JUCZYK, P., 1997, *The discovery of spoken language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- KENT, R. D. & MURRAY, A. D., 1982, “Acoustic features of infant vocalic utterances at 6 and 9 months”, *Journal of the Acoustic Society of America*, n° 72, p. 353-365.
- KENT, R. D. & BAUER, H.R., 1985, “Vocalizations of one-year olds”, *Journal of Child Language*, n° 12, p. 491-526.
- KENT, R. D., 1990, “The biology of phonological development”, in Ferguson C., Menn L. & Stoel-Gammon C. (Eds.), *Phonological development: Models, research, implications*, p. 65-90.
- KENT, R.D., 1992, “The biology of phonological development”, in FERGUSON, C. A., MENN, L. & STOEL-GAMMON, C., *Phonological Development: models, research, implications*, York Press, chap. 1, p. 65-90.
- KENT, R.D. & MIOLO, G., 1995, “Phonetic abilities in the first year of life”, in FLECHTER, P. & MCWHINNEY, B. eds., *The Handbook of Child Language*, Blackwell, p. 302-334.
- KERN, S., DAVIS, B., MACNEILAGE, P., KOCBAS D., KUNTAY, A. & ZINK, I., in press, “Cross-linguistic similarities and differences in babbling: phylogenetic implications”, in Hombert, J.M., (ed.), *Towards the origins of language and languages*.
- KINNEY, A.L., & MACNEILAGE, P.F., 2001, “Nasalization in vocalizations of pre-babbling infants: investigating an acoustic correlate”, *Proceedings of the 4th International Speech Motor Conference*, Nijmegen, chap. 28, p.113-116.

- KINNEY, A.L., & MACNEILAGE, P.F. & DAVIS, B. L., 2002, “The role of nasalization in early vocal output”, submitted to *Phonetica*.
- KLATT, D.H., 1975, “Voice onset time, frication and aspiration in word initial consonant clusters”, *JSHR*, n°18, p. 686-705.
- KONOPCZYNSKI, G., 1990, *Le langage émergent: Caractéristiques rythmiques*. Hamburg: Buske Verlag.
- KONOPCZYNSKI, G., 1993, “The phonological rhythm of emergent language: a comparison between French and English babbling”, *Working Papers in Linguistics*, n°18, p. 1–32.
- KONOPCZYNSKI, G., 1998, “Interactive developmental intonology (IDI): Theory and application to French”, *Revue Parole*, vol. 7/8, p. 177-202.
- KOOPMANS-VAN BEINUM, F.J. & VAN DER STELT, J., 1986, “Early stages in the development of speech movements”, in LINDBLOM, B. & ZETTERSTROM, R. (Eds.), *Precursors of Early Speech*, New York, Stockton Press, p. 37-49.
- KOOPMANS-VAN BEINUM, F.J., 1990, "Spectro-temporal reduction and expansion in spontaneous speech and read text: the role of focus words", *ICSLP-1990*, p. 21-24.
- KOOPMANS-VAN BEINUM, F.J., 1999, “AMSTIVOC: testing and elaborating the Amsterdam system for transcription of infant vocalizations”, *IFA Proceedings*, n° 23, p. 91-102.
- KUHL, P.K. & MELTZOFF, A. 1982. “The bimodal perception of speech in infancy”. *Science*, n° 218, p. 1138-1141.

- KUHL, P.K., 1987, “The special mechanisms debate in speech research: Categorization tests on animals and infants.” in HARNAD, S. (Ed.), *Categorical perception: The groundwork of cognition*, Cambridge: Cambridge University Press., p. 355-386.
- KUHL, P.K. & MELTZOFF, A., 1996, “Infant vocalizations in response to speech: Vocal imitation and developmental change”. *Journal of the Acoustical Society of America*, n° 100, p. 425-2438.
- KUHL, P.K., WILLIAMS, K.A., LACERDA, F. & STEVENS, K.N., 1992, Williams K.A., “Linguistic experiences alter phonetic perception in infants by 6 months of age”, *Science*, n° 255, p. 606-608.
- LAVER, J., 1994, *Principles of Phonetics*, Cambridge University Press.
- LECANUET, J.P. & GRANIER-DEFERRE, C., 1993, “Speech stimuli in the fetal environment.” in Boysson-Bardies (de) B., De Schonen S., Jusczyck P., MacNeilage P.F. & Morton J. (Eds.) , *Developmental neurocognition: speech and face processing in the first year of life*, Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers, 237-248.
- LECANUET, J. P., FIFER, P., KRASNEGOR, N. A. & SMOTHERMAN, W. P., 1995, *Fetal development: A Psychobiological Perspective*, Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- LEGERSTEE, M., 1990, “Infants Use Multimodal Information to Imitate Speech Sounds”, *Infant behavior and development*, n°13, p 343-354.
- LEVITT, A. G. & UTMAN, J. G. A., 1992, “From babbling towards the sound systems of English and French: a longitudinal two-case study.”, *Journal of Child Language*, n°19, p.19 - 49.

- LEVITT, A. G. & WANG, Q., 1991, “Evidence for language-specific rhythmic influences in the reduplicative babbling of French and English learning infants.”, *Language and Speech*, n° 34, vol. 3, p. 235 - 49.
- LIEBERMAN, P., 1984, *The biology and evolution of language*. Cambridge: Harvard University Press.
- LILJENCRAFTS, J. & LINDBLOM, B., 1972, “Numerical simulations of vowel quality systems: the role of perceptual contrast.”, *Language*, n° 48, p. 839–862.
- LISKER, L., & ABRAMSON, A.S., 1964, “A cross-language study of voicing in initial stops, Acoustical measurements”, *Word*, n° 20, p. 384-422.
- LISKER, L., LIBERMAN, A.M., ERICKSON, D.M. & DECHOVITZ, D., 1978, “On pushing the voice onset time boundary about”. *Language and Speech*, n°20, p.209-216.
- LOCKE, J., 1983, *Phonological Acquisition and change*, New York: Academic Press.
- LOCKE, J.L. & PEARSON, D. M., 1992, “Vocal learning and the emergence of phonological capacity: a neurobiological approach”, in FERGUSON, C. A., MENN, L. & STOEL-GAMMON, C., *Phonological Development: models, research, implications*, York Press, chap. 3, 91-129.
- LOCKE, J.L., 2000, “Movement patterns in spoken language”, *Science*, n°288, p. 449–451.
- LYNCH, M. P., OLLER, D. K., STEFFENS, M. L. & BUDER, E. H., 1995, “Phrasing in prelinguistic vocalizations”, *Developmental Psychology*, n° 28, vol. 1, p. 3–25.
- MACKEN, M., 1995, “Phonological acquisition”, in GOLDSMITH, J. A. (Ed.), *The handbook of phonological theory*. Cambridge, MA: Blackwell, p. 671–696.

- MACNEILAGE, P.F. & DAVIS, B.L., 1990, “Acquisition of speech production: Frame then content”, in JEANNEROD, M (ED.), *Attention and Performance XIII: Motor Representation and Control*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, p. 453-475.
- MACNEILAGE, P.F., 1998, “The frame/content theory of evolution of speech production”, *Behavioural and Brain Sciences*, n° 21, p. 499-546.
- MACNEILAGE, P.F. & DAVIS, B.L., 2000, “On the origin of internal structure of word forms”, *Science*, vol. 288, p. 527-531.
- MACWHINNEY, B., 2000a, *The CHILDES project: tools for analysing talk, Third edition. Volume I: Transcription format and programs*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- MACWHINNEY, B., 2000b, *The CHILDES project: tools for analysing talk, Third edition. Volume II: The database*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- MADDIESON, I, 1984, *Patterns of Sounds*, Cambridge University Press, Cambridge.
- MAEDA, S., 1990, “Compensatory articulation during speech: evidence from the analysis and synthesis of vocal-tract shapes using an articulatory model”, in HARDCASTLE, W.J. & MARCHAL, A. (eds.), *Speech Production and Modeling*, Kluwer: Academic Publishers, p. 131-149.
- MAEDA, S., 1993, “Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels”, *Phonetics and Phonology*, n° 5: *Nasals, Nasalization and the Velum*, San Diego, Academic Press, p. 147-167.
- MAREAN, C.G., WERNER, L.A., KUHL, P.K., 1992. “Vowel categorization by very young infants”, *Developpement Psychology*, 28, 396-405.

- MASATAKA, N., & BLOOM, K., 1994, “Acoustic properties that determine adults' preferences for 3-month-old infant vocalizations”, *Infant Behaviour Development*, n° 17, p. 461-464.
- MATYEAR, C.L, MACNEILAGE, P.F. & DAVIS, B.L., 1998, “Nasalization of vowels in nasal environments in babbling: Evidence for frame Dominance”, *Phonetica*, n° 55, p. 1-17.
- MCCAFFREY, H.A., DAVIS, B.L., MACNEILAGE, P.F. & VON HAPSBURG, D., 2000, “Multichannel cochlear implantation and the organization of early speech”, *The Volta Review*, n° 101, vo. 1, p.5-29.
- MELHER, J., JUSCZYK, P., LAMBERTZ, G., HALSTEAD, N., BERTONCINI, J., & AMIEL-TISON, C., 1988, “A precursor of language acquisition in young infants”, *Cognition*, n° 29, p. 143-178.
- MELTZOFF, A. & MOORE, M.K., 1977, “Imitation of Facial and Manual Gestures by Human Neonates”, *Science*, n° 198, p. 75-78.
- MELTZOFF, A. & MOORE, M.K., 1989, “Imitation in Newborn Infants: Exploring the Range of Gestures Imitated and the Underlying Mechanisms”, *Developmental Psychology*, n° 25, p. 954-962.
- MILLS, A.E., 1987, “The development of phonology in the blind child”, in Dodd B. & Campbell R. (Eds.), *Hearing by eye : The psychology of leapreading*, Erlbaum, p.145-162.
- MONNIN, J., 2010, *Influence de la langue ambiante sur l'acquisition phonologique : une comparaison du français et du drehu*, Thèse de doctorat – spécialité Sciences du Langage & Sciences Cognitives, DPC - Gipsa-lab, Université Joseph Fourier Grenoble I, Université de Nouvelle-Calédonie.

- MORFORD M. & GOLDIN-MEADOW S., 1992, “Comprehension and production of gesture in combination with speech in one-word speakers”, *Journal of Child Language*, n°19, vol. 3, p. 559-580.
- MULFORD, R., 1988, “First words of the blind child”, in SMITH, M.D. & LOCKE, J. L., *The emergent lexicon: The child’s development of a linguistic vocabulary*, New-York: Academic Press, p. 293-338.
- MUNHALL, K.G., & JONES, J.A., 1998, “Articulatory evidence for syllabic structure.”, *Behavioral and Brain Sciences*, n° 21, vol. 4, p. 524-525.
- NAKAZIMA, S.A., 1962, “A comparative study of the speech developments of Japanese and American English in childhood”, *Studia Phonologica*, n° 2, p. 27-46.
- NATHANI, S., OLLER, D.K., COBO-LEWIS, A.B., 2003, “Final Syllable Lengthening (FSL) in Infant Vocalizations”, *Journal of Child Language*, n° 30, p. 3-25.
- NEAREY, T. M & ROCHET, B. L., 1994, “Effects of place of articulation and vowel context on VOT production and perception for French and English stops”, *Journal International of Phonetic Association*, n° 24, p. 1-19.
- NOIRAY, A., 2007, *L'anticipation d'arrondissement vocalique et le Modèle d'Expansion du Mouvement. Deux extensions : du français à l'anglais et de l'adulte à l'enfant*, Thèse – spécialité Sciences du Langage, ICP, Université Stendhal, Grenoble III.
- OHALA, J. J., 1975, “phonetic explanations for nasal sound patterns”, in FERGUSON, C. A., HYMAN, L. M. & OHALA, J. J., *NASALFEST: papers from a symposium on nasals and nasalization*, p. 289-316.
- OLLER, D.K., SMITH, B.L., 1977, “Effect of final-syllable position on vowel duration in infant babbling”, *J.A.S.A.*, n° 62, p. 944-997.

- OLLER, D.K., 1980, “The emergence of the sounds of speech in infancy”, in YENI-KOMSHIAN, G.H., KAVANAGH, J.F. & FERGUSON, C.A., *Child Phonology, I: Production; II: Perception*, New York: Academic Press, xiv, p. 93-112.
- OLLER, D.K. & EILERS, R.E., 1988, “The role of audition in infant babbling”, *Child Development*, n° 59, p. 441-449.
- OSBERGER, M.J. & MCGARR, N.S., 1982, “Speech production characteristics of the hearing-impaired”, in LASS, N. J. (ed.), *Speech and language: Advances in Basic Research and Practice*, New York, Academic Press, vol. 8.
- PENA, M., Maki, A., KOVACIC, D., DEHAENE-LAMBERTZ, KOIZUMI, H., BOUQUET, F. & MEHLER, J., 2003, “Sounds and silence: an optical topography study of language recognition at birth”, *PNAS*, n°100, p.11702-11705.
- PETTITTO, L.A., HOLOWKA, S., SERGIO, L.E. & OSTRY, D., 2001, “Language rhythms in baby hand movements”, *Nature*, n°. 413, p. 35.
- PETITTO, L. A., HOLOWKA, S., SERGIO, L. E., LEVY, B., & OSTRY, D. J., 2004, “Baby hands that move to the rhythm of language: Hearing babies acquiring sign language babble silently on the hands”, *Cognition*, n°93, p. 43-73.
- PIAGET, J. & INHELDER, B., 1966, *La psychologie de l'enfant*, PUF.
- PIAGET, J., 1979, “Remarques finales.”, in PIATELLI-PALMARINI, M. (Ed), *Théories du langage - Théories de l'apprentissage : le débat entre Jean Piaget et Noam Chomsky.*, Paris, éditions du Seuil.
- PIERCE, J. E. & HANNA, I.V., 1974, *The development of a phonological system in English speaking American children*, Portland: H API Press.

- PINKER, S., 1987, “The bootstrapping problems in language acquisition”, in MACWHINNEY, B (Ed), *Mechanisms of language acquisition*, New York, Springer-Verlag.
- POLKA, L., & BOHN, O-S, 2003, “Asymmetries in vowel perception”, *Speech Communication*, n°41, p. 221-231.
- POLKA, L., & WERKER, J.F., 1994, “Developmental changes in perception of non-native vowel contrasts”, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, n° 20, p. 421-435.
- QUERLEU, D., RENARD, W. & VERSYP, F., 1981, “Les perceptions auditives du fœtus humain”, *Médecine et Hygiène*, n° 39, p. 2101-2110.
- REDFORD, M.A., MACNEILAGE, P.F. & DAVIS, B.L., 1997, “Production constraints on utterance-final consonant characteristics in babbling”, *Phonetica*, n°54, p.172-186.
- RICHAUME-CRINQUETTE, A., 1990, *L'accès à l'information parlée chez l'aveugle*. Thèse de doctorat, I.F.R de psychologie, Université Lille 3 Charles De Gaulle, Villeneuve d'Ascq.
- ROBB, M.P., & SAXMAN, J.H., 1980, “Syllable durations of preword and early word Vocalizations”, *Journal of Speech and Hearing Research*, n° 33, p. 583–93.
- ROBB, M. P., & BLEILE, K. M., 1994, “Consonant inventories of young children from 8 to 25 months.”, *Clinical Linguistics and Phonetics*, n° 8, p. 295-320.
- ROCHET-CAPELLAN, A. & SCHWARTZ, J.L., 2007, “An articulatory basis for the Labial-to-Coronal effect: /pata/ seems a more stable articulatory pattern than /tapa/”, *Journal of Acoustic Society of America*, n° 121, vol. 6, p. 3740-3754.

- ROSSATO, S., BADIN, P., BOUAOUNI, F., 2003, “Velar movements in French: an articulatory and acoustical analysis of coarticulation”, *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelona.
- ROSSATO, S., TEIXEIRA A.J & FERREIRA, L., 2006, “Les nasales du portugais et du français : une étude comparative sur les données EMMA”, *Journées d’Etude sur la Parole*, Dinard, France.
- ROUSSET, I., 2004, *Structures syllabiques et lexicales des langues du monde. Données typologiques, tendances universelles et contraintes substantielles*, Thèse – spécialité Sciences du Langage, ICP, Université Stendhal, Grenoble III.
- SATO, M., SCHWARTZ, J.L., ABRY, C., CATHIARD, M.A. & LOEVENBRUCK, H., 2006, “Multistable syllables as enacted percept: A source of an asymmetric bias in the verbal transformation effect. ”, *Perception and Psychophysics*, n° 68, vol. 3, p. 458 - 474.
- SATO, M., VALLÉE, N., SCHWARTZ, J.-L. & ROUSSET, I., 2007, “A perceptual correlate of the Labial-Coronal effect”, *Journal of Speech Language and Hearing Research*, n° 50, p. 1466–1480.
- SCHAUWERS, K., GOVAERTS, P., & GILLIS, S., 2005, “Language acquisition in deaf children with a cochlear implant”, in FLETCHER, P.& MILLER, J. (Eds.), *Developmental theory and language disorders*. Amsterdam: Benjamins, p. 95-119.
- SCHWARTZ, J.L., ABRY, C., BOE, L.J. & CATHIARD, M., 2002, “Phonology in a theory of perception-for-action-control”, in DURAND, J. & LAKS, B., *Phonetics, phonology, and cognition*, Oxford University Press, p. 254-281.
- SERKHANE, J., SCHWARTZ, J. L., BOE, L. J., DAVIS, B. & MATYEAR, C., 2002, “Motor specifications of a baby robot via the analysis of infant's vocalizations”, *International Congress on Spoken Language Processing*, Sidney, Australie.

- SERKHANE, J., SCHWARTZ, J. L. & BESSIERE, P., 2003, “Simulating vocal imitation in infants, using a Growth articulatory model and speech robotics”, *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelona.
- SERKHANE, J. 2005, *Un bébé androïde vocalisant: Etude et modélisation des mécanismes d'exploration vocale et d'imitation orofaciale dans le développement de la parole*, Thèse – spécialité Sciences Cognitives, ICP, INPG.
- SERNICLAES, W., 1987, *Etude expérimentale de la perception du trait de voisement des occlusives du Français*, Thèse – spécialité Sciences Psychologiques, Institut de phonétique, Université Libre de Bruxelles.
- SERNICLAES, W , 2005, “On the invariance of speech percepts”. *ZAS Papers in Linguistics*, n°40, p. 177-194.
- SKINNER, B.F., 1957, *Verbal Behavior*. NY: Appleton.
- SMITH, B.L., BROWN-SWEENEY, S. & STOEL-GAMMON, C., 1989, “A quantitative analysis of reduplicated and variegated babbling”, *First Language*, n° 9, p. 175-190.
- SNOW, D., 1994, “Phrase-final syllable lengthening and intonation in early child speech”, *Journal of Speech and Hearing Research*, n° 37, p. 831–40.
- STARK, R.E., 1980, “Stages of speech development in the first year of life.”, in YENI-KOMSHIAN, G. H., KAVANAGH, J. F. & FERGUSON, C. A. (Eds.), *Child phonology 1: Production*. New York, NY: Academic Press.
- STARK, R.E., 1989, “Temporal patterning of cry and non-cry sounds in the first eight months of life”, *First Language*, n° 9, p. 107–36.

- STEFANUTO, M., VALLEE, N., 1999, “Consonant systems: From universal trends to ontogenesis”, *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences*, San Francisco.
- STOCKMAN, E. J., WOODS, D. R., & TISHMAN, A., 1981, “Listener agreement on phonetic segments in early infant vocalizations”, *Journal of Psycholinguistic Research*, n°19, p. 593–617.
- STOEL-GAMMON, C., 1988, “Prelinguistic vocalizations of hearing-impaired and normally hearing subjects: a comparison of consonantal inventories”, *Journal of Speech and Hearing Disorders*, n° 53, p. 302-315.
- STOEL-GAMMON, C., 1989, “Prespeech and early speech development of two late talkers”, *First Language*, n° 9, P. 207-224.
- STOEL-GAMMON, C., 1992, “Prelinguistic vocal development: measurement and predictions”, in FERGUSON, C. A., MENN, L. & STOEL-GAMMON, C., *Phonological Development: models, research, implications*, York Press, chap. 15, p. 439-456.
- STUDDERT-KENNEDY, M. & GOLDSTEIN, L., 2003, “Launching language: The gestural origin of discrete infinity.”, in CHRISTIANSEN, M., & KIRBY, S. (Eds.), *Language evolution*, Oxford: Oxford University Press, p. 235–254.
- SUNDBERG, U. & LACERDA, F., 1999, “Voice onset time in speech to infants and adults”, *Phonetica*, n° 56, p. 186-199.
- SUNDBERG, U., 2001, “Consonant specification in infant-directed speech. Some preliminary results from a study of Voice Onset Time in speech to one year-olds.”, *Working Papers*, n° 49, p. 148-151

- SUSSMAN, H.M., DUDER, C., DALSTON, E., CACCIATORE, A., 1999, “An acoustic analysis of the development of CV coarticulation: a case study”, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, n° 42, p. 1080-1096.
- SWOBODA, P. J., MORSE, P. A., & LEAVITT, L. A., 1976, “Continuous vowel discrimination in normal and at risk infants”, *Child Development*, n° 47, p.459-465.
- TAEELMAN, H. & GILLIS, S., sous presse, “Do Dutch-speaking children prefer to produce trochees? A reevaluation of the trochaic template hypothesis of Dutch truncations.”, *First Language*.
- THELEN, E., 1981, “Rhythmical behaviour in infancy: an ethological perspective”, *Developmental psychology*, n° 17, p. 237-275.
- TOMASELLO, M., 2003. *Constructing a Language: a Usage-based Theory of Language Acquisition*, Harvard University Press.
- TROST, J.E. & CANTER, G.J., 1974, “Apraxia of speech in patients with Broca's aphasia: a study of phonemic production accuracy and error patterns”, *Brain and Language*, n° 1, p. 63-79.
- TUBACH, J.P. & BOE, L.J., 1990, “Un corpus de transcriptions phonétiques: constitution et exploitation statistique.”, *Technical report, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications*, Paris, France.
- VALLEE, N., 1994, *Systèmes vocaliques : de la typologie aux prédictions*, Thèse de Doctorat, Spécialité Sciences du Langage, ICP, Université Stendhal - Grenoble 3.
- VIHMAN, M.M., MACKEN, M.A., MILLER, R., SIMMONS, H. & MILLER, J., 1985, “From babbling to speech: Are-assessment of the continuity issue”, *Language*, n°61, vol. 2, p. 397-445.

- VIHMAN, M.M., FERGUSON C.A. & ELBERT M., 1986, “Phonological development from babbling to speech: common tendencies and individual differences”, *Applied Psycholinguistic*, vol. n° 7, p. 3-40.
- VIHMAN, M.M. & MCCUNE, L., 1994, “When is a word a word?”, *Journal of Child Language*, Cambridge University Press, n° 21, p. 517-542.
- VIHMAN, M. M., 1996, *Phonological development: The origins of language in the child*, Oxford: Basil Blackwell.
- VIHMAN, M. M. & DEPAOLIS, R., 1998, “Perception and production in early vocal development: evidence from the acquisition of accent”. *Chicago Linguistic Society: The Panels*, n° 34, p. 373–86.
- VIHMAN, M. M., DEPAOLIS, R., DAVIS, B., L., 1998, “Is there a "trochaic bias" in early word learning? Evidence from infant production in English and French.”, *Child Development*, n° 69, p. 935 - 949.
- VIHMAN, M. M, NAKAI, S., DEPAOLIS, R.A. & HALLE, P., 2004, “The role of accentual pattern in early lexical representation”, *Journal of Memory and Language*, n° 50, p. 336-353.
- VIHMAN, M. M. & KUNNARI, S., 2006, « The sources of phonological knowledge: A cross-linguistic perspective.», *Recherches Linguistiques de Vincennes*, n° 35, p. 133-164.
- VIHMAN, M.M., à paraître, “Phonological templates in early words: A cross-linguistic study”, in FOUGERON, C. NGUYEN, N. (eds.), *Lab Phon 10: Variation, detail and representation*. Mouton de Gruyter: New York.
- VILAIN, A., ABRY, C., BADIN, P., BROSDA, S., 1999, “From idiosyncratic pure frames to variegated babbling: Evidence from articulatory modeling”, *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences*, San Francisco, USA.

- VILAIN, A., 2000, *Apports de la modélisation des degrés de liberté articulatoires à l'étude de la coarticulation et du développement de la parole*, Thèse – spécialité Sciences du Langage, ICP, Université Stendhal, Grenoble III.
- WARREN, D.W. & DALSTON, T.M., 1993, “Aerodynamics of Nasalization”, *Phonetics and Phonology, Vol 5: Nasals, Nasalization and the Velum*, San Diego, Academic Press, p. 119-146.
- WAUQUIER-GRAVELINES, S., 2005a, *Statut des représentations phonologiques en acquisition, traitement de la parole continue et dysphasie développementale*, EHESS, Paris.
- WAUQUIER-GRAVELINES, S., 2005b, “Acquisition et développement phonologiques”, in NGUYEN, N., WAUQUIER-GRAVELINES, S., & DURAND, J. (eds) *Phonologie et phonétique, forme et substance*, Hermès, Chap. 12, p. 325-348.
- WAUQUIER, S., 2006, “Du son au sens, acquérir ou apprendre la phonologie”, *Recherches Linguistiques de Vincennes*, Presses Universitaires de Vincennes, Université Paris VIII, n° 35.
- WERKER, J.F. & TEES, R.C., 1984, “Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life”, *Infant Behavior and Development*, n° 7, p. 49-63.
- WERKER, J.F. & LALONDE, C.E., 1988, “Cross-language speech perception: initial capabilities and developmental change”, *Development Psychology*, n° 24, p. 672-683.
- WEXLER, K., 1999, “Maturation and growth of grammar”, in RITCHIE, W. C. & BHATIA, T. K. (Eds), *Handbook of child language acquisition*, San Diego: Academic Press.

- WHALEN, D.H., LEVITT, A.G. & GOLDSTEIN, L.M., 2007, “VOT in the babbling of French- and English-learning infants”, *Journal of phonetic*, n° 35, vol. 3, p. 341-352.
- ZLATIN-LAUFER, M., 1980, “Temporal regularity in prespeech”, in MURRY, T., & MURRY, J., (Eds), *Infant communication: cry and early speech*. San Diego, CA: College Hill Press.
- ZMARICH, C., & FERRERO, F., 1999, “A phonetic and acoustic study on the early speech development of two Italian children”, *Proceedings of ICPHS '99*, S. Francisco, U.S.A., vol. 3, p. 2165-2168.
- ZMARICH, C., & MIOTTI, R., 2003, “The frequency of consonants and vowels and their co-occurrences in the babbling and early speech Italian children”, *Proceedings of the 15th ICPHS*, Barcelona, p. 1947-1950.

ANNEXES

TABLES DES ANNEXES

ANNEXE I : INDEX DES SESSIONS	253
ANNEXE II : LISTE DES DIFFERENTES VALEURS DE CLAN.....	255
ANNEXE III : TABLEAUX DES VALEURS DES CO-OCCURENCES OBSERVEES ET THEORIQUES ET CALCUL DU X²	261
ANNEXE IV : MESURES DU RYTHME MANDIBULAIRE.....	263
ANNEXE V: MESURES DE VOT	291

ANNEXE I : Index des sessions

Index de toutes les sessions d'enregistrement du sujet C comprenant les dates d'enregistrement, l'équivalence session/âge en mois, les noms de fichiers (le prénom a été masqué par soucis de confidentialité), le type de support d'enregistrement et son numéro, et la durée des enregistrements en minutes.

Sujet C. _ Date de naissance: 12-03-1999					
Sessions	Date d'enregistrement	Equivalence âge en mois	Nom de fichier	Type de support d'enregistrement et n° du support	Durée des enregistrements en minutes
C**** 1	06/10/99	7 mois	ce6-25	VHS & DAT	00:26
C**** 2	20/10/99	8 mois	ce7-8	VHS & DAT	00:42
C**** 3	04/11/99	8 mois	ce7-23	VHS & DAT	00:45
C**** 4a	18/11/99	9 mois	ce8-6	VHS & DAT	00:16
C**** 4b	25/11/99	9 mois	ce8-13	VHS & DAT	00:25
C**** 5	08/12/99	9 mois	ce8-27	VHS & DAT	00:36
C**** 6	05/01/00	10 mois	ce9-24	1 DV	00:42
C**** 7	19/01/00	11 mois	ce10-7	4-5 DV	00:48
C**** 8	09/02/00	11 mois	ce10-28	10-11 DV	00:45
C**** 9	25/02/00	12 mois	ce11-13	12-14 DV	00:50
C**** 10	18/03/00	13 mois	ce12-6	17-18 DV	00:41
C**** 11	29/03/00	13 mois	ce12-17	21-22 DV	00:44
C**** 12	12/04/00	14 mois	ce13-0	25 DV	00:26
C**** 13	26/04/00	14 mois	ce13-14	28 DV	00:49
C**** 14	13/05/00	15 mois	ce14-1	33 DV	00:30
C**** 15	25/05/00	15 mois	ce14-13	38 DV	00:43
C**** 16	07/06/00	15 mois	ce14-26	41 DV	00:45
C**** 17	23/06/00	16 mois	ce15-11	46 DV	00:31
C**** 18	11/07/00	16 mois	ce15-29	49-50 DV	00:35

ANNEXE II : Liste des différentes valeurs de CLAN

- **@g**: correspond au numéro de la production codée.
- ***CHI**: est une ligne de code indispensable pour les traitements automatiques, a toujours la valeur "0".
- **%cod**: indique le début de la description de la production.
- **\$run**: nombre d'unités rythmiques de la production. Notation en chiffres de 1 à l'infini. Pas de notation lorsqu'il n'y a pas d'unité rythmique.
- **\$jwa**: total du nombre d'oscillations mandibulaires visibles (alternance d'ouvertures/fermetures de la mandibule) observées pour chaque production. Ce nombre prend en compte le nombre d'oscillations mandibulaires sans phonation. Notation en chiffres de 1 à l'infini. Pas de notation lorsqu'il n'y a pas d'oscillation mandibulaire visible.
- **\$sjw**: nombre d'oscillations mandibulaires visibles produites sans phonation. Notation en chiffres de 1 à l'infini. Pas de notation lorsqu'il n'y a pas d'oscillation mandibulaire silencieuse.
- **\$pty**: types de phonations retrouvés à l'intérieur des productions

\$pty:	com	\$pty :	int-+
\$pty :	com+-	\$pty :	int+-
\$pty :	com-+	\$pty :	no
\$pty :	com-+-	\$pty :	un
\$pty :	com++-	\$pty :	var
\$pty :	ing	\$pty :	i/o (ingressif puis égressif dans la même production)
\$pty :	int	\$pty :	o/i (égressif puis ingressif dans la même production)
\$pty :	int+-		

- **\$pco**: position des constriction/occlusions à l'intérieur de la production. Notation dans l'ordre d'apparition des closants « c » et vocants « v ». Ex : ccvccvccc
- **\$nco**: nombre de constriction/occlusions à l'intérieur d'une production. Notation en chiffres de 1 à l'infini. Pas de notation lorsqu'il n'y a pas de constriction/occlusion dans la production.
- **\$p**: lieux de l'articulation

\$p: bil	bilabial	\$p: phar	pharyngal
\$p: clab	coronal_labial	\$p: pden	palatal-dental
\$p: cor	coronal	\$p: plab	palatal-labial
\$p: den	dental	\$p: pling	palatal-lingual
\$p: dlab	dental-labial	\$p: pvel	palatal-vélaire
\$p: lab	labial	\$p: vel	vélaire
\$p: lad	labiodental	\$p: vlab	vélaire-labial
\$p: llab	linguolabial	\$p: vcor	vélaire-coronal
\$p: pal	palatal	\$p: vden	vélaire-dental
\$p: pcor	palatal-coronal		

- **\$m**: modes d'articulation

\$m: aff	affriquée	\$m: nacr	nasale creaky
\$m: aflag	latérale affriquée	\$m: nasing	nasale ingressive
\$m: clic	clic	\$m: slat	latérale stop
\$m: flat	latérale fricative	\$m: snas	stop avec relâchement nasal
\$m: fric	fricative	\$m: stnr	stop non relâchée
\$m: gli	glide	\$m: stop	stop
\$m: lat	latérale	\$m: tril	trill
\$m: nas	nasale		

- **\$v**: voisé / non voisé

\$v: u	non voisé
\$v: v	voisé

- **\$ec**: qualité extra-consonnantique du closant

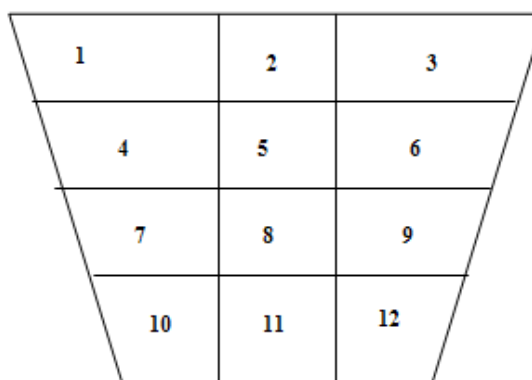
\$ec : lg	longue
\$ec : nao	nasalisée
\$ec : pr	relâchement palatal
\$ec : gl	glottal

- **\$cc**: type de changement d'un closant à un autre au sein d'une même production

\$cc: id	identique
\$cc: ma	changement de mode
\$cc: pl	changement de lieu

- **\$vo**: type de vocant. Les vocants sont situés dans un espace vocalique à deux dimensions défini par les degrés d'aperture et d'antéro-postériorité, ainsi que par les mesures des deux premiers formants, le tout désigné par des numéros de 1 à 12.

1	vocant fermé avant
2	vocant fermé central
3	vocant fermé arrière
4	vocant moyen-fermé avant
5	vocant moyen-fermé central
6	vocant moyen-fermé arrière
7	vocant moyen-ouvert avant
8	vocant moyen-ouvert central
9	vocant moyen-ouvert arrière
10	vocant ouvert avant
11	vocant ouvert central
12	vocant ouvert arrière



Remarque : on note \$v2 le vocant n° 2 dans le cas d'une diphtongue et \$v3 le vocant n° 3 dans le cas d'une triphongue. Les valeurs de ces vocants sont notées à partir des quadrants comme pour \$vo.

- **\$vc:** type de changement d'un vocant à une autre au sein d'une même production

\$vc: di	diagonal
\$vc: ho	horizontal
\$vc: id	identique
\$vc: ve	vertical

Remarque : \$vcd et \$vct: donnent le type de changement de lieu entre le premier et le second vocant d'une diphtongue (\$vcd), et entre le second et le troisième vocant d'une triphongue (\$vct).

- **\$ev:** qualités extra-vocaliques des vocants

\$ev: as	aspiré	\$ev: na	nasalisé
\$ev: ca	creaky tout au long de la production	\$ev: pa	post aspiré
\$ev: cr	creaky à l'attaque	\$ev: ro	arrondi
\$ev: co	creaky en finale	\$ev: do	dévoisé à l'attaque
\$ev: de	dévoisé	\$ev: br	soufflé
\$ev: gl	glottalisé	\$ev: in	phonation interrompue
\$ev: ica	creaky ingressive		

Remarque : \$evd et \$evt prennent les mêmes valeurs que \$ev.

- **\$tecv:** lieu global d'articulation de la production

\$tecv: b	bilabial	\$tecv: pi	palatal-dental
\$tecv: c	coronal	\$tecv: pb	palatal-labial
\$tecv: cb	coronal-labial	\$tecv: pl	palatal-linguolabial
\$tecv: d	labiodental	\$tecv: v	vélaire
\$tecv: i	dental	\$tecv: vb	vélolabial
\$tecv: ib	dental-labial	\$tecv: vc	vélocoronal
\$tecv: l	linguolabial	\$tecv: vi	vélodental
\$tecv: p	palatal	\$tecv: pv	palatal-vélaire
\$tecv: pc	palatal-coronal	\$tecv: uv	uvulaire
\$tecv: ph	pharyngal		

Remarque générale : quand le critère n'est pas observé, rien n'est noté à l'endroit prévu à cet effet.

- **\$ncv**: nombre d'unités CV de la production, notation de 1 à l'infini. Pas de notation lorsqu'il n'y pas de CV dans la production.
- **\$uty**: type de productions en terme de reduplication et variabilité.

\$uty: red	redupliqué
\$uty: varC	closant variés
\$uty: varCV	closant et vocant variés
\$uty: varV	vocants variés

ANNEXE III : Tableaux des valeurs des co-occurrences observées et théoriques et calcul du χ^2

Tableaux du nombre de co-occurrences observées à droite et théoriques à gauche par mois pour le sujet C.

7 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	6	15	1	22
lab	3	12	1	16
dorsal	59	23	2	84
TOTAL	68	50	4	122
8 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	131	98	11	240
lab	37	94	17	148
dorsal	58	49	12	119
TOTAL	226	241	40	507
9 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	74	21	0	95
lab	81	57	8	146
dorsal	52	17	2	71
TOTAL	207	95	10	312
10 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	12	9	0	21
lab	5	61	2	68
dorsal	51	31	6	88
TOTAL	68	101	8	177
11 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	241	130	9	380
lab	32	114	15	161
dorsal	83	68	4	155
TOTAL	356	312	28	696
12 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	73	84	2	159
lab	39	50	2	91
dorsal	95	32	2	129
TOTAL	207	166	6	379
13 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	65	230	52	347
lab	56	354	172	582
dorsal	37	42	13	92
TOTAL	158	626	237	1021
14 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	50	91	76	217
lab	9	151	174	334

7 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	12	9	1	22
lab	9	7	1	16
dorsal	47	34	3	84
TOTAL	68	50	4	122
8 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	107	114	19	240
lab	66	70	12	148
dorsal	53	57	9	119
TOTAL	226	241	40	507
9 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	63	29	3	95
lab	97	44	5	146
dorsal	47	22	2	71
TOTAL	207	95	10	312
10 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	8	12	1	21
lab	26	39	3	68
dorsal	34	50	4	88
TOTAL	68	101	8	177
11 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	194	170	15	380
lab	82	72	6	161
dorsal	79	69	6	155
TOTAL	356	312	28	696
12 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	87	70	3	159
lab	50	40	1	91
dorsal	70	57	2	129
TOTAL	207	166	6	379
13 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	140	158	49	347
lab	234	266	82	582
dorsal	37	42	13	92
TOTAL	411	466	144	1021
14 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	26	92	99	217
lab	40	141	153	334

dorsal	16	22	35	73
TOTAL	75	264	285	624
15 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	162	288	164	614
lab	69	160	163	392
dorsal	62	99	67	228
TOTAL	293	547	394	1234
16 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	80	194	123	397
lab	45	184	52	281
dorsal	22	52	44	118
TOTAL	147	430	219	796
TOTAUX	ant	mid	post	TOTAL
cor	2492	587	75	3154
lab	2219	742	217	3178
dorsal	1157	262	41	1460
TOTAL	5868	1591	333	7792

dorsal	9	31	33	73
TOTAL	75	264	285	624
15 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	146	272	196	614
lab	93	174	125	392
dorsal	54	101	73	228
TOTAL	293	547	394	1234
16 mois	ant	mid	post	TOTAL
cor	73	214	109	397
lab	52	152	77	281
dorsal	22	64	32	118
TOTAL	147	430	219	796
TOTAUX	ant	mid	post	TOTAL
cor	793	1112	492	2397
lab	652	960	460	2073
dorsal	405	505	176	1086
TOTAL	1851	2577	1128	5556

Etapas de calcul du χ^2 , formule, résultat et significativité :

Co-occurrences	favorisées	autres	TOTAL
<1	9	35	44
>1	21	25	46
TOTAL	30	60	90

	observées	hasard	o-h	(o-h)2	(o-h)2/h
Co-occurrences autres >1	21	15	6	36	2,40
Co-occurrences autres >1	25	30	-5	-25	0,83
Co-occurrences favorisées <1	9	15	-6	36	2,40
Co-occurrences autres <1	35	30	5	25	0,83
$\Sigma = 6,46$					

$$\chi^2_c = \sum \frac{(O_i - C_i)^2}{C_i} \quad O_i = \text{effectifs observés} \quad C_i = \text{effectifs théoriques}$$

Ci

$$\chi^2 (3) = 6,46$$

$$\chi^2 t (3) = p > 0.05$$

ANNEXE IV : mesures du rythme mandibulaire

Durées de chaque syllabe CV pour chaque mois chez le sujet C.

7 mois :

Nbre de CV	Durée en ms
1	254
2	271
3	300
4	331
5	411
6	430
7	532
8	589
9	613

8 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	202	29	348	57	437	85	800
2	218	30	354	58	445	86	812
3	233	31	357	59	451	87	831
4	234	32	357	60	454	88	833
5	241	33	358	61	455	89	895
6	251	34	359	62	456	90	1068
7	260	35	362	63	465	91	1136
8	267	36	362	64	468	92	1150
9	278	37	367	65	475		
10	280	38	368	66	482		
11	281	39	372	67	491		
12	282	40	374	68	503		
13	297	41	375	69	505		
14	303	42	378	70	512		
15	306	43	380	71	513		
16	307	44	381	72	514		
17	307	45	387	73	520		
18	309	46	390	74	542		
19	311	47	390	75	555		
20	314	48	395	76	574		
21	318	49	402	77	577		
22	324	50	408	78	609		
23	325	51	412	79	613		
24	327	52	413	80	630		
25	330	53	415	81	640		
26	335	54	419	82	660		
27	342	55	432	83	715		
28	347	56	433	84	796		

9 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	148	51	400	101	547
2	215	52	407	102	561
3	220	53	410	103	568
4	221	54	414	104	576
5	221	55	415	105	585
6	225	56	419	106	591
7	238	57	420	107	592
8	242	58	426	108	608
9	244	59	428	109	614
10	254	60	431	110	633
11	255	61	432	111	644
12	265	62	433	112	647
13	266	63	434	113	648
14	289	64	440	114	659
15	290	65	443	115	679
16	297	66	443	116	679
17	302	67	447	117	687
18	305	68	453	118	702
19	305	69	453	119	739
20	306	70	459	120	752
21	313	71	466	121	780
22	321	72	467	122	801
23	340	73	469	123	856
24	340	74	478	124	951
25	342	75	481	125	1099
26	342	76	481		
27	342	77	482		
28	343	78	484		
29	351	79	487		
30	352	80	488		
31	353	81	490		
32	358	82	492		
33	359	83	496		
34	367	84	497		
35	368	85	505		
36	371	86	505		
37	376	87	505		
38	376	88	506		
39	379	89	512		
40	379	90	516		
41	379	91	517		
42	380	92	518		
43	381	93	527		
44	386	94	529		
45	387	95	529		
46	388	96	530		
47	388	97	535		
48	389	98	540		
49	392	99	542		
50	399	100	543		

10 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	199	13	304	25	380	37	583
2	200	14	315	26	391	38	591
3	227	15	326	27	393	39	610
4	234	16	337	28	406	40	625
5	242	17	341	29	412	41	646
6	249	18	344	30	433	42	669
7	254	19	345	31	440	43	695
8	263	20	345	32	478	44	732
9	264	21	351	33	483	45	748
10	267	22	358	34	502	46	926
11	268	23	374	35	525	47	948
12	296	24	378	36	527	48	970

11 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	125	34	183	67	216	100	238
2	126	35	187	68	218	101	241
3	135	36	187	69	219	102	242
4	137	37	187	70	219	103	242
5	138	38	189	71	220	104	243
6	139	39	189	72	220	105	243
7	142	40	190	73	220	106	244
8	143	41	192	74	221	107	244
9	146	42	192	75	222	108	244
10	147	43	192	76	223	109	245
11	152	44	193	77	223	110	246
12	152	45	194	78	223	111	246
13	152	46	195	79	223	112	246
14	155	47	197	80	226	113	246
15	156	48	198	81	226	114	249
16	159	49	201	82	228	115	251
17	160	50	201	83	228	116	251
18	161	51	201	84	229	117	252
19	161	52	201	85	229	118	252
20	162	53	203	86	230	119	252
21	164	54	205	87	230	120	252
22	168	55	205	88	230	121	252
23	169	56	205	89	230	122	253
24	169	57	206	90	232	123	253
25	170	58	206	91	232	124	253
26	171	59	207	92	233	125	253
27	177	60	209	93	233	126	254
28	177	61	210	94	234	127	254
29	179	62	210	95	235	128	255
30	179	63	211	96	236	129	255
31	181	64	213	97	237	130	259
32	182	65	216	98	237	131	260
33	183	66	216	99	238	132	260

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
133	262	184	295	235	336	286	425
134	262	185	296	236	336	287	431
135	263	186	297	237	336	288	431
136	263	187	297	238	336	289	431
137	264	188	298	239	338	290	433
138	264	189	302	240	339	291	438
139	264	190	302	241	340	292	441
140	265	191	303	242	342	293	443
141	265	192	306	243	343	294	444
142	267	193	306	244	348	295	453
143	267	194	309	245	348	296	461
144	268	195	309	246	348	297	463
145	268	196	309	247	349	298	466
146	268	197	309	248	351	299	467
147	269	198	310	249	353	300	473
148	269	199	311	250	354	301	490
149	271	200	312	251	356	302	492
150	271	201	312	252	358	303	493
151	271	202	312	253	358	304	494
152	272	203	313	254	359	305	498
153	274	204	313	255	361	306	501
154	274	205	313	256	361	307	527
155	275	206	314	257	366	308	528
156	277	207	314	258	366	309	534
157	277	208	314	259	366	310	537
158	277	209	316	260	367	311	538
159	278	210	316	261	369	312	542
160	278	211	318	262	369	313	546
161	280	212	319	263	375	314	562
162	280	213	320	264	377	315	571
163	281	214	321	265	378	316	578
164	284	215	322	266	378	317	583
165	286	216	322	267	379	318	601
166	286	217	322	268	379	319	605
167	288	218	323	269	381	320	608
168	289	219	324	270	388	321	609
169	289	220	325	271	390	322	609
170	290	221	325	272	390	323	612
171	290	222	326	273	390	324	613
172	290	223	326	274	392	325	648
173	290	224	327	275	392	326	671
174	291	225	329	276	393	327	681
175	291	226	329	277	394	328	682
176	292	227	329	278	396	329	710
177	292	228	329	279	398	330	746
178	293	229	329	280	398	331	753
179	294	230	330	281	403	332	827
180	294	231	332	282	404	333	861
181	294	232	332	283	408	334	1021
182	294	233	334	284	413	335	1115
183	295	234	335	285	422		

12 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	110	51	224	101	282	151	335
2	124	52	224	102	284	152	335
3	130	53	225	103	284	153	336
4	133	54	227	104	285	154	338
5	137	55	230	105	285	155	339
6	141	56	230	106	286	156	339
7	143	57	231	107	287	157	340
8	144	58	233	108	288	158	340
9	152	59	235	109	288	159	341
10	152	60	237	110	288	160	344
11	155	61	237	111	289	161	344
12	156	62	237	112	294	162	345
13	157	63	239	113	296	163	346
14	159	64	241	114	296	164	346
15	166	65	242	115	297	165	353
16	168	66	242	116	299	166	359
17	168	67	242	117	300	167	359
18	173	68	243	118	300	168	360
19	176	69	244	119	300	169	361
20	177	70	244	120	302	170	361
21	178	71	245	121	304	171	366
22	179	72	245	122	305	172	366
23	181	73	246	123	305	173	366
24	181	74	246	124	306	174	366
25	188	75	247	125	306	175	369
26	188	76	249	126	309	176	369
27	190	77	251	127	310	177	370
28	191	78	252	128	310	178	371
29	193	79	255	129	310	179	372
30	193	80	256	130	310	180	373
31	193	81	257	131	311	181	377
32	195	82	257	132	312	182	379
33	195	83	262	133	312	183	380
34	197	84	266	134	315	184	381
35	197	85	269	135	315	185	383
36	199	86	270	136	316	186	390
37	199	87	271	137	316	187	392
38	200	88	271	138	316	188	394
39	200	89	271	139	321	189	396
40	206	90	272	140	323	190	400
41	206	91	273	141	325	191	404
42	207	92	274	142	326	192	404
43	208	93	274	143	326	193	406
44	208	94	274	144	327	194	409
45	214	95	278	145	327	195	410
46	216	96	279	146	330	196	410
47	218	97	281	147	333	197	411
48	218	98	281	148	334	198	411
49	220	99	282	149	334	199	412
50	223	100	282	150	335	200	412

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
201	416	209	441	217	459	225	503
202	419	210	447	218	475	226	518
203	421	211	448	219	476	227	522
204	423	212	453	220	486	228	532
205	425	213	454	221	486	229	533
206	440	214	454	222	487	230	559
207	441	215	456	223	492	231	560
208	441	216	458	224	502	232	643

13 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	83	40	177	79	218	118	247
2	87	41	179	80	219	119	248
3	89	42	179	81	220	120	252
4	93	43	182	82	220	121	253
5	95	44	182	83	220	122	254
6	102	45	182	84	221	123	254
7	116	46	185	85	221	124	255
8	132	47	185	86	221	125	255
9	144	48	186	87	222	126	256
10	149	49	186	88	223	127	256
11	150	50	187	89	223	128	257
12	150	51	187	90	224	129	257
13	152	52	190	91	224	130	259
14	152	53	194	92	226	131	259
15	153	54	195	93	228	132	259
16	154	55	195	94	232	133	260
17	154	56	196	95	232	134	263
18	154	57	198	96	232	135	264
19	155	58	198	97	232	136	265
20	157	59	199	98	233	137	267
21	159	60	199	99	234	138	268
22	159	61	200	100	234	139	269
23	161	62	201	101	236	140	269
24	162	63	201	102	236	141	270
25	165	64	202	103	236	142	271
26	167	65	202	104	236	143	273
27	168	66	203	105	236	144	274
28	169	67	206	106	238	145	277
29	169	68	207	107	238	146	279
30	169	69	209	108	239	147	279
31	170	70	209	109	240	148	279
32	170	71	209	110	240	149	279
33	171	72	210	111	241	150	279
34	172	73	210	112	242	151	280
35	172	74	210	113	244	152	281
36	172	75	211	114	244	153	284
37	173	76	213	115	245	154	286
38	174	77	216	116	246	155	286
39	176	78	218	117	246	156	288

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
157	291	208	327	259	380	310	426
158	292	209	328	260	381	311	427
159	293	210	328	261	381	312	428
160	293	211	328	262	382	313	430
161	293	212	330	263	382	314	430
162	295	213	330	264	383	315	430
163	295	214	332	265	383	316	431
164	296	215	333	266	383	317	431
165	296	216	334	267	384	318	431
166	298	217	334	268	384	319	433
167	298	218	335	269	384	320	434
168	299	219	336	270	386	321	434
169	299	220	337	271	387	322	435
170	299	221	339	272	387	323	435
171	299	222	341	273	389	324	437
172	299	223	343	274	389	325	438
173	300	224	343	275	390	326	441
174	303	225	344	276	390	327	445
175	303	226	345	277	390	328	447
176	304	227	345	278	391	329	448
177	304	228	346	279	397	330	450
178	304	229	346	280	398	331	451
179	304	230	346	281	399	332	451
180	305	231	347	282	401	333	452
181	305	232	347	283	402	334	453
182	305	233	349	284	403	335	453
183	307	234	350	285	404	336	454
184	308	235	350	286	404	337	455
185	308	236	350	287	404	338	455
186	309	237	351	288	407	339	456
187	309	238	354	289	407	340	457
188	310	239	354	290	409	341	458
189	310	240	354	291	410	342	459
190	313	241	355	292	411	343	460
191	315	242	356	293	412	344	464
192	315	243	356	294	412	345	464
193	315	244	358	295	415	346	464
194	317	245	360	296	416	347	465
195	317	246	361	297	417	348	467
196	317	247	361	298	417	349	467
197	319	248	361	299	417	350	468
198	319	249	366	300	419	351	469
199	321	250	367	301	419	352	470
200	321	251	368	302	420	353	471
201	321	252	371	303	421	354	471
202	321	253	371	304	421	355	473
203	323	254	373	305	423	356	475
204	323	255	374	306	423	357	476
205	325	256	377	307	423	358	480
206	326	257	378	308	424	359	480
207	326	258	380	309	426	360	480

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
361	480	412	543	463	632	514	744
362	482	413	543	464	634	515	748
363	482	414	544	465	636	516	748
364	485	415	544	466	637	517	760
365	485	416	548	467	637	518	760
366	486	417	549	468	638	519	762
367	487	418	549	469	638	520	769
368	488	419	551	470	639	521	773
369	488	420	563	471	641	522	774
370	490	421	565	472	642	523	776
371	490	422	565	473	645	524	787
372	490	423	568	474	646	525	790
373	492	424	568	475	647	526	790
374	497	425	571	476	647	527	796
375	497	426	572	477	647	528	807
376	498	427	572	478	647	529	809
377	499	428	576	479	653	530	810
378	505	429	578	480	653	531	812
379	507	430	578	481	659	532	813
380	507	431	579	482	664	533	817
381	509	432	580	483	666	534	827
382	510	433	580	484	669	535	830
383	511	434	582	485	673	536	837
384	512	435	586	486	673	537	843
385	514	436	587	487	676	538	856
386	514	437	587	488	677	539	857
387	517	438	588	489	682	540	859
388	518	439	592	490	683	541	860
389	520	440	594	491	683	542	863
390	520	441	594	492	691	543	864
391	521	442	594	493	695	544	877
392	522	443	594	494	698	545	882
393	522	444	596	495	701	546	882
394	522	445	597	496	706	547	887
395	524	446	597	497	708	548	891
396	524	447	597	498	710	549	893
397	526	448	599	499	711	550	897
398	527	449	603	500	712	551	898
399	528	450	605	501	712	552	903
400	529	451	605	502	715	553	905
401	529	452	609	503	716	554	909
402	529	453	609	504	718	555	917
403	530	454	615	505	720	556	922
404	531	455	616	506	722	557	943
405	535	456	616	507	726	558	946
406	536	457	617	508	727	559	976
407	537	458	617	509	728	560	978
408	538	459	618	510	731	561	979
409	542	460	620	511	737	562	983
410	542	461	621	512	741	563	1001
411	542	462	625	513	742	564	1005

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
565	1011	573	1118	581	1204	589	1438
566	1022	574	1130	582	1228	590	1539
567	1051	575	1142	583	1252	591	1551
568	1051	576	1170	584	1263	592	1644
569	1067	577	1179	585	1297	593	2036
570	1090	578	1191	586	1298		
571	1100	579	1192	587	1304		
572	1101	580	1195	588	1366		

14 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	81	40	155	79	234	118	281
2	90	41	163	80	237	119	282
3	91	42	164	81	240	120	282
4	92	43	167	82	242	121	283
5	92	44	169	83	242	122	283
6	96	45	173	84	242	123	283
7	96	46	174	85	242	124	283
8	98	47	176	86	243	125	283
9	99	48	177	87	243	126	284
10	100	49	178	88	246	127	284
11	100	50	180	89	246	128	285
12	110	51	181	90	247	129	286
13	110	52	181	91	248	130	286
14	112	53	189	92	250	131	288
15	116	54	190	93	252	132	290
16	117	55	190	94	253	133	291
17	120	56	191	95	254	134	293
18	121	57	192	96	258	135	297
19	123	58	194	97	258	136	298
20	123	59	195	98	263	137	299
21	129	60	197	99	264	138	299
22	130	61	198	100	265	139	299
23	130	62	199	101	266	140	300
24	132	63	201	102	267	141	300
25	132	64	206	103	267	142	301
26	137	65	212	104	268	143	306
27	138	66	214	105	268	144	307
28	139	67	216	106	269	145	307
29	140	68	219	107	271	146	309
30	141	69	221	108	271	147	314
31	141	70	223	109	273	148	314
32	149	71	224	110	273	149	314
33	151	72	224	111	274	150	315
34	151	73	226	112	275	151	316
35	152	74	226	113	277	152	318
36	153	75	228	114	277	153	318
37	153	76	230	115	279	154	320
38	154	77	231	116	279	155	320
39	155	78	231	117	280	156	322

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
157	324	190	383	223	459	256	588
158	326	191	386	224	465	257	593
159	327	192	390	225	472	258	594
160	327	193	394	226	476	259	608
161	327	194	396	227	478	260	610
162	330	195	397	228	479	261	631
163	331	196	402	229	481	262	639
164	331	197	402	230	483	263	642
165	337	198	408	231	492	264	654
166	342	199	413	232	498	265	657
167	344	200	413	233	500	266	674
168	345	201	413	234	502	267	686
169	346	202	415	235	502	268	696
170	348	203	415	236	506	269	723
171	349	204	417	237	508	270	762
172	350	205	419	238	509	271	777
173	352	206	420	239	509	272	780
174	353	207	421	240	512	273	781
175	354	208	424	241	515	274	794
176	361	209	427	242	515	275	835
177	362	210	430	243	517	276	906
178	365	211	431	244	519	277	908
179	369	212	432	245	530	278	910
180	371	213	435	246	535	279	942
181	371	214	436	247	536	280	954
182	371	215	437	248	538	281	1062
183	373	216	437	249	544	282	1073
184	374	217	437	250	554	283	1120
185	374	218	443	251	562	284	1448
186	374	219	447	252	562	285	2139
187	377	220	449	253	575		
188	381	221	455	254	576		
189	382	222	456	255	586		

15 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	85	15	143	29	155	43	167
2	87	16	143	30	156	44	167
3	96	17	144	31	157	45	167
4	103	18	144	32	157	46	167
5	105	19	145	33	158	47	168
6	107	20	147	34	160	48	168
7	110	21	148	35	161	49	169
8	116	22	148	36	161	50	169
9	116	23	149	37	162	51	170
10	139	24	150	38	163	52	170
11	139	25	150	39	163	53	173
12	142	26	153	40	163	54	173
13	143	27	153	41	164	55	175
14	143	28	155	42	166	56	176

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
57	176	108	221	159	257	210	303
58	177	109	223	160	257	211	304
59	179	110	224	161	258	212	304
60	182	111	227	162	259	213	305
61	182	112	227	163	260	214	306
62	182	113	228	164	260	215	306
63	185	114	228	165	261	216	307
64	185	115	229	166	262	217	308
65	186	116	229	167	263	218	309
66	186	117	230	168	263	219	309
67	186	118	230	169	263	220	312
68	187	119	232	170	265	221	312
69	189	120	233	171	265	222	312
70	190	121	234	172	265	223	313
71	191	122	234	173	265	224	313
72	191	123	235	174	265	225	313
73	192	124	235	175	266	226	314
74	193	125	237	176	267	227	314
75	193	126	238	177	268	228	314
76	194	127	239	178	272	229	315
77	195	128	239	179	273	230	315
78	196	129	239	180	274	231	316
79	197	130	239	181	274	232	317
80	199	131	241	182	274	233	318
81	199	132	241	183	279	234	318
82	200	133	241	184	279	235	319
83	201	134	242	185	279	236	320
84	203	135	242	186	280	237	320
85	203	136	242	187	280	238	323
86	204	137	243	188	280	239	323
87	204	138	243	189	281	240	324
88	206	139	244	190	281	241	324
89	208	140	245	191	281	242	326
90	208	141	245	192	284	243	327
91	209	142	246	193	284	244	328
92	210	143	247	194	284	245	328
93	211	144	247	195	285	246	331
94	211	145	247	196	286	247	332
95	211	146	248	197	286	248	332
96	212	147	249	198	287	249	332
97	215	148	249	199	288	250	332
98	215	149	249	200	290	251	332
99	215	150	250	201	291	252	333
100	215	151	251	202	292	253	334
101	215	152	251	203	293	254	334
102	216	153	252	204	296	255	334
103	217	154	253	205	298	256	335
104	218	155	253	206	300	257	335
105	220	156	254	207	300	258	335
106	220	157	254	208	302	259	336
107	221	158	257	209	303	260	337

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
261	337	312	369	363	411	414	464
262	338	313	372	364	413	415	466
263	339	314	372	365	415	416	469
264	341	315	372	366	416	417	470
265	341	316	373	367	418	418	471
266	341	317	373	368	419	419	473
267	343	318	373	369	419	420	475
268	343	319	374	370	420	421	475
269	344	320	376	371	421	422	477
270	345	321	377	372	422	423	477
271	345	322	377	373	423	424	480
272	346	323	378	374	424	425	485
273	347	324	380	375	426	426	486
274	348	325	381	376	427	427	490
275	349	326	382	377	431	428	493
276	349	327	382	378	431	429	494
277	349	328	382	379	433	430	495
278	349	329	383	380	434	431	499
279	350	330	384	381	434	432	501
280	350	331	385	382	435	433	502
281	351	332	386	383	436	434	506
282	351	333	387	384	438	435	506
283	352	334	388	385	438	436	507
284	353	335	389	386	438	437	508
285	353	336	389	387	439	438	508
286	354	337	389	388	439	439	512
287	354	338	390	389	439	440	519
288	354	339	390	390	440	441	520
289	355	340	391	391	441	442	522
290	356	341	392	392	444	443	523
291	357	342	394	393	444	444	523
292	357	343	394	394	445	445	523
293	357	344	394	395	445	446	525
294	358	345	395	396	446	447	526
295	358	346	396	397	448	448	529
296	358	347	396	398	453	449	531
297	359	348	398	399	453	450	534
298	360	349	398	400	454	451	537
299	360	350	398	401	454	452	539
300	362	351	398	402	454	453	539
301	362	352	399	403	456	454	546
302	363	353	399	404	459	455	548
303	364	354	400	405	460	456	551
304	364	355	401	406	461	457	554
305	364	356	404	407	461	458	558
306	365	357	405	408	461	459	563
307	365	358	406	409	462	460	563
308	365	359	408	410	463	461	563
309	366	360	409	411	463	462	564
310	367	361	410	412	463	463	573
311	368	362	410	413	463	464	575

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
465	577	483	637	501	749	519	1020
466	577	484	640	502	764	520	1026
467	584	485	645	503	765	521	1027
468	590	486	652	504	778	522	1055
469	598	487	653	505	791	523	1070
470	599	488	655	506	803	524	1073
471	605	489	665	507	804	525	1162
472	616	490	666	508	808	526	1250
473	618	491	669	509	819	527	1286
474	619	492	670	510	834	528	1346
475	621	493	674	511	843	529	1407
476	622	494	679	512	877	530	1494
477	623	495	687	513	885	531	1519
478	626	496	700	514	898	532	1543
479	627	497	720	515	906	533	1899
480	631	498	733	516	932		
481	634	499	734	517	939		
482	635	500	745	518	972		

16 mois

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
1	105	30	206	59	259	88	297
2	120	31	207	60	260	89	299
3	123	32	208	61	261	90	300
4	128	33	209	62	263	91	301
5	131	34	212	63	264	92	301
6	135	35	214	64	264	93	302
7	141	36	214	65	265	94	303
8	142	37	219	66	266	95	303
9	149	38	221	67	267	96	303
10	149	39	222	68	267	97	304
11	155	40	222	69	269	98	305
12	157	41	224	70	270	99	305
13	158	42	226	71	271	100	307
14	158	43	230	72	276	101	310
15	163	44	235	73	277	102	311
16	170	45	239	74	278	103	312
17	173	46	241	75	278	104	312
18	174	47	242	76	279	105	313
19	179	48	242	77	281	106	313
20	179	49	243	78	282	107	315
21	180	50	248	79	282	108	316
22	183	51	249	80	284	109	316
23	189	52	250	81	286	110	318
24	193	53	254	82	289	111	318
25	194	54	256	83	291	112	319
26	201	55	257	84	293	113	320
27	202	56	257	85	294	114	324
28	204	57	258	86	296	115	326
29	206	58	258	87	296	116	328

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
117	329	168	392	219	473	270	543
118	329	169	392	220	474	271	544
119	330	170	393	221	482	272	545
120	330	171	393	222	482	273	546
121	333	172	393	223	483	274	553
122	334	173	395	224	485	275	557
123	335	174	397	225	485	276	564
124	336	175	399	226	486	277	565
125	337	176	403	227	486	278	566
126	338	177	407	228	488	279	570
127	338	178	408	229	489	280	572
128	342	179	411	230	491	281	572
129	344	180	411	231	492	282	573
130	345	181	416	232	494	283	573
131	346	182	417	233	494	284	576
132	349	183	418	234	494	285	578
133	350	184	418	235	494	286	581
134	350	185	420	236	495	287	581
135	351	186	421	237	496	288	582
136	352	187	422	238	497	289	584
137	355	188	422	239	497	290	585
138	356	189	422	240	499	291	586
139	356	190	423	241	500	292	587
140	356	191	423	242	501	293	588
141	357	192	425	243	501	294	589
142	357	193	426	244	504	295	591
143	359	194	427	245	505	296	592
144	360	195	427	246	506	297	593
145	360	196	428	247	506	298	594
146	361	197	428	248	509	299	598
147	362	198	429	249	512	300	598
148	365	199	429	250	513	301	598
149	366	200	431	251	514	302	601
150	369	201	436	252	515	303	602
151	373	202	437	253	517	304	604
152	373	203	438	254	519	305	604
153	374	204	439	255	520	306	604
154	378	205	440	256	520	307	606
155	380	206	441	257	521	308	612
156	380	207	442	258	521	309	615
157	380	208	443	259	522	310	616
158	383	209	449	260	522	311	616
159	384	210	452	261	522	312	617
160	384	211	453	262	523	313	620
161	384	212	459	263	523	314	622
162	385	213	459	264	537	315	623
163	385	214	463	265	538	316	623
164	387	215	467	266	538	317	625
165	389	216	467	267	541	318	626
166	391	217	467	268	542	319	626
167	391	218	469	269	542	320	633

Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms	Nbre de CV	Durée en ms
321	633	341	712	361	781	381	950
322	634	342	713	362	791	382	977
323	638	343	714	363	793	383	980
324	642	344	723	364	798	384	983
325	643	345	727	365	801	385	993
326	644	346	729	366	802	386	1001
327	657	347	733	367	806	387	1052
328	663	348	742	368	814	388	1059
329	663	349	747	369	817	389	1128
330	669	350	749	370	824	390	1132
331	671	351	749	371	831	391	1153
332	676	352	753	372	839	392	1164
333	678	353	754	373	843	393	1259
334	689	354	758	374	875	394	1326
335	695	355	759	375	880	395	1376
336	697	356	760	376	897	396	1637
337	701	357	765	377	904	397	1896
338	704	358	769	378	910		
339	704	359	771	379	920		
340	705	360	775	380	947		

Total des productions CVCV par rapport aux autres types de syllabes pour le sujet C

	CVCV	CVCVCV...	CV	AUTRES	TOTAL
7 mois	4	1	12	105	122
	3%	1%	10%	86%	100%
8 mois	22	18	102	231	373
	6%	5%	27%	62%	100%
9 mois	25	24	40	107	196
	13%	12%	20%	55%	100%
10 mois	18	11	56	94	179
	10%	6%	31%	53%	100%
11 mois	179	30	110	251	567
	32%	5%	19%	44%	100%
12 mois	102	16	36	110	264
	39%	6%	14%	42%	100%
13 mois	232	48	241	337	858
	27%	6%	28%	39%	100%
14 mois	99	27	148	350	624
	16%	4%	24%	56%	100%
15 mois	128	78	206	463	875
	15%	9%	24%	53%	100%
16 mois	116	46	125	248	535
	33%	13%	35%	70%	100%

Total des durées S1 et S2 en millisecondes par mois pour le sujet C

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms			
7mois	0,29959494	0,25403936			
7mois	0,58891635	0,41053634			
7mois	0,27116499	0,61251386			
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
8 mois	0,37357056	0,83055979	8 mois	0,65991706	0,38051943
8 mois	0,52044123	0,81210239	8 mois	0,29717866	0,46814483
8 mois	0,35713032	0,48153354	8 mois	0,83291711	0,27954852
8 mois	0,34162289	0,3722905	8 mois	0,54194187	0,50339859
8 mois	0,31145576	0,30673674	8 mois	0,50501707	0,28056504
8 mois	0,31790608	0,43712086	8 mois	0,33521054	0,20230768
8 mois	0,71541443	0,27787111	8 mois	0,36669754	0,23368579
8 mois	0,21757083	0,61295337	8 mois	0,64010499	0,35790817
8 mois	0,43267933	0,3069637	8 mois	0,37477054	0,79595229
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
9 mois	0,49708328	0,6442021	9 mois	0,34222042	0,21999884
9 mois	0,22470707	0,38776166	9 mois	0,48722406	0,51242531
9 mois	0,30566109	0,28933938	9 mois	0,37902915	0,38104526
9 mois	0,30468125	0,61373069	9 mois	0,35921817	0,29674545
9 mois	0,22137249	0,2660942	9 mois	0,49005909	0,36731869
9 mois	0,51761221	0,64763442	9 mois	0,59097664	0,77951878
9 mois	0,68738928	0,4527332	9 mois	1,09858502	0,38914892
9 mois	0,34232984	0,28960659	9 mois	0,40039948	0,85637041
9 mois	0,14813518	0,43166272	9 mois	0,45875474	0,44725713
9 mois	0,70190022	0,49220389			
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
10 mois	0,44002498	0,94829873	10 mois	0,69509364	0,35791104
10 mois	0,4331706	0,62548341	10 mois	0,2341927	0,24914117
10 mois	0,26701961	0,34512739	10 mois	0,31481455	0,2541622
10 mois	0,2341927	0,24914117	10 mois	0,22705038	0,26811269
10 mois	0,31481455	0,2541622	10 mois	0,39089081	0,34467061
10 mois	0,22705038	0,26811269	10 mois	0,52507601	0,39337377
10 mois	0,39089081	0,34467061	10 mois	0,29553555	0,26358576
10 mois	0,52507601	0,39337377	10 mois	0,69509364	0,35791104
10 mois	0,29553555	0,26358576	10 mois	0,60996263	0,7323204
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
11 mois	0,20468944	0,44371389	11 mois	0,18689987	0,49388515
11 mois	0,35271671	0,39269127	11 mois	0,20145998	0,58329693
11 mois	0,26710493	0,37527138	11 mois	0,67123527	0,64795544
11 mois	0,25485182	0,30946292	11 mois	0,30988416	0,29363555
11 mois	0,33636413	0,27359761	11 mois	0,2325051	0,29541824
11 mois	0,250803	0,46142882	11 mois	0,24637382	0,52656366
11 mois	0,7527378	0,61279218	11 mois	0,15501406	0,53447557
11 mois	0,22320774	0,60907217	11 mois	0,24631695	0,53708206
11 mois	0,3685352	0,33849784	11 mois	0,32930624	0,40787168
11 mois	0,33005984	0,29761328	11 mois	0,2375759	0,32603501

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
11 mois	1,02136948	0,36144354	11 mois	0,26894813	0,24601457
11 mois	0,17867471	0,24254717	11 mois	0,43066531	0,28943498
11 mois	0,20069661	0,30152969	11 mois	0,27487032	0,33962342
11 mois	0,24314258	0,17147951	11 mois	0,19390533	0,25983315
11 mois	0,1610944	0,24406148	11 mois	0,25889812	0,27811321
11 mois	0,16443317	0,21283774	11 mois	0,26395472	0,32160001
11 mois	0,22980707	0,18661638	11 mois	0,26452563	0,26030556
11 mois	0,22008136	0,44102919	11 mois	0,24171804	0,37858122
11 mois	0,27998366	0,28963827	11 mois	0,2912703	0,2922923
11 mois	0,15901578	0,29186441	11 mois	0,22262961	0,32080789
11 mois	0,33578737	0,25220711	11 mois	0,19512973	0,29012711
11 mois	0,19284779	0,26164755	11 mois	0,21940667	0,31763476
11 mois	0,26217809	0,22324862	11 mois	0,29718612	0,31278189
11 mois	0,30908257	0,23390032	11 mois	0,26299249	0,32213434
11 mois	0,25278031	0,34873365	11 mois	0,35115618	0,60856478
11 mois	0,22002626	0,24355849	11 mois	0,32923604	0,86050327
11 mois	0,16950131	0,26752616	11 mois	0,71003303	0,68108684
11 mois	0,13501256	0,29624116	11 mois	0,50084173	0,60495937
11 mois	0,14573092	0,24073782	11 mois	0,24194563	0,24440193
11 mois	0,15215607	0,25173789	11 mois	0,25534106	0,27122895
11 mois	0,28046177	0,26480147	11 mois	0,54234715	0,2321486
11 mois	0,12546815	0,20933723	11 mois	0,33946068	0,33601438
11 mois	0,16946931	0,49161369	11 mois	0,27194014	0,24550151
11 mois	0,15249732	0,29690767	11 mois	0,2889025	0,33223788
11 mois	0,2277791	0,35404795	11 mois	0,23168624	0,36683655
11 mois	0,18328472	0,27672399	11 mois	0,30323953	0,22280276
11 mois	0,13795142	0,52750743	11 mois	0,23543115	0,2667546
11 mois	0,16133257	0,37678303	11 mois	0,22573362	0,27127067
11 mois	0,17654498	0,39008033	11 mois	0,2102135	0,30593572
11 mois	0,20531952	0,61183152	11 mois	0,34196369	0,335032
11 mois	0,27444719	0,36627351	11 mois	0,21569852	0,23042915
11 mois	0,21022325	0,19186314	11 mois	0,21113075	0,31396128
11 mois	0,19782529	0,23834372	11 mois	0,22842497	0,32487107
11 mois	0,18856463	0,22902295	11 mois	0,25259402	0,32391468
11 mois	0,21767155	0,22649607	11 mois	0,14209978	0,35813765
11 mois	0,20119911	0,21943646	11 mois	0,21613762	0,36939885
11 mois	0,22186168	0,31166284	11 mois	0,26876137	0,57790657
11 mois	0,15152566	0,3810825	11 mois	0,17928344	0,28766843
11 mois	0,18893437	0,21602961	11 mois	0,18654409	0,32890668
11 mois	0,13946723	0,31402056	11 mois	0,22006917	0,46563416
11 mois	0,23329771	0,3270334	11 mois	0,39798602	0,36599357
11 mois	0,23025142	0,29096448	11 mois	0,20670392	0,31914177
11 mois	0,20059481	0,31092195	11 mois	0,18951981	0,28371229
11 mois	0,2522053	0,27671107	11 mois	0,16156052	0,54585496
11 mois	0,15973693	0,39176357	11 mois	0,15575811	0,35641946
11 mois	0,20601442	0,40410521	11 mois	0,23032223	0,32216852
11 mois	0,18086976	0,29466699	11 mois	0,23682027	0,32277725
11 mois	0,25193652	0,29392594	11 mois	0,22898385	0,39608018
11 mois	0,20468757	0,2449648	11 mois	0,17697106	0,25361207
11 mois	0,20600813	0,25288819	11 mois	0,19206442	0,32925329
11 mois	0,47272082	0,42235831	11 mois	0,19167948	0,39821784

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
11 mois	0,2359461	0,36571645	11 mois	0,1818467	0,3200502
11 mois	0,25317281	0,25145054	11 mois	0,19723343	0,34820222
11 mois	0,26430512	0,5624955	11 mois	0,14743979	0,41251771
11 mois	0,53814098	1,11451055	11 mois	0,26288069	0,31627833
11 mois	0,34835815	0,44282816	11 mois	0,2487089	0,37847006
11 mois	0,1676704	0,31307207	11 mois	0,30624702	0,31231131
11 mois	0,2710621	0,35830047	11 mois	0,26440051	0,34782099
11 mois	0,16880307	0,3324909	11 mois	0,26834516	0,37901859
11 mois	0,27782501	0,39165609	11 mois	0,25239726	0,35943484
11 mois	0,20317629	0,33608108	11 mois	0,30157406	0,29280737
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
12 mois	0,22519127	0,28792312	12 mois	0,31641239	0,23265617
12 mois	0,1593597	0,36552435	12 mois	0,16763153	0,33526305
12 mois	0,44094388	0,32627762	12 mois	0,2809932	0,27413971
12 mois	0,22996792	0,27094402	12 mois	0,17914347	0,33953938
12 mois	0,29646866	0,40435518	12 mois	0,16794256	0,34504563
12 mois	0,12357526	0,14366385	12 mois	0,22412485	0,36622463
12 mois	0,14332615	0,26873654	12 mois	0,18800894	0,30496798
12 mois	0,21786589	0,38097404	12 mois	0,27166385	0,25657141
12 mois	0,24476353	0,27804279	12 mois	0,31590318	0,38275406
12 mois	0,2419873	0,1880587	12 mois	0,19718455	0,36860629
12 mois	0,2199374	0,27148522	12 mois	0,30623791	0,27123929
12 mois	0,15163086	0,33878667	12 mois	0,32973541	0,52208106
12 mois	0,1325687	0,47482121	12 mois	0,26592486	0,30014357
12 mois	0,19911298	0,4594915	12 mois	0,29615608	0,23483742
12 mois	0,18109057	0,49219488	12 mois	0,28677359	0,27885167
12 mois	0,14124665	0,40961527	12 mois	0,24720525	0,33808954
12 mois	0,1572793	0,48569153	12 mois	0,22714708	0,44135541
12 mois	0,15566813	0,53299414	12 mois	0,16595912	0,25130952
12 mois	0,19951022	0,4762502	12 mois	0,22435435	0,34622584
12 mois	0,23724264	0,440903	12 mois	0,19004589	0,36909739
12 mois	0,20685515	0,56019571	12 mois	0,24549935	0,41106867
12 mois	0,24225391	0,24893677	12 mois	0,12971775	0,40614011
12 mois	0,17737589	0,30646097	12 mois	0,27387038	0,51755031
12 mois	0,19129705	0,40431341	12 mois	0,2892052	0,44695349
12 mois	0,2059176	0,30986638	12 mois	0,30962221	0,45278086
12 mois	0,19949067	0,31137892	12 mois	0,11009982	0,35938243
12 mois	0,32338586	0,36084368	12 mois	0,24635918	0,39164792
12 mois	0,30499464	0,25473985	12 mois	0,34587962	0,33328135
12 mois	0,17813394	0,34389746	12 mois	0,17303496	0,3995859
12 mois	0,19306552	0,37279197	12 mois	0,23714865	0,50219715
12 mois	0,18131007	0,3162702	12 mois	0,28505393	0,48569868
12 mois	0,30039306	0,41855716	12 mois	0,23850604	0,327094
12 mois	0,25660607	0,2302123	12 mois	0,20642512	0,35868195
12 mois	0,17644722	0,24609744	12 mois	0,27328913	0,28428352
12 mois	0,24399305	0,34365218	12 mois	0,23723808	0,50315328
12 mois	0,1521063	0,30974375	12 mois	0,29728189	0,41558795
12 mois	0,2177708	0,26224918	12 mois	0,22286856	0,35287521
12 mois	0,3097473	0,32739113	12 mois	0,28368737	0,24431851
12 mois	0,23115075	0,24315858	12 mois	0,28141512	0,37048688

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
12 mois	0,24091816	0,42493605	12 mois	0,19467981	0,31222234
12 mois	0,19303696	0,39554812	12 mois	0,25164084	0,28451854
12 mois	0,19656571	0,28753827	12 mois	0,20779398	0,36553539
12 mois	0,20032375	0,41076486	12 mois	0,19285697	0,45419213
12 mois	0,24187658	0,45391125	12 mois	0,15470448	0,37927551
12 mois	0,25574396	0,37742859	12 mois	0,20766328	0,4582322
12 mois	0,21592455	0,42055893			
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
13 mois	0,2626616	0,51656781	13 mois	0,42337289	0,41208295
13 mois	0,17170165	0,52575312	13 mois	0,36637662	0,80943673
13 mois	0,27935611	0,51426919	13 mois	0,45497932	0,7196631
13 mois	0,19475777	0,543437	13 mois	0,40725156	0,51422547
13 mois	0,20593559	0,49018472	13 mois	0,33617952	1,19508904
13 mois	0,21609996	0,4234686	13 mois	0,18477025	0,98324168
13 mois	0,48699531	1,22819147	13 mois	0,35634262	0,74403019
13 mois	0,27975507	0,6660835	13 mois	0,26696851	0,70606145
13 mois	0,3094961	0,38988469	13 mois	0,25600799	0,81671261
13 mois	0,23772646	0,32068309	13 mois	0,19551406	0,42121779
13 mois	0,33426156	0,54179759	13 mois	0,45584874	0,2209196
13 mois	0,3505072	0,46386272	13 mois	0,20259944	0,33407355
13 mois	0,20935425	0,31037134	13 mois	0,27251579	0,46397559
13 mois	0,0945056	0,43708841	13 mois	0,27709132	0,29317251
13 mois	0,72166462	0,45289217	13 mois	0,81262639	0,61744592
13 mois	0,24586699	0,3208477	13 mois	0,337443	0,52198214
13 mois	0,37260433	0,29527136	13 mois	0,39036094	0,52923936
13 mois	0,34257969	0,40406835	13 mois	0,31538704	0,46711378
13 mois	0,27402374	0,29323573	13 mois	0,32770775	0,58787267
13 mois	0,2019058	0,38198395	13 mois	0,25900829	0,41243359
13 mois	0,26937516	0,4554889	13 mois	0,40272662	0,31268612
13 mois	0,29795221	0,29304091	13 mois	0,47484875	0,69764508
13 mois	0,16988032	0,4899227	13 mois	0,62044588	0,61790307
13 mois	0,22435477	0,28579633	13 mois	0,2956528	0,76025005
13 mois	0,19006588	0,30331757	13 mois	0,31867681	0,36060797
13 mois	0,17206797	0,41562897	13 mois	0,54354935	0,77337223
13 mois	0,51963377	0,70970116	13 mois	0,63822378	1,29666279
13 mois	0,45387712	0,38732622	13 mois	0,50520312	1,05136866
13 mois	0,44471473	0,8932632	13 mois	0,30873142	0,85969826
13 mois	0,28057208	0,35960647	13 mois	0,27863155	0,38289368
13 mois	0,49939065	0,87702904	13 mois	0,25871325	0,41681579
13 mois	0,32632286	0,59368823	13 mois	0,16754809	0,47335264
13 mois	0,35414977	0,61685923	13 mois	0,32507855	0,88156896
13 mois	0,27878171	0,31883204	13 mois	0,2703313	1,11846998
13 mois	0,38279083	0,76928012	13 mois	0,24434029	0,65317111
13 mois	0,23192551	0,38299625	13 mois	0,21996576	0,63752789
13 mois	0,24367299	0,52043738	13 mois	0,18526063	0,40052827
13 mois	0,15939054	0,38886771	13 mois	0,11555345	0,38647288
13 mois	0,5707642	0,67326059	13 mois	0,42273832	0,89692098
13 mois	0,58717789	0,97790221	13 mois	0,59383465	1,30398742
13 mois	0,41121055	1,25197974	13 mois	0,21976628	1,0051326
13 mois	0,43436814	0,48574502	13 mois	0,17324018	0,45143608

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
13 mois	0,28597338	0,38187908	13 mois	0,16904652	0,5310546
13 mois	0,61563999	0,86435855	13 mois	0,2317409	0,37437474
13 mois	0,42399711	0,74077656	13 mois	0,20014084	0,61500601
13 mois	0,32290146	0,85911357	13 mois	0,25429848	0,4498942
13 mois	0,30404705	0,89105119	13 mois	0,15311359	0,43535656
13 mois	0,42147035	0,88654108	13 mois	0,18199264	0,29897444
13 mois	0,35769028	1,02165285	13 mois	0,20120805	0,30496245
13 mois	0,30263578	0,94600136	13 mois	0,18621381	0,21984348
13 mois	0,34337808	0,48021295	13 mois	0,29967036	0,46006657
13 mois	0,81156026	1,10025758	13 mois	0,1713446	0,64693229
13 mois	0,38401834	1,26278425	13 mois	0,17894331	0,38055897
13 mois	0,39035703	0,57793119	13 mois	0,27097585	0,69135128
13 mois	0,2411291	2,03576211	13 mois	0,20914808	0,89788052
13 mois	0,36730893	0,35453297	13 mois	0,15736893	0,44063691
13 mois	0,62507064	1,14165794	13 mois	0,17586577	0,51102612
13 mois	0,41988253	1,19172541	13 mois	0,43046466	0,54207387
13 mois	0,16083268	0,74791263	13 mois	0,42631505	0,48532839
13 mois	0,23163284	0,6316271	13 mois	0,14352868	0,25965353
13 mois	0,20676121	0,72610864	13 mois	0,15437836	0,77404631
13 mois	0,43341345	0,86272376	13 mois	0,2416202	0,67688889
13 mois	0,19842348	0,33168746	13 mois	0,54431754	0,475919
13 mois	0,23582433	0,3708395	13 mois	0,16852243	0,56517108
13 mois	0,29878277	1,0901776	13 mois	0,15234269	0,27872866
13 mois	0,36122817	1,36577644	13 mois	0,49738963	0,52925259
13 mois	0,56832983	1,06738897	13 mois	0,17721834	0,3559481
13 mois	0,23876284	1,10055501	13 mois	0,22352433	1,43837311
13 mois	0,21105531	0,21032581	13 mois	0,71587209	0,63707934
13 mois	0,32783591	0,70110611	13 mois	0,25216956	1,20368596
13 mois	0,57842441	0,71160947	13 mois	0,29192337	0,32593433
13 mois	0,4305941	1,01130057	13 mois	0,1872956	0,46717082
13 mois	0,71076544	0,59655787	13 mois	0,24630438	0,63719763
13 mois	0,21278897	0,92249237	13 mois	0,08698697	0,30835955
13 mois	0,21757142	0,30382579	13 mois	0,18659837	1,00136097
13 mois	0,38134868	0,38936797	13 mois	0,17947199	0,48163289
13 mois	0,15396383	0,64518378	13 mois	0,17385634	0,44675468
13 mois	0,2879749	0,59630432	13 mois	0,28417567	0,81046632
13 mois	0,25597637	0,83695003	13 mois	0,19411846	0,97906246
13 mois	0,24736671	1,17016388	13 mois	0,15006214	1,29799251
13 mois	0,17237881	0,54892193	13 mois	0,34969851	0,34639756
13 mois	0,23626076	0,91739076	13 mois	0,73650357	0,1985149
13 mois	0,16546124	1,17889231	13 mois	0,62126083	0,48162219
13 mois	0,23988222	0,90484218	13 mois	0,38356888	0,59386642
13 mois	0,26391589	0,68203271	13 mois	0,13175754	0,29523345
13 mois	0,74838836	0,25346095	13 mois	0,08914231	0,42556435
13 mois	0,64745999	0,48837811	13 mois	0,23381895	0,54786098
13 mois	0,2321636	0,34482387	13 mois	0,21681891	0,42617174
13 mois	0,22096598	0,5969929	13 mois	0,16490277	0,94837281
13 mois	0,24048615	0,85717945	13 mois	0,49261699	0,53293795
13 mois	0,16212882	0,68277145	13 mois	0,54624813	0,41039262
13 mois	0,49154928	0,517756	13 mois	0,40102373	0,56180576
13 mois	0,16991269	0,94252859	13 mois	0,18284575	1,23601001

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
13 mois	0,14740231	1,66912504	13 mois	0,59305457	0,39840169
13 mois	0,21243966	1,53771126	13 mois	0,62347297	0,32399579
13 mois	0,22023327	1,56163774	13 mois	0,62394832	0,35001979
13 mois	0,60404722	0,33033824	13 mois	0,63752934	0,49016075
13 mois	0,47898232	0,55569275	13 mois	0,53508136	0,57597575
13 mois	0,74068078	0,71374693	13 mois	0,28958559	0,40234458
13 mois	0,67473663	0,32223969	13 mois	0,30650821	0,87686627
13 mois	0,57852263	0,43225465	13 mois	0,6456291	1,13964218
13 mois	0,45962574	0,41514568	13 mois	0,78235244	0,71973457
13 mois	0,54027418	0,64423583	13 mois	0,79449644	0,66181022
13 mois	0,49484763	0,41651748	13 mois	0,7259749	0,65900914
13 mois	0,19962278	0,55950609	13 mois	0,6962837	0,86270962
13 mois	0,58003855	0,49008789	13 mois	0,2603144	0,83086889
13 mois	0,69170903	0,35135957	13 mois	0,32286941	0,53585334
13 mois	0,54414276	0,46380971	13 mois	0,18622281	0,60940468
13 mois	0,56591794	0,52274164			
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
14 mois	0,29994164	0,28346002	14 mois	0,09866215	0,44872986
14 mois	0,27286853	2,13854522	14 mois	0,18093757	0,53507311
14 mois	0,41341707	1,44787334	14 mois	0,18111098	0,90575401
14 mois	0,09866215	0,44872986	14 mois	0,30940738	0,39736062
14 mois	0,18093757	0,53507311	14 mois	0,31538204	0,4125617
14 mois	0,18111098	0,90575401	14 mois	0,19888362	0,95436932
14 mois	0,30940738	0,39736062	14 mois	0,19661925	1,12039784
14 mois	0,31538204	0,4125617	14 mois	0,09843991	0,91045351
14 mois	0,19888362	0,95436932	14 mois	0,08112474	0,76168681
14 mois	0,19661925	1,12039784	14 mois	0,0904972	0,42988573
14 mois	0,09843991	0,91045351	14 mois	0,29799669	0,28251635
14 mois	0,08112474	0,76168681	14 mois	0,14022409	0,19010215
14 mois	0,0904972	0,42988573	14 mois	0,17576863	0,25818029
14 mois	0,29799669	0,28251635	14 mois	0,11028877	0,90772455
14 mois	0,14022409	0,19010215	14 mois	0,15465443	0,78020479
14 mois	0,17576863	0,25818029	14 mois	0,24264228	0,68617962
14 mois	0,11028877	0,90772455	14 mois	0,11190264	0,26724117
14 mois	0,15465443	0,78020479	14 mois	0,13850715	0,24561696
14 mois	0,24264228	0,68617962	14 mois	0,49161688	0,79350106
14 mois	0,11190264	0,26724117	14 mois	0,47919046	0,78085563
14 mois	0,13850715	0,24561696	14 mois	0,15055885	0,24150619
14 mois	0,49161688	0,79350106	14 mois	0,13012159	0,36230497
14 mois	0,47919046	0,78085563	14 mois	0,22390759	0,28757716
14 mois	0,15055885	0,24150619	14 mois	0,13240567	0,30594809
14 mois	0,13012159	0,36230497	14 mois	0,50870419	0,28353939
14 mois	0,22390759	0,28757716	14 mois	0,09208069	0,28404327
14 mois	0,13240567	0,30594809	14 mois	0,1297948	0,32665025
14 mois	0,50870419	0,28353939	14 mois	0,17803234	0,27872141
14 mois	0,09208069	0,28404327	14 mois	0,15245319	0,28227566
14 mois	0,48296667	0,27141137	14 mois	0,19808092	0,64212266
14 mois	0,29994164	0,28346002	14 mois	0,09598402	0,27467125
14 mois	0,27286853	2,13854522	14 mois	0,14129616	0,28311861
14 mois	0,41341707	1,44787334	14 mois	0,09950935	0,34828272

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
14 mois	0,15142727	0,28987506	14 mois	0,66899817	0,57345717
14 mois	0,31367077	0,31367077	14 mois	0,25260519	0,23179621
14 mois	0,11032558	0,27905882	14 mois	0,19142414	1,34640632
14 mois	0,14115108	0,20578226	14 mois	0,16782614	0,76480257
14 mois	0,14926402	0,26824259	14 mois	0,10453297	0,36556199
14 mois	0,25307473	0,4145029	14 mois	0,16740182	0,46896378
14 mois	0,32016051	0,58623985	14 mois	0,21534764	0,62299738
14 mois	0,38289466	0,77660556	14 mois	0,22121593	0,36354779
14 mois	0,21416142	0,28122207	14 mois	0,52648654	0,48466498
14 mois	0,24012038	0,24228363	14 mois	0,1665118	0,36411619
14 mois	0,22065116	0,2314674	14 mois	0,2459033	0,44386876
14 mois	0,16873324	0,35260921	14 mois	0,16199097	0,25351291
14 mois	0,1946922	0,28338532	14 mois	0,14342495	1,02007469
14 mois	0,09085636	0,43697583	14 mois	0,16100285	0,62692107
14 mois	0,56244414	0,57542362	14 mois	0,7780715	0,43408815
14 mois	0,13195805	0,31367077	14 mois	0,17685348	0,3557517
14 mois	0,24661012	0,32232376	14 mois	0,21136883	0,34499008
14 mois	0,29852804	0,51485271	14 mois	0,15257968	0,26009603
14 mois	0,12114181	0,51701596	14 mois	0,18637915	0,17338909
14 mois	0,32665025	0,47158778	14 mois	0,33463804	0,40934793
14 mois	0,24228363	0,7225244	14 mois	0,08697315	0,24096243
14 mois	0,35044596	0,51917921	14 mois	0,42350421	0,39417059
14 mois	0,12330506	0,5884031	14 mois	0,22721684	0,43775794
14 mois	0,15359052	0,39587415	14 mois	0,14349792	0,53675173
14 mois	0,17954948	0,34395622	14 mois	0,14850113	0,25100724
14 mois	0,29852804	0,50187323			
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
15 mois	0,25307137	0,33478051	15 mois	0,23912159	0,34379378
15 mois	0,69959917	0,8977615	15 mois	0,16125113	0,25156607
15 mois	0,63447741	0,80809064	15 mois	0,19281131	0,32028351
15 mois	0,65264588	0,44629461	15 mois	0,10709624	0,45428028
15 mois	0,41855501	0,66623925	15 mois	0,17033782	0,38669823
15 mois	0,50176922	0,74543413	15 mois	0,15478167	0,26562109
15 mois	0,35382601	0,56260533	15 mois	0,20141066	0,3027819
15 mois	0,51864227	0,60508265	15 mois	0,24912203	0,63122637
15 mois	0,14530293	0,49865324	15 mois	0,21162206	0,39916375
15 mois	0,17551665	0,33246011	15 mois	0,2112217	0,34996001
15 mois	0,33749753	0,31295225	15 mois	0,14821808	0,36160009
15 mois	0,16347825	0,35828983	15 mois	0,19054703	0,46084715
15 mois	0,23368801	0,27950918	15 mois	0,20438961	0,33927466
15 mois	0,29844768	0,44370983	15 mois	0,1527896	0,35415796
15 mois	0,2915427	0,27157403	15 mois	0,17026476	0,28109431
15 mois	0,1572974	0,31197317	15 mois	0,19915961	0,36513065
15 mois	0,18660116	0,33838866	15 mois	0,14376322	0,35918739
15 mois	0,15827482	0,30375976	15 mois	0,22764333	0,26297442
15 mois	0,14967568	0,25911595	15 mois	0,156199	0,50571861
15 mois	0,39983672	0,26821555	15 mois	0,16286138	0,79101295
15 mois	0,14290685	0,33399894	15 mois	0,31319866	0,52523131
15 mois	0,15738482	0,26527056	15 mois	0,35820113	1,05535681
15 mois	0,20765367	0,49281667	15 mois	0,36308821	1,07006918

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
15 mois	0,14431132	1,073393	15 mois	0,14651196	0,38848764
15 mois	0,20373216	0,52312409	15 mois	0,24316894	1,89914842
15 mois	0,61771319	0,90620058	15 mois	0,36937001	1,2860965
15 mois	0,1752138	0,43472485	15 mois	0,28380112	1,24968831
15 mois	0,18906992	0,52327099	15 mois	0,23362729	1,49375363
15 mois	0,32344865	1,54331211	15 mois	0,20866433	1,51914983
15 mois	0,27361718	0,5541178	15 mois	0,25782078	0,46061565
15 mois	0,19205304	0,43921696	15 mois	0,14987665	0,27401346
15 mois	0,46422943	0,36235787	15 mois	0,26737105	0,19892406
15 mois	0,31337598	0,47984708	15 mois	0,10962342	0,2610146
15 mois	0,39587138	0,65211366	15 mois	0,26299341	0,9718315
15 mois	0,23488774	0,52216449	15 mois	0,57699973	0,45922871
15 mois	0,28014563	0,37732977	15 mois	0,57704353	0,62081926
15 mois	0,57504073	0,56311042	15 mois	0,72016117	0,50100762
15 mois	0,14200393	0,46570782	15 mois	0,46239404	0,23750649
15 mois	0,23930268	0,84336768	15 mois	0,61582066	0,5510743
15 mois	0,30893624	0,42238342	15 mois	0,74881712	0,45399339
15 mois	0,4727417	1,02710498	15 mois	0,1155069	0,24087776
15 mois	0,31747119	0,3811259	15 mois	0,31951108	0,4385228
15 mois	0,16338561	1,16238266	15 mois	0,3541289	0,46335753
15 mois	0,17608469	0,45330466			
Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
16 mois	0,21893763	0,43871104	16 mois	1,16441837	0,49440059
16 mois	0,19404804	0,42215433	16 mois	0,9771186	0,49119068
16 mois	0,14112027	0,51270135	16 mois	0,94650271	0,69505987
16 mois	0,34600706	0,3734485	16 mois	0,82403652	0,61744708
16 mois	0,31176178	0,3150206	16 mois	0,66348332	0,49408333
16 mois	0,24120555	1,13186236	16 mois	0,63337932	0,52200118
16 mois	0,72306925	0,54631899	16 mois	0,24167182	0,26284015
16 mois	0,59310439	0,2823511	16 mois	0,35113042	0,74863655
16 mois	1,25906624	0,6036619	16 mois	0,51535564	0,79774229
16 mois	0,87495872	0,46651117	16 mois	0,31840925	0,2541
16 mois	0,13490998	0,31344686	16 mois	0,12024183	0,39309828
16 mois	0,14243006	0,45898424	16 mois	0,22208089	0,54356942
16 mois	0,25757878	1,12803075	16 mois	0,29946706	0,39535553
16 mois	0,75300531	0,54129614	16 mois	0,17022647	0,4289707
16 mois	0,60112916	0,80099307	16 mois	0,17913014	0,45265222
16 mois	0,77110502	0,28626307	16 mois	0,39143557	0,42495298
16 mois	0,80560176	0,39247265	16 mois	0,27656669	0,31038271
16 mois	0,75400861	0,55739371	16 mois	0,26933373	0,24305727
16 mois	0,48503213	0,49708262	16 mois	0,30118399	0,29441581
16 mois	0,64206705	0,51998388	16 mois	0,20249885	0,37799785
16 mois	0,62550296	0,75818541	16 mois	0,3026432	0,42742973
16 mois	0,71235712	0,8801806	16 mois	0,42860634	0,3158152
16 mois	0,73320286	0,61973099	16 mois	0,3797992	0,27004734
16 mois	0,59175004	0,81729411	16 mois	0,38866022	0,38438923
16 mois	0,81386115	0,67102021	16 mois	0,49566962	0,61221099
16 mois	0,64282065	0,52001765	16 mois	0,32996208	0,26456419
16 mois	0,70133128	0,49182342	16 mois	0,25787511	0,62451386
16 mois	1,05867978	0,78118442	16 mois	0,28208805	0,39271082

Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms	Age en mois	Durée S1 en ms	Durée S2 en ms
16 mois	0,66288347	0,4971626	16 mois	0,30013214	0,59839656
16 mois	0,58237803	0,53808449	16 mois	0,71407138	0,59122039
16 mois	0,27072718	0,41793509	16 mois	0,57838075	0,30507996
16 mois	0,50403298	0,72688435	16 mois	0,47408716	0,44107273
16 mois	0,71330356	0,45241939	16 mois	0,24237299	0,37257335
16 mois	0,62635254	0,46658315	16 mois	0,51360938	0,29636468
16 mois	0,61516407	0,54279182	16 mois	0,22577602	0,4936221
16 mois	0,53689544	0,62304843	16 mois	0,30329282	0,36642725
16 mois	0,21374508	0,40764241	16 mois	0,26639309	0,39881071
16 mois	0,15485232	0,34191393	16 mois	0,62335502	0,20819084
16 mois	0,22195648	0,41815015	16 mois	0,40675728	0,74850769
16 mois	0,28856475	0,949534	16 mois	0,18007748	0,39701292
16 mois	0,99291575	1,15256961	16 mois	0,25647455	0,30073343
16 mois	1,37596486	0,58485034	16 mois	0,22101181	0,30434413
16 mois	1,89559504	0,39103122	16 mois	0,20071882	0,38418128
16 mois	0,83930581	0,64425586	16 mois	0,18342069	0,29604742
16 mois	0,22421105	0,4850579	16 mois	0,25733034	0,58564837
16 mois	0,70510199	0,54196081	16 mois	0,2063646	1,0519116
16 mois	0,31550416	0,74682631	16 mois	0,79051555	0,77450511
16 mois	0,35247677	0,52118359	16 mois	0,72905451	0,55281612
16 mois	0,21236319	0,386762	16 mois	0,50931973	0,33016204
16 mois	0,17384695	0,60623551	16 mois	0,30695596	0,41606353
16 mois	0,2299264	0,27822457	16 mois	0,80176623	1,32626459
16 mois	0,28394801	0,79262401	16 mois	0,4276519	0,83053632
16 mois	0,63370369	0,5880478	16 mois	0,16310637	0,42827931
16 mois	0,38269274	0,50640308	16 mois	0,3109799	0,33676848

Ratios S2/S1 par mois pour le sujet C

7 mois	8 mois	9 mois	10 mois
0,69710468	0,33562586	0,35422741	0,51491054
0,84794275	0,3884058	0,64285714	0,74917492
2,25882353	0,55555556	0,65862709	0,80733945
	0,55913978	0,70124481	0,88175676
	0,57661705	0,74953959	0,89189189
	0,60352423	0,82608696	1,06382979
	0,63727121	0,84598698	1,18085106
	0,70944851	0,94660194	1,2005988
	0,92887931	0,97493734	1,29251701
	0,98484848	1,00531915	1,44396552
	1,08977035	1,05172414	2,15510204
	1,34834123	1,2020202	
	1,375	1,25119617	
	1,56041131	1,29596413	
	1,57529762	1,31903485	
	2,12383901	1,72563177	
	2,22330097	2,01433692	
	2,81725888	2,13879004	
		2,91397849	

11 mois		12 mois	
0,35388128	1,70909091	0,73529412	1,73758865
0,42804428	1,71428571	0,73995272	1,7443609
0,67206478	1,72972973	0,77714286	1,7486631
0,70526316	1,73303167	0,79295154	1,75912409
0,73474178	1,76	0,83522727	1,7638191
0,7510917	1,76315789	0,86122449	1,85844749
0,75675676	1,7654321	0,88571429	1,86934673
0,81205674	1,83544304	0,89714286	1,875
0,81339713	1,83980583	0,94444444	1,87662338
0,81408451	1,8671875	0,96357616	1,88976378
0,85151515	1,9469697	0,97237569	1,89534884
0,89346247	1,96153846	0,97560976	1,93055556
0,90169492	1,96969697	1,02758621	1,93090909
0,90277778	2,00393701	1,04022989	1,94214876
0,91266376	2,07103825	1,05194805	1,94303797
0,91472868	2,07751938	1,05696203	1,94771242
0,9184953	2,11585366	1,11583012	2
0,91961415	2,12820513	1,12867812	2,03636364
0,94416244	2,1372549	1,13065327	2,04907975
0,94756554	2,15025907	1,13596491	2,05050505
0,95923261	2,16774194	1,16256158	2,05454545
0,96531792	2,18045113	1,17818182	2,11353712
0,97093023	2,19417476	1,20424403	2,11764706
0,97972973	2,20952381	1,21161826	2,12087912
0,98404666	2,25157233	1,234375	2,20661157
0,98984772	2,28828829	1,27857143	2,23428571
0,99319728	2,33544304	1,31651376	2,29370629
1,00350877	2,45255474	1,36390533	2,30769231
1,01015228	2,51497006	1,36764706	2,30927835
1,01980198	2,5203252	1,37142857	2,35507246
1,03448276	2,61363636	1,39336493	2,38709677
1,04054054	2,64251208	1,39473684	2,4516129
1,05247813	2,7287234	1,39795918	2,70815451
1,06222222	2,79787234	1,4084507	2,71794872
1,06829268	2,89534884	1,46236559	2,9
1,07421875	2,9009009	1,46280992	3,0880829
1,09064327	2,9798995	1,47580645	3,13095238
1,09716599	3,37864078	1,50480769	3,26415094
1,10695187	3,44791667	1,51428571	3,42391304
1,11333333	3,82386364	1,54320988	3,58169935
1,13304721		1,54545455	
1,14341085		1,56086957	
1,15		1,58333333	
1,16666667		1,58333333	
1,19677419		1,58974359	
1,20172911		1,60377358	
1,203125		1,62209302	
1,20481928		1,63402062	
1,2078853		1,6744186	
1,21428571		1,7038835	
1,21455939		1,72774869	

13 mois			
0,26953692	1,76516547	2,72684611	5,04363385
0,3386757	1,76915802	2,78461538	5,32142857
0,47757847	1,79389313	2,79032258	5,36639707
0,48463357	1,80907077	2,8000248	5,54713474
0,50795863	1,81932773	2,80145825	5,75110286
0,51966292	1,82644628	2,8028169	6,43497349
0,54687486	1,82961624	2,82517483	6,75985103
0,56097561	1,84090909	2,83823529	7,090835
0,62756598	1,87811535	2,84335678	7,12488514
0,67177914	1,89189189	2,85199049	7,23835005
0,74716981	1,95959596	2,85625	8,44262295
0,7512934	1,96556537	2,86082475	8,64970025
0,75429851	1,96666667	2,88392857	11,3236013
0,75981524	1,99053298	2,89830508	
0,76884422	2,00852855	2,90577358	
0,77523347	2,00862069	2,93063584	
0,77642276	2,00966184	3,04461968	
0,79245283	2,03167421	3,0620155	
0,83299331	2,07068156	3,07286612	
0,8393175	2,08108108	3,12587413	
0,84170854	2,08796296	3,14147024	
0,84492296	2,10344828	3,18439339	
0,85236769	2,12169312	3,19018405	
0,85337243	2,12670127	3,19178992	
0,87434074	2,13580247	3,26963784	
0,8899346	2,13858853	3,27244913	
0,90322549	2,15441176	3,28834356	
0,90775748	2,16197183	3,34453782	
0,91996207	2,19587629	3,35368466	
0,92370572	2,20930233	3,51182243	
0,96363636	2,24073287	3,54489374	
0,96521739	2,3430992	3,55491329	
0,97333333	2,34861689	3,56436098	
0,98351648	2,38028169	3,64872986	
0,99056059	2,38095238	3,77202687	
0,99590164	2,41549296	3,7756211	
0,99654357	2,43971631	3,78092446	
1,02102876	2,49429678	3,88295856	
1,05331452	2,52197802	4,13740458	
1,05803571	2,55133911	4,19048936	
1,06406038	2,56967731	4,21128984	
1,0701107	2,57142857	4,29303737	
1,07642649	2,58428058	4,3352452	
1,08185053	2,58703329	4,57364341	
1,11650649	2,60583942	4,60940669	
1,11827957	2,64473684	4,625	
1,13157895	2,66060606	4,650253	
1,13842658	2,67320261	4,73048239	
1,14366197	2,68361041	4,77331973	
1,16015295	2,7017412	4,7739884	
1,17948718	2,71186441	5,01395596	

14 mois			16 mois		
0,55737576	1,70465708	4,55711241	0,20628415	1,12227074	3,29054054
0,56196709	1,71610169	4,77142857	0,33398437	1,16046512	3,48717949
0,84710104	1,7311828	4,85697069	0,37123746	1,16079295	3,63308097
0,94505057	1,78657299	6,39374641	0,42459016	1,17256637	4,37936215
0,94556636	1,80505415	7,03362853	0,42504744	1,20816327	4,69252203
0,94805195	1,81343284	7,11225431	0,47605634	1,21005923	5,09734513
1	1,82825976	7,11435153	0,47945205	1,21212121	
1,00900901	1,83335695	7,28035229	0,48717949	1,23511905	
1,01212121	1,88621046	7,43803743	0,502693	1,23558897	
1,02307692	1,89417989	7,80999589	0,52747253	1,32019704	
1,04901961	1,91919192		0,53318078	1,32326284	
1,10869565	1,92660871		0,5770235	1,33248082	
1,19972616	1,98333333		0,63425926	1,35545024	
1,23493976	2,01156178		0,64824121	1,37704918	
1,28426358	2,02515723		0,70127119	1,38114754	
1,28435643	2,08539713		0,71102662	1,39215686	
1,30701754	2,17265578		0,7188477	1,41232227	
1,30813314	2,18672901		0,73434535	1,4421365	
1,31313131	2,19166667		0,73684211	1,47863248	
1,33179724	2,22303852		0,73788546	1,49707602	
1,3557025	2,27018415		0,73924051	1,53719008	
1,36748216	2,28695652		0,74468085	1,54375	
1,44370861	2,31794544		0,74492099	1,54794521	
1,4488189	2,33717938		0,74929577	1,61403509	
1,45555556	2,37326244		0,75	1,65417867	
1,45788659	2,38101122		0,75555556	1,82122905	
1,46886447	2,41854814		0,75826446	1,84018265	
1,48148148	2,439649		0,76760563	1,86666667	
1,48679395	2,48111079		0,76862754	1,88392857	
1,55797104	2,49846513		0,79802956	1,90714286	
1,56556615	2,53380386		0,8018018	1,91402715	
1,5698971	2,56770503		0,80896226	1,94208494	
1,60406503	2,57435587		0,80985915	1,99377704	
1,61406391	2,65157621		0,82415254	2,0038174	
1,62476328	2,76760563		0,8244898	2,13207547	
1,62688943	2,77053824		0,82795699	2,16339869	
1,62953084	2,80142578		0,8452381	2,17551447	
1,63786761	2,89298451		0,88235294	2,1863354	
1,6668545	2,94626881		0,90243902	2,20467836	
1,67740893	2,94713278		0,92394366	2,208	
1,68115942	3,23765577		0,92795389	2,27586207	
1,72463768	3,2795418		0,93036212	2,32337782	
1,7733162	3,43181818		0,97752809	2,36708861	
1,79041396	3,48186496		0,97974684	2,42176871	
1,79710145	3,49709765		0,98901099	2,44761905	
1,83108108	3,52427184		1,01045292	2,52	
1,844158	3,69526945		1,02484472	2,52694611	
1,84812344	3,74048437		1,0793089	2,62576687	
1,85155626	3,89385079		1,08292683	2,79144062	
1,90329361	4,24179496		1,08562691	3,22252373	
1,91428571	4,40339448		1,08759124	3,26923077	

ANNEXE V: mesures de VOT

Valeurs des mesures de VOT positifs et négatifs en millisecondes de 7 à 16 mois pour le sujet C

7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois
VOT négatif	VOT négatif	VOT négatif	VOT négatif	VOT négatif	VOT négatif
-93	-42	-45	-47	-58	-33
-50	-42	-43	-27	-45	-33
-50	-36	-40	-27	-44	-28
-44	-34	-37	-26	-42	-25
-37	-34	-36	-25	-42	-21
-31	-32	-31	-25	-34	-19
-28	-32	-30	-24	-30	-17
-27	-30	-29	-21	-30	-16
-26	-30	-27	-20	-27	VOT positif
-25	-27	-27	-16	-26	11
-24	-27	-21	-15	-26	11
-19	-24	-19	VOT positif	-26	11
-13	-23	-18	12	-25	12
VOT positif	-23	-18	14	-24	14
4	-22	-15	15	-23	14
13	-21	-15	16	-23	14
14	-20	-13	19	-22	18
14	VOT positif	VOT positif	20	-22	25
17	12	10	21	-17	26
18	14	10	22	-15	28
22	16	10	38	-14	29
26	17	11		-13	
26	17	11		-11	
	18	11		VOT positif	
	19	12		11	
	20	12		12	
	22	12		13	
	27	12		13	
	42	13		13	
		14		14	
		14		15	
		14		15	
		14		18	
		15		19	
		17			
		18			
		19			
		20			
		20			

13 mois	14 mois	15 mois		16 mois
VOT négatif	VOT négatif	VOT négatif		VOT négatif
-90	-104	-102		-97
-63	-96	-87		-71
-60	-95	-84		-65
-55	-76	-75		-44
-54	-71	-64		-34
-40	-60	-63		-31
-36	-46	-60		-26
-31	-44	-52		-25
-29	-40	-51		-17
-29	-34	-49		-13
-28	-31	-48		-13
-25	-30	-40		-10
-24	-27	-40		VOT positif
-24	-23	-36		8
-23	-21	-27		10
-16	-19	-22		10
-15	-14	-22		10
-12	-11	-20		11
VOT positif	-10	-18		11
4	VOT positif	-15		11
6	6	-15		11
7	7	-13		12
7	7	VOT positif		13
8	9	9	18	15
9	10	10	18	18
12	10	10	18	20
13	10	11	19	20
13	12	11	20	20
14	13	11	20	20
14	13	13	20	21
15	14	13	20	21
15	15	13	23	21
16	15	14	24	22
16	17	14	24	22
18	17	14	26	22
20	18	15	31	22
25	24	16	33	26
36	25	17	34	28
44	27	17	34	30
48	30	17	35	33
71	34	17	40	45
		18	43	

