

# L'émergence du contrôle segmental au stade du babillage : Une étude acoustique

Mélanie Canault<sup>1, 2</sup>, Pascal Perrier<sup>2</sup> & Rudolph Sock<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de Phonétique de Strasbourg (IPS)

Équipe d'Accueil 1339 - Linguistique, Langues et Parole (LILPA) - Composante Parole et Cognition

<sup>2</sup>Institut de la Communication Parlée - UMR CNRS 5009 INPG & Université Stendhal - Grenoble

## ABSTRACT

The aim of this work is to look for evidence that a segmental control of speech production could emerge during babbling from mandible rhythm dominance. Our assumption is that this control could be found in temporal modulations of mandibular cycle phases. Acoustic analyses of two subjects between 10 and 15 months of age reveal that at 10 months, the temporal patterns of these infant productions are variable, before becoming at 15 months more stable and similar to adult temporal patterns. These findings are interpreted as consequences of the emergence of a speech specific segmental control guided by the imitation of adult production.

## 1 INTRODUCTION

Notre recherche s'inscrit dans le cadre de la théorie *Frame then Content* de MacNeilage [6], laquelle défend l'unité articulatoire et rythmique de la structure syllabique au stade du babillage, qui correspondrait au cycle de l'oscillation mandibulaire. Par ailleurs, nous défendons l'idée d'une représentation segmentale du contrôle de la parole chez l'adulte [9]. Ainsi, l'objectif de ce travail est d'étudier de quelle manière et à quel moment cette structure articulatoire et rythmique unique au stade du babillage va se dissocier en ses composantes segmentales vocaliques et consonantiques. Notre hypothèse envisage la variation temporelle du cadre syllabique, initialement régulier ([5], [1]...), comme indice de l'émergence d'un contrôle indépendant du segment. nous avons testé cette hypothèse, grâce à l'analyse de données *acoustiques* interprétables en termes articulatoires. Plus spécifiquement, nous avons vérifié si le contrôle supposé du segment pouvait émerger graduellement du contrôle temporel indépendant des phases d'ouverture et de fermeture du conduit vocal.

## 2 LE BABILLAGE, LA SYLLABE ET LE ROLE DETERMINANT DE LA MANDIBULE

### 2.1 L'oscillation mandibulaire comme cadre de l'émergence de la parole

Le babillage est considéré comme le stade du développement langagier au cours duquel les premières syllabes émergent. Selon l'hypothèse de MacNeilage [6], les éléments constitutifs de la syllabe forment une unité articulatoire, établie par des contraintes physiologiques. Les articulations les plus précoces seraient ainsi ordonnées par le mouvement mandibulaire dont la cyclicité, due à l'alternance des phases d'ouverture et de fermeture, suffirait à l'émergence du cadre syllabique. La dominance du cycle mandibulaire imposerait alors l'absence d'un contrôle indépendant des autres articulatoires. Munhall et Jones [8] ont notamment confirmé cette hypothèse en montrant, à travers une étude cinématique

réalisée chez un sujet de 8 mois, la non implication de la lèvre supérieure au cours du mouvement de fermeture de la cavité buccale.

L'oscillation mandibulaire jouerait donc un rôle majeur dans l'organisation articulatoire du babillage et pourrait être considérée comme le support des aménagements articulatoires à venir. En effet, les stratégies de contrôle de la mandibule atteindraient leur maturité les premières. Ainsi, dans une étude cinématique comparative des déplacements verticaux de la mandibule et des lèvres, menée chez des sujets adultes et des enfants (1, 2, 6 ans), Green *et al* [4] ont mis en évidence que chaque articulatoire avait un processus développemental unique, et que la performance de la mandibule accédait à un patron de mouvement mature (qui se rapproche de l'adulte) plus tôt que les lèvres. Pour ces auteurs, les structures articulatoires pourvues d'un degré de liberté plus grand seraient soumises à un processus d'apprentissage du contrôle plus long : la langue et les lèvres, étant déformables, représenteraient des systèmes plus complexes à contrôler pour le système nerveux central. Green *et al* [3] ont également étudié la coordination mandibule/lèvre chez des sujets du même âge, à travers l'observation du couplage temporel et spatial de leur déplacement au cours de séquences Consonne bilabiale + Voyelle. Les résultats montrent que la contribution à la fermeture orale de la mandibule est très forte à 1 an et diminue à 2 ans. En revanche, celle des lèvres augmente entre 2 et 6 ans. En effet, les forts couplages spatial et temporel des lèvres reflètent un manque de plasticité coordinatrice et, par conséquent, un contrôle indépendant relativement pauvre à 1 an. Ces résultats suggèrent que le développement de la parole passe par une première phase au cours de laquelle le mouvement labial n'est pas contrôlé spécifiquement, mais n'est que la conséquence du mouvement mandibulaire.

Selon Davis et MacNeilage [1], le cadre syllabique constituerait la première structure temporelle au sein de laquelle les éléments du contenu vont se développer grâce à l'acquisition du contrôle indépendant des articulatoires. L'émergence du contrôle autonome des structures, qui entrent en jeu lors de la production de la parole, pourra se mettre en place grâce à l'organisation coordonnée, spatialement et temporellement, des gestes articulatoires. De cette manière, consonne (C) et voyelle (V) émergeront graduellement comme des entités indépendamment contrôlables au sein de la syllabe.

### 2.2 Perturbation du cycle oscillatoire et émergence du segment

Le rôle de la mandibule pèse sur l'organisation structurelle, mais aussi temporelle des premiers énoncés. Ces derniers sont souvent décrits comme étant des énoncés redupliques du type /bababa.../, dont les séquences syllabiques sont perceptiblement isochrones. La fermeture consonantique, de



analyse, à l'observation graphique de l'évolution des différentes caractéristiques temporelles au sein des cycles. En premier lieu, nous avons observé l'évolution de la proportion vocalique au sein du cycle 3. Cette phase d'ouverture pourrait en effet porter les premières traces de variation. Il semble, en effet, plus évident de contrôler la configuration buccale ouverte que la configuration fermée. Contrairement à la phase de fermeture, l'ouverture n'est pas contrainte par les mêmes pressions aériennes supra-glottiques. Elle pourrait, par conséquent, subir de plus grands changements temporels. Puis, nous nous sommes orientés vers l'étude du rapport existant entre les valeurs des durées consonantiques et vocaliques dans le cycle. D'une part, pour examiner l'existence éventuelle d'une variation simultanée des deux phases du cycle et d'autre part, pour savoir si une relation entre l'évolution de leur variation pourrait être mise au jour.

## 4 RESULTATS

### 4.1 Evolution du cycle et de la proportion vocalique

#### Sujet 1

Les ellipses de dispersion (à  $2\sigma$ ) des durées vocaliques et cycliques (figure 3) indiquent une certaine variabilité à 10 mois. La durée du cycle 3 s'étend de 194.3 ms à 989 ms (valeur moyenne # 500 ms) et le pourcentage de la phase vocalique varie entre 44.7% et 84, 69%. Puis, à 12 mois, la durée du cycle tend à diminuer (valeur moyenne # 350 ms) et à se stabiliser, sa variabilité décroissant sensiblement, tandis qu'à l'intérieur du cycle, la variabilité de la proportion vocalique se maintient. Enfin, à 15 mois, la durée cyclique se centralise autour des 300 ms s'approchant ainsi de la durée moyenne d'une syllabe adulte et de sa période d'oscillation préférentielle qui se situe autour de 3Hz [7], tandis que sa variabilité se réduit encore de manière sensible. Les proportions vocaliques se concentrent aux environs de 40% du cycle avec une variabilité modérée par rapport aux deux tranches d'âge précédentes.

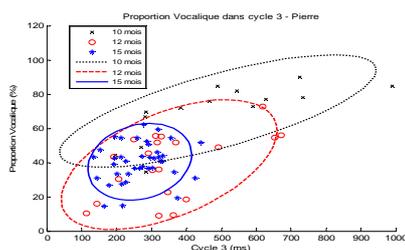


Figure 3. Durée du cycle 3 (ms) et V (%) chez le sujet 1

#### Sujet 2

Contrairement au sujet 1, le sujet 2 présente un rythme mandibulaire moyen avoisinant les 3Hz et de variabilité réduite dès les premiers enregistrements, c'est-à-dire à un stade très précoce (figure 4). Dès 10 mois, la variation cyclique se concentre entre 200 ms et 400 ms (soit 2-4 Hz). La proportion vocalique moyenne au sein du cycle est stable dans la période d'âge analysée : elle se situe, comme pour le sujet précédent, autour de 40%. En comparaison avec le sujet 1, on observe que la variabilité de la proportion vocalique à 10 et 12 mois est visiblement restreinte, mais qu'à 14 mois

elle est similaire.

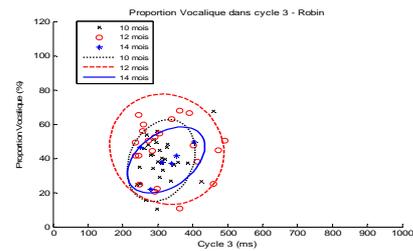


Figure 4. Durée du cycle 3 (ms) et V (%) chez le sujet 2

### 4.2 Relation entre durée consonnantique et durée vocalique

#### Sujet 1 (Figure 5)

A dix mois, c'est la phase vocalique qui est la plus variable. Dans la tranche d'âge suivante, la variabilité vocalique diminue tandis qu'elle augmente pour la consonne. La valeur moyenne de la durée vocalique décroît sensiblement, la durée consonnantique moyenne restant sensiblement constante. Enfin, à 15 mois on observe non seulement une réduction notable de la variabilité de la durée vocalique au sein du cycle, mais aussi une tendance à l'équilibre des proportions des phases vocalique et consonnantique. En effet, le centre de l'ellipse de dispersion se rapproche du point où les deux durées sont égales (entre 100-200 ms : figure 5).

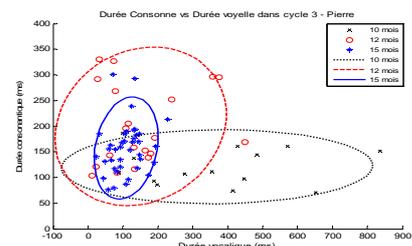


Figure 5. Durées consonnantique et vocalique - sujet 1

#### Sujet 2 (Figure 6)

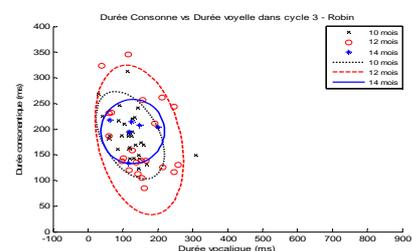


Figure 6. Durées consonnantique et vocalique - sujet 2

La variabilité est dès lors présente à 10 mois, mais elle touche essentiellement à la consonne, à l'inverse du sujet 1. Le sujet 2, favorise donc, au cours de la phase d'exploration temporelle, la modulation de la phase de fermeture du cycle mandibulaire. Puis à 12 mois, la variabilité augmente. Nous avons relevé que le sujet 1, au même stade, réduisait sa variabilité vocalique et amplifiait sa variation consonnantique. Ce qui est intéressant c'est le fait que, malgré cette divergence, la consonne occupe un espace de dispersion

relativement proche, à 12 mois, chez les deux sujets (100 ms à 300 ms). Enfin, à 14 mois une réduction de la variabilité globale semble s'opérer pour ce sujet. Dans la mesure où le nombre d'occurrences reste trop faible pour interpréter ces résultats comme étant robustes, il convient de considérer ces résultats avec prudence. Notons cependant, que ce phénomène est conforme aux observations faites pour le sujet 1.

## 5 DISCUSSION ET INTERPRÉTATION

A première vue, la conclusion qui s'imposerait à la lecture de nos résultats serait que nos mesures ne vont pas totalement dans le sens de nos hypothèses. Nous avons prédit une progression des perturbations de la régularité temporelle, attestée par MacNeilage au stade précoce du babillage, qui traduirait l'émergence d'un contrôle à l'intérieur du cycle se caractérisant par une variabilité croissante de l'organisation temporelle du cadre et de son contenu. Or, c'est bien le constat inverse que nous faisons tout particulièrement pour le sujet 1. Cependant, une étude plus attentive permet de contredire cette première analyse et de préciser nos hypothèses en les confirmant. En effet, nous relevons que, même si leurs productions évoluent de manières très différentes entre 10 et 15 mois, les deux sujets étudiés convergent, lors de la dernière période d'âge étudiée, vers des caractéristiques très similaires : un cycle mandibulaire de fréquence moyenne 3Hz, une proportion de la phase vocalique située entre 40 et 45%, et une variabilité temporelle réduite tant pour le cycle que ses composantes. La fréquence 3Hz étant la fréquence préférentielle des oscillations mandibulaires de l'adulte [7], on peut faire l'hypothèse que les productions des deux bébés évoluent vers les patrons temporels qui sont ceux de l'adulte.

D'autre part, le sujet 1 montre à 10 mois une très grande variabilité, d'abord dans la phase vocalique, puis dans la phase consonantique. Ceci est conforme à nos prédictions si on fait l'hypothèse (justifiée si on se réfère à la littérature du domaine) que ce bébé n'est plus au début de la phase de babillage canonique, traditionnellement située autour de 6 mois. Il aurait donc déjà dépassé la phase initiale du cycle mandibulaire intrinsèquement régulier décrite par MacNeilage. Le stade d'irrégularité et d'apprentissage d'un contrôle spécifique au sein du cycle mandibulaire des phases d'ouverture et de fermeture, que nos hypothèses laissaient prévoir, serait déjà amorcé. Dans cette perspective, nous pouvons supposer que le sujet 2 a atteint un stade plus avancé que le sujet 1. Il serait déjà dans la deuxième phase de cet apprentissage segmental, celui de l'affinement du contrôle intégrant plus de régularité pour une évolution vers les productions de l'adulte.

Ainsi nos résultats, tout en confirmant notre hypothèse selon laquelle l'émergence d'un contrôle segmental passerait par la variabilité de l'organisation temporelle au sein du cycle mandibulaire, font apparaître l'existence d'une seconde phase, celle où les productions de l'enfant s'affinent et se rapprochent de celles de l'adulte. Cette étape est sans doute la manifestation la plus probante de l'émergence du contrôle, car l'évolution du cycle mandibulaire observé chez le sujet 1, passant d'une fréquence de 5 à 6 Hz à la fréquence préférentielle de l'adulte, ne peut guère s'expliquer par des critères purement biomécaniques. La croissance crânienne de l'enfant entre 8 et 15 mois ne saurait en effet justifier une

telle variation de la fréquence modale de la mandibule. Il s'agit bien d'une variation contrôlée et on peut émettre l'hypothèse que c'est par mimétisme que l'enfant adapte son cycle mandibulaire à celui de l'adulte.

## 6 CONCLUSIONS

En conclusion, nos résultats mettent en évidence l'émergence d'un contrôle segmental au cours de la période du babillage tardif aux premiers mots. Ce développement se caractérise par une première phase au cours de laquelle le bébé se familiarise avec les possibilités de variation temporelle du cycle mandibulaire et des éléments de son contenu, et une seconde phase où il affine le contrôle du timing de ses mouvements. La première phase, marquée par de larges variabilités temporelles (10 mois), serait le reflet de l'émergence d'un contrôle indépendant des éléments articulatoires au sein du cadre syllabique. Puis, viendrait la phase de réduction de la variabilité (14-15 mois), laquelle impliquerait le contrôle des mouvements et par conséquent l'affinement du geste par mimétisme avec les productions de l'adulte.

**Remerciements à ACI TTT 2003-2006, Ministère de la recherche.**

## 7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] B.L. Davis and P.F. MacNeilage. The articulatory basis of babbling. In *Journal of Speech and Hearing Research*, 38:1199-1211, 1995.
- [2] B.L. Davis and P.F. MacNeilage. Organisation of babbling: a case study. In *Language and Speech*, volume 37:341-355, 1994.
- [3] J.R. Green, C.A. Moore and K.J. Reilly. The sequential development of jaw and lip control for speech. In *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45: 66-79, 2002.
- [4] J.W. Green, C.A. Moore, M. Higashikawa and R.W. Steeve. The physiologic development of speech motor control: lip and jaw coordination. In *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43: 239-255, 2000.
- [5] G. Konopczynski. Vers un modèle développemental du rythme français : problèmes d'isochronie reconsidérés à la lumière des données de l'acquisition du langage. In *Bulletin de l'Institut de Phonétique de Grenoble*, volume 15, pages 157-190, 1986.
- [6] P.F. MacNeilage. The Frame/Content theory of evolution of speech production. In *Behavioral and Brain Sciences*, 21:499-546, 1998.
- [7] T. Morimoto, T. Inoue, T. Nakamura, T. and Y. Kawamura. Frequency dependent modulation of rhythmic human jaw movements. In *Journal of Dental Research*, 68:1310-1314, 1984.
- [8] K.G. Munhall and J.A. Jones. Articulatory evidence for syllabic structure. In *Behavioral and Brain Sciences*, 21:524-525, 1998.
- [9] P. Perrier, Y. Payan and R. Marret (2004). Modéliser le physique pour comprendre le contrôle : le cas de l'anticipation en production de parole. In *L'anticipation à l'horizon du présent* (R. Sock & B. Vaxelaire, editors). Sprimont, Belgique : Pierre Mardaga, pages 159-177, 2004.