

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

Mélanie Canault^{1, 2}, Pascal Perrier² & Rudolph Sock¹

¹Institut de Phonétique de Strasbourg (IPS)

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

²Institut de la Communication Parlée - UMR CNRS 5009 - UMR CNR 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 such evidence could be found in temporal modulations of mandibular cycle phases. Acoustic analyses of two subjects between 10 and 15 months of age have revealed that at 10 months, the temporal patterns of speech productions are variable, before becoming more stable and similar to adult temporal patterns at 15 months. These findings are interpreted as consequences of the emergence of a speech specific segmental control guided by the imitation of adult productions.

1 INTRODUCTION

Notre recherche s'inspire de la théorie *Frame then Content* de MacNeilage [6], qui défend l'unité articulatoire et rythmique de la structure syllabique au stade du babillage, et l'associe au cycle de l'oscillation mandibulaire. Nous nous appuyons aussi sur l'hypothèse d'une représentation segmentale phonémique du contrôle de la parole chez l'adulte [9]. L'objectif de ce travail est donc d'étudier de quelle manière et à quel moment la structure articulatoire et rythmique unique présente au stade du babillage va se dissocier en ses composantes segmentales vocaliques et consonantiques. Notre hypothèse envisage la variation temporelle du cadre syllabique, que nous supposons initialement régulier ([5], [1]), comme indice de l'émergence d'un contrôle indépendant du segment. Nous avons donc mesuré les patrons temporels 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, déterminée 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 articulateurs. 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 dans le 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 adultes et des enfants (1, 2, 6 ans), Green *et al* [4] ont montré que chaque articulateur avait un processus développemental unique, et que la mandibule accédait à un patron de mouvement proche de celui de l'adulte plus tôt que les lèvres. Pour ces auteurs, les structures articulatoires pourvues d'un degré de liberté plus grand nécessiteraient un processus d'apprentissage du contrôle plus long. Ainsi la langue et les lèvres, étant déformables, représenteraient des systèmes plus complexes à contrôler. 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 de la mandibule à la fermeture orale est très forte à 1 an et diminue à 2 ans. En revanche, celle des lèvres augmente entre 2 et 6 ans. Le fort couplage spatial et temporel des lèvres avec la mandibule reflète l'absence d'un contrôle indépendant à 1 an.

Selon Davis et MacNeilage [1], le cadre syllabique constituerait la structure temporelle de base au sein de laquelle les éléments du contenu vont se développer grâce à l'acquisition du contrôle indépendant des articulateurs. L'émergence du contrôle autonome des articulateurs se traduira par 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 des énoncés redupliques du type /bababa.../, dont les séquences syllabiques sont perceptuellement isochrones. La fermeture consonantique, associée à un signal acoustique de faible énergie et de courte durée, et l'ouverture vocalique, associée à un signal acoustique de forte énergie et d'une durée plus longue, produisent l'effet d'une régularité temporelle des séquences CV [1]. Ce cycle oscillatoire constitue le cadre temporel de la structure syllabique [2], qui serait alors dépourvue de toute

organisation segmentale. Dans ce contexte, il est légitime de faire l'hypothèse que la perturbation du cadre syllabique pourrait constituer les premiers indices de l'émergence d'un contrôle segmental. Le premier pas vers ce contrôle passerait par la maîtrise d'événements temporels nouveaux, dont la manifestation serait la variation de la durée des syllabes successives. Dans ce contexte, nous prédisons que, au cours de l'émergence du contrôle segmental, après les énoncés canoniques du type /bababa.../, le bébé passera à des énoncés du type /babaababaaaba.../ ayant perdu leur régularité temporelle. Plus encore, la variation temporelle des phases constitutives du cycle mandibulaire engendrera la désolidarisation des éléments du cadre et par conséquent leur indépendance ; d'où l'émergence du contrôle segmental.

3 METHODE

3.1 Les données

Sujets

Deux enfants de sexe masculin, âgés de 9 mois et de 8 mois, ont été recrutés, sur autorisation parentale, dans une crèche strasbourgeoise. Aucun d'entre eux ne présentait de troubles moteurs, auditifs ou psychologiques.

Collecte de données

Des enregistrements audio individuels, d'une durée de 20-25 minutes, ont été réalisés chaque semaine pendant 6 mois. Le sujet était alors installé dans un parc dans le but de réduire son espace de déplacement. Ses jouets favoris étaient mis à sa disposition afin d'initier une phase ludique d'interaction avec l'investigateur. Même si les premières séances furent moins fructueuses, la phase d'habituatation ne fut que de courte durée. Le système d'acquisition était constitué d'un DAT (Sony TCD-D3) et d'un micro directif (BST à condensateur UM-3). Il était placé à proximité du bébé, mais hors de sa portée afin de ne pas trop attirer son attention.

3.2 Etiquetage du signal acoustique

Environ 1 à 2 minutes de productions enfantines pouvaient, en moyenne, être extraites d'une séance d'enregistrement. Sur ces quelques minutes nous avons sélectionné les séquences exploitables en fonction de leur type ; nous avons retenu les types Coclusive-V ainsi que V-Coclusive-V, et éliminé les séquences trop bruitées. Par la suite, chacune des séquences babillées fut transcrite, puis étiquetée à l'aide du logiciel Praat®. Nous avons porté notre intérêt sur les événements cycliques au sein des énoncés polysyllabiques afin de rendre compte de l'existence et de l'évolution de la régularité temporelle syllabique défendue par MacNeilage. Notons que les énoncés bisyllabiques se sont révélés majoritaires. Un cycle peut être défini comme l'intervalle temporel existant entre la répétition d'un même événement acoustique. Ainsi, avons-nous désigné dans un premier temps comme cycle, la distance temporelle existant entre deux relâchements (cycle 1 ou le cycle des relâchements) lorsque la séquence est constituée de 2 syllabes CV au minimum.

Malheureusement, la fiabilité de cette segmentation au sein d'un signal bruité est restreinte à cause d'une explosion-friction difficilement repérable. C'est pour cette raison que nous avons préféré exclure ce cycle et en considérer un autre, le cycle 2 ou le cycle vocalique. Celui-ci s'étend du début

d'une structure formantique vocalique stable au début de la structure formantique vocalique stable subséquente (figure 1). En termes articulatoires, ce cycle s'initie par un état suffisamment ouvert du conduit vocal permettant l'apparition des résonances vocaliques adéquates ; il encadre la phase consonantique obstructive.

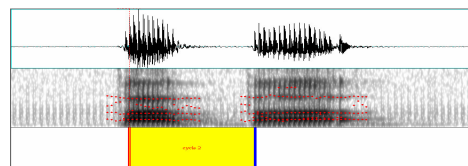


Figure 1. Détermination des bornes du cycle 2

Cependant, nous nous sommes rendus à l'évidence qu'il était impossible, en utilisant ce procédé, de prendre en compte la durée de la voyelle finale dans le cadre de ce cycle. Par conséquent, nous avons choisi d'intégrer un troisième marquage cyclique, que nous appellerons cycle 3 ou le cycle consonantique, qui va de la fin d'une structure formantique stable à la fin de la structure formantique stable suivante (figure 2). C'est un cycle de closure articulaire, englobant la phase vocalique V2.

Notre analyse portera donc sur une étude systématique des cycles 2 et 3, même si nous ne livrerons ici que des résultats pour le cycle 3. Les tendances observées pour ces deux cycles sont en effet similaires, mais elles sont plus nettes pour le cycle 3.

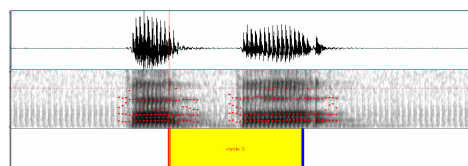


Figure 2. Détermination des bornes du cycle 3

3.3 Analyse

Groupe d'âge

Nous avons établi des classes d'âge bien distinctes en centrant notre intérêt sur trois étapes du développement : 9-10 mois ; 12 mois et 14-15 mois. Ces étapes correspondent respectivement : aux stades du babillage, à la fin du babillage et au début des premiers mots, et enfin à celui des mots.

Projections graphiques

La structure même de nos données expérimentales, caractérisées en particulier par un nombre très hétérogène de mesures et par des variances très différentes selon les catégories d'âge, ne nous autorise pas à pratiquer une analyse statistique classique sous forme de test de Student ou d'analyse de la variance. Aussi, afin de rendre compte de l'émergence de l'indépendance segmentale, avons-nous eu recours, au moins dans une première phase de notre 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 des durées 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

La proportion vocalique est déterminée par la valeur que la structure formantique stable prend au sein d'un cycle donné.

Sujet 1

Les ellipses de dispersion (à 2σ) 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.

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.

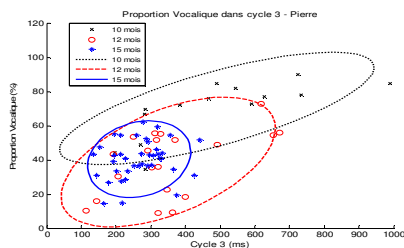


Figure 3. Durée du cycle 3 (ms) et V (%) - sujet 1

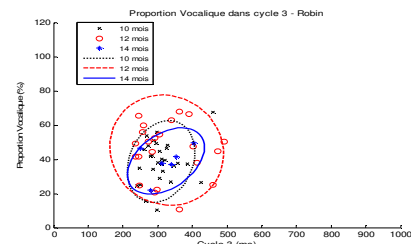


Figure 4. Durée du cycle 3 (ms) et V (%) - sujet 2

4.2 Relation entre durée consonantique et durée vocalique

La durée consonantique est déduite à partir de la durée de V au sein du cycle.

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 consonantique 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 consonantique. 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).

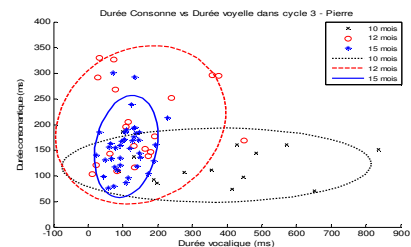


Figure 5. Durées consonantique et vocalique - sujet 1

Sujet 2 (Figure 6)

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 consonantique. 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.

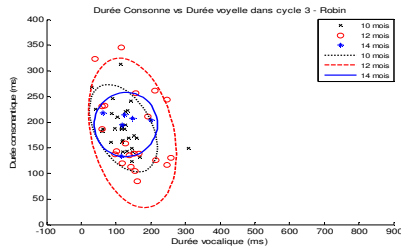


Figure 6. Durées consonantique et vocalique - sujet 2

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 avions 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 tempérer 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 peut-être considéré comme cohérent avec 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. Si on accepte cette perspective, qu'il conviendra cependant de vérifier par d'autres données expérimentales à un âge plus précoce, nous pouvons supposer que le sujet 2 avait déjà atteint dès les premiers enregistrements 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.

Cette deuxième phase constitue la manifestation la plus probante de l'émergence du contrôle dans nos données, 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 pas s'expliquer par des critères purement physiques. 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 donc bien d'une variation contrôlée vraisemblablement guidée par le mimétisme à celui de l'adulte [10].

6 CONCLUSIONS

En conclusion, nos résultats peuvent être interprétés dans le cadre de nos hypothèses sur l'émergence d'un contrôle segmental au cours de la période allant du babillage tardif aux premiers mots. Dans une première phase, le bébé se familiariserait avec les possibilités de variation temporelle du cycle mandibulaire et des éléments de son contenu, avant d'affiner, dans une seconde phase, le contrôle du timing de ses mouvements. La première phase, marquée par une large variabilité temporelle (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 plus précis des mouvements et cela par mimétisme avec les productions de l'adulte [10]. Par la collecte de données à un stade plus précoce, nos futurs travaux viseront à consolider ce cadre d'hypothèses.

Remerciements à ACI TTT 2003-2006, MER

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.
- [10] M. Studdert-Kennedy. Imitation and the emergence of segments. In *Phonetica*, 57:275-283, 2000.