

Le babillage et le développement des compétences articulatoires : indices temporels et moteurs

Mélanie Canault* et Rafael Laboissière**

INTRODUCTION

Le babillage est souvent caractérisé comme une période de transition entre les premières vocalisations (productions vocales précoces) et l'entrée dans le stade linguistique (apparition des premiers mots). Même si l'on ne peut exclure l'existence d'une certaine variabilité dans le processus d'évolution langagière de tout jeune apprenti parlant, on situe généralement ce stade développemental entre l'âge de 7 et 12 mois.

Le babillage va se distinguer des vocalisations par l'apparition des premières formes syllabiques. On subdivise alors le babillage en deux phases: celle du babillage redoublé au cours de laquelle le bébé va enchaîner la répétition d'une même syllabe dont la structure de base sous-tend une consomme occlusive préférentiellement associée à une voyelle neutre ([ba]); et celle du babillage varié qui émerge aux environs de 10 mois et au cours de laquelle le bébé va commencer à diversifier la nature des composantes syllabiques d'un cycle oscillatoire à un autre (MacNeilage 1998). Le répertoire sonore reste cependant très limité. Au niveau consonantique, les occlusives labiales et alvéolaires, le plus souvent orales, sont privilégiées (Grégoire, 1937; Locke, 1983; Stoel-Gammon, 1985; Roug *et al.*, 1989; Blake & Boysson-Bardies, 1992; Davis & MacNeilage, 1994; Redford *et al.*, 1997; Davis *et al.*, 2002; Giulivi *et al.*, 2005). Au niveau vocalique, les voyelles antérieures, centrales et mi-ouvertes dominent (Grégoire 1937; Davis & MacNeilage, 1990; Vihman, 1992; Davis & MacNeilage, 1995).

Ces éléments consonantiques et vocaliques feraient partie intégrante du cadre syllabique. Selon la théorie "Frame then Content" de MacNeilage (1998), la production de la parole relèverait de l'organisation cadre / contenu (Frame / Content). Le premier, condition nécessaire au développement du second, résulterait de l'oscillation mandibulaire : cycle biphasique alternant les phases de fermeture et d'ouverture du tractus vocal initialement impliqué dans les cycles d'ingestion. Cette continuité de mouvements, associée au processus de vocalisation, serait alors génératrice de syllabes. En effet, de la configuration

* Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation - Université Claude Bernard, Lyon 1 & Laboratoire Dynamique du Langage - Université Lumière - Lyon 2

** Espace et Action" U864 INSERM - Université Claude Bernard, Lyon 1, Bron

COLLECTION

L'ESSENTIEL FRANÇAIS

OPHRYs

La collection propose de petits manuels, réalisés par les meilleurs spécialistes du domaine, consacrés à un secteur particulier de la langue française. Elle s'adresse aux étudiants et aux enseignants des premiers cycles universitaires, aux élèves et professeurs de fin de secondaire, ainsi qu'au «grand public cultivé».

Ouvrages déjà parus : Prix : 10 €

- Catherine Fuchs : *Les ambiguïtés du français*
- Charlotte Hybertie : *La conséquence en français*
- Mary-Annick Morel : *La concession en français*
- Claude Guimier : *Les adverbes du français*
- Gaston Gross : *Les expressions figées en français*
- Claire Blanche-Benveniste : *Approches de la langue parlée en français*
- Pierre Le Goffic : *Conjuguer les verbes français à l'oral et à l'écrit*
- André Borillo : *L'espace et son expression en français*
- Christiane Marchello-Nizia : *Le français en diachronie : douze siècles d'évolution*
- M. Rossi : *L'intonation, le système du français : description et modélisation*, 12,5€
- Bernard Combettes : *Les constructions détachées en français*
- Nelly Flaux et Danièle Van de Velde : *Les noms en français : esquisse de classement*
- Olivier Soutet : *Le subjonctif en français*
- Michèle Noailly : *L'adjectif en français*
- Pierre Haillet : *Le conditionnel en français*
- Adeline Nazarenko : *La cause et son expression en français*
- Michel Charolles : *La référence et les expressions référentielles en français*
- D. Apothéloz : *La construction du lexique français*
- Françoise Gadet : *La variation sociale en français*, 14€
- L. Mélis : *La préposition en français*
- J.-P. Robert : *Dictionnaire pratique de didactique du FLE*, 14€
- O. Halmoy : *Le gérondif en français*
- S. Leroy : *Le nom propre en français*
- B. Habert : *Instruments et ressources électroniques pour le français*, 12€
- X. Chu : *Les verbes modaux du français*, 14€
- J. Pruvost : *Les dictionnaires français, outils d'une langue et d'une culture*, 14€
- J. Bres et G. J. Barcelo : *Les temps de l'indicatif en français*, 14€
- L. Rosier : *Le discours rapporté en français*, 14€
- L.-S. Florea, C. Fuchs et F. Mélanie-Becquet : *Dictionnaire des verbes du français actuel*, 20€

L'essentiel français - Ophrys

25 rue Ginoux - 75015 Paris

Tél. : (01) 45.78.33.90 / Fax : (01) 45.75.37.11

courriel : info@ophrys.f

Chèque libellé à l'ordre de «Ophrys»

Crédit du Nord - Code banque : 30076 - Code agence : 02059

N° compte : 19234800200 - Clé : 25

Iban : FR76 3007 6020 5919 2348 0020 025 - Code BIC : NORDFRPP

fermée de la cavité buccale résulterait le patron articulaire d'une consonne occlusive et de la configuration ouverte le patron de résonance d'une voyelle.

Au vu d'une telle hypothèse, même si le bébé met sa mandibule au service de son système de production et même si cette activation marque une évolution dans le processus d'acquisition du langage, la période la plus précoce du babillage n'en reste pas moins associée à des contraintes temporelles et motrices fortes imposées par les fonctions primaires de cet articulateur. Pourtant, à 12 mois les premiers mots vont émerger. Ainsi, bien que l'on ne puisse pas à proprement parler d'un contrôle articulaire acquis à cette période, un certain nombre de compétences apparaissent tout au long du stade du babillage.

Nous tenterons donc au cours de cet article de rendre compte de l'évolution de certains indices d'évolution du contrôle articulaire. Nous nous focaliserons plus particulièrement sur les paramètres de la durée syllabique renvoyant à la fréquence oscillatoire de la mandibule dans un premier temps et sur celui de la dissociation des gestes linguo-mandibulaires dans un second temps.

1. ÉVOLUTION DE L'ORGANISATION TEMPORELLE

L'organisation temporelle des productions babillées précoces s'appuierait sur le rythme insufflé par la fréquence oscillatoire naturelle de l'articulateur dominant qui se trouve être la mandibule à ce stade (Ruark & Moore 1997).

Comme les poumons, la mandibule n'aurait pas l'activité de langage pour fonction première. Son système d'activation de base, associé à l'activité de nutrition, serait alors réaménagé pour cette activité. La mastication et la parole matures ne possèdent pourtant pas les mêmes caractéristiques temporelles (Vatikiotis-Bateson & Ostry 1995). Ainsi, l'une des étapes capitales du processus du développement langagier reposerait sur la dissociation de l'organisation temporelle de ces deux activités.

1.1. Un rythme biologique

La contiguïté des facultés d'ingestion et de parole apparaîtrait dans les patrons de mouvements qu'elles impliquent, c'est-à-dire l'abaissement et l'élevation de la mandibule. Pour assimiler une réciprocité relativement forte entre ces deux activités, il faut d'abord accepter la complexité de l'activité de mastication (Luschei & Goldberg 1981). Mais la parenté de la mastication et de la parole ne s'arrête pas là, elle intègre aussi le niveau cérébral (Rizzolatti *et al.* 1996, Abry 2001, Abry *et al.* 2002, Fogassi & Ferrari 2005). En effet, ces deux fonctions activeraient des régions communes du cortex pré-moteur à savoir les aires de Brodmann 44 (située dans la région inférieure du lobe frontal recouvrant une partie de l'aire de Broca chez l'homme) et 6 (située dans la région supérieure du lobe frontal). Ces deux régions corticales interviendraient dans le contrôle moteur du cycle mandibulaire de l'humidité et celui du cycle d'ingestion des mammifères.

La mandibule étant *a priori* le seul articulateur activement impliqué dans les productions du babillage (Green *et al.* 2000, 2002), il y a fort à penser que les

premières syllabes soient générées sur son rythme biologique. Or, il faut rappeler que la mastication ou la succion et la parole sont deux activités qui engendrent des schémas temporels distincts, puisque les activités de nutrition seraient générées sur un rythme environ deux fois plus lent que celui sur lequel reposerait l'activité langagière. En effet, chez l'adulte, le rythme de mastication s'enchaînerait sur une fréquence pouvant s'établir de 1,5 Hz (Jürgens 1998) à 3 Hz (Morimoto *et al.* 1984) et la parole sur un rythme s'élevant à 5 Hz (Jürgens 1998) ou 6 Hz (Sorokin *et al.* 1980, Rhardisse & Abry 1994, Lindblom 1983). Chez l'enfant, en revanche, le rythme de succion attesté de valeurs fréquentielles plus lentes. L'organisation temporelle de l'activité de succion présenterait deux modes rythmiques, celui de la succion non nutritive, qui renverrait plutôt à une activité réflexe, et celui de la succion nutritive, caractéristique de la prise de nourriture (Wolff, 1968 a et b, Gallistel, 1980, Kaye & Wells, 1980, Provasi, 1988, Lecanuet 2002, Goldfield & Wolff, 2003). Le rythme oscillatoire de la succion non nutritive avoisinerait 2 Hz et celui de la succion nutritive 1 Hz (Burke, 1977, Crook et Lipsitt 1976, Crook, 1979, Godfried, 1995).

1.2. Le passage d'un rythme biologique à un rythme spécifique

Si l'on accepte d'une part que les premières syllabes s'organisent d'abord sur l'oscillation biologique de la mandibule, et d'autre part que la parole mature présente une fréquence oscillatoire différente de l'activité d'ingestion, alors le bébé doit se libérer du rythme naturel de la mandibule pour reconstruire un rythme spécifique à la fonction de parole.

Compte-tenu des valeurs présentées plus haut pour la fréquence oscillatoire de la mandibule impliquée dans les cycles d'ingestion (1-2 Hz) et compte tenu du fait que l'activité langagière serait deux fois plus rapide que la nutrition, le bébé devrait diminuer la durée de ses syllabes c'est à dire mettre en place une fréquence oscillatoire de la mandibule plus rapide avec l'âge. On pourrait ainsi attendre que l'oscillation mandibulaire entrant dans le comportement langagier, au vu de la physiologie orofaciale du bébé à ce stade (Goldstein 1980, Beck 1996, Ménard, 2002, Vorparian *et al.* 2005, Boë *et al.* 2008a), s'engage sur un rythme se situant entre 2 et 4 Hz (soit une valeur moyenne d'environ 3 Hz). Des auteurs comme Bickley *et al.* (1986), Koopmans Van Beinum (1993), Ducey-Kaufmann (2007) ont en effet montré que les productions de l'enfant semblaient répondre à un rythme de 2,5-3 Hz. Notions également que les oscillations mandibulaires de l'activité de parole apparaissent environ deux fois plus lentes chez l'enfant que chez l'adulte (Kuehn & Moll 1976, Smith & Gartenberg 1984). Ainsi, pour accéder aux schémas temporels de la parole mature, le bébé devra-t-il encore augmenter le rythme de ses oscillations mandibulaires.

Au stade du babillage, l'oscillation mandibulaire pourrait donc s'établir sur un rythme bimodal qui serait de 1 à 2 Hz pour l'activité de nutrition et probablement pour les toutes premières syllabes, et de 2 à 4 Hz pour l'activité linguistique. L'hypothèse d'une activation bimodale de la mandibule n'est pas sans rappeler les résultats obtenus par Petitto *et al.* (2001, 2004) pour l'organisation fréquentielle des gestes manuels chez 6 sujets normo-entendants testés entre l'âge

de 6 mois et 12 mois. Les sujets présentaient un développement sain dont la seule distinction relevait de la nature de l'input familial. En effet, la moitié d'entre eux n'était pas exposée à la parole (parents sourds-muets utilisant le langage signé pour communiquer), alors que l'autre l'était. Les bébés exposés au langage signé attachaient une organisation temporelle bimodale de l'activité manuelle leur permettant de distinguer les activités linguistiques des activités non linguistiques. En revanche, les bébés exposés à la parole, n'ayant pas besoin d'un mode linguistique manuel pour communiquer, anaëraient leur motricité manuelle dans un cadre unimodal. Ainsi, les bébés dont l'environnement familial utilise un moyen de communication gestuelle présentent une activité manuelle bimodale avec un mode à 1 Hz, renvoyant au mode linguistique, et un mode à 2,5 Hz correspondant au mode non linguistique. Les bébés exposés à la parole, en revanche, fixent leur motricité manuelle dans un cadre unimodal à 3 Hz. Il semblerait par ailleurs que le second mode, avoisinant 2,5 Hz, rencontré chez les enfants exposés aux signes ne soit pas significativement différent du rythme à 3 Hz présenté par les enfants exposés à la parole. En d'autres termes, un rythme avoisinant 2,5-3 Hz se retrouve dans les activités rythmiques des comportements moteurs précoces.

Il existerait donc une distinction entre les modes linguistique et non linguistique en ce qui concerne la fréquence des patrons gestuels de la main. Il est donc tout à fait possible d'envisager d'écouter ces observations aux productions orales. Des études antérieures ont d'ailleurs mis en relation l'activité rythmique du babillage, de la main et des oscillations mandibulaires silencieuses (Theilen 1981, Eijiri 1998, Meier *et al.* 1997). Or, les résultats de Pettito *et al.* (2001, 2004) semblent, à première vue, ne pas aller dans le sens de nos hypothèses dans la mesure où l'activité linguistique manuelle présente une fréquence plus lente (1Hz) que l'activité non linguistique (2,5 Hz). Mais il s'agit là de l'activité de la main, non de l'activité mandibulaire, et Ducey-Kaufmann (2007) a clairement montré que le rapport entre les pointers impliqués dans une activité linguistique, chez les enfants entendants, et les syllabes du babillage étaient de 1 sur 2, soit un pointer pour 2 syllabes. On pourrait ainsi concevoir que l'activité manuelle linguistique serait de manière générale plus lente que l'activité mandibulaire. Ainsi, dans le système orofacial, les gestes mandibulaires non linguistiques, engagés dans la succion ou la mastication, sont *a priori* plus lents que ceux impliqués dans le babillage ou la parole.

1.3. Une évolution progressive ou séquentielle ?

Afin de se spécifier pour la fonction de parole, la fréquence oscillatoire de la mandibule devrait donc augmenter au cours du babillage pour passer de 1-2 à 3-4 Hz. La question est alors de savoir si cette évolution sera constante.

De manière générale, deux points de vue s'affrontent quant à la nature du développement articulaire permettant le passage des productions pré-linguistiques aux productions linguistiques (les premiers mots). Le premier envisage un développement séquentiel au cours duquel plusieurs stades se

succèdent, le second met en avant une certaine continuité entre les différents stades.

Selon Grégoire (1937) et Jakobson (1969) il existerait une rupture nette entre les productions du babillage et les productions linguistiques. Ces auteurs mettent en effet l'accent sur la très grande variété des sons du babillage qui disparaît alors avec l'apparition des premiers mots :

"Les véritables débuts du langage enfantin sont précédés - cela est bien connu - par ce qu'il est convenu d'appeler la période du babil, au cours de laquelle on assiste chez de nombreux enfants à la production d'une étonnante quantité de sons les plus divers. Un enfant est capable d'articuler dans son babil une somme de sons qu'on ne trouve jamais réunis à la fois dans une seule langue... D'après les observateurs formés à la linguistique et comme le résume fort bien Grégoire (1937, p. 101), l'enfant est au sommet de sa période de babil, 'capable de produire tous les sons imaginables'" (Jakobson 1969, p. 24).

Pourtant la manière de considérer le processus de développement du contrôle articulaire n'est pas si radicale. De nombreuses études ont mis en évidence une certaine forme de continuité entre les productions du babillage et celles des premiers mots (p. ex. Davis *et al.* 2002, Vilman, 1992, Guliyv, 2005). Il serait donc plus raisonnable de considérer le développement de l'habileté motrice comme un apprentissage continu au cours duquel des stades sont atteints. En effet, on distingue communément différentes périodes entre la naissance et 12 mois, à savoir les vocalisations, le babillage redoublé, le babillage varié et les premiers mots. Mais ces périodes ne sont pas nettement délimitées, car les changements articulaires survenant à un stade peuvent encore apparaître aux stades suivants. Ainsi, un bébé peut-il continuer à babiller alors qu'il produit déjà des mots.

Malgré l'absence de transitions nettes, il existerait des stades développementaux qui se caractériseraient par des changements pertinents. D'ailleurs, Shudder-Kennedy (1990) décline le processus de maturation motrice comme une succession de cycles de différenciation et d'intégration. Ainsi, les vocalisations précoces sous-tendraient la différenciation des activités respiratoires et vocales. Le babillage canonique permettrait l'intégration des patrons (de non-parole) de construction et d'ouverture du tracés vocal dans des structures syllabiques. La période du babillage varié et des premiers mots favoriserait la différenciation des gestes d'ouverture et de fermeture des syllabes successives impliquant la variation des différentes consonnes (C) et voyelles (V). Et enfin, le stade de l'expansion lexicale porterait l'intégration des patrons de gestes récurrents dans des segments phonétiques (intégration des patrons de Green *et al.* (2000) envisagent eux aussi la succession de cycles dans le développement du contrôle moteur. Dans leur conception, les phases de différenciation et d'intégration sont préservées, mais une dernière phase peut être ajoutée. En d'autres termes, ils distinguent trois phases principales du développement moteur orofacial, à savoir la différenciation, l'intégration et le raffinement. La première phase régit l'évolution d'un mouvement de base simple

vers un mouvement plus complexe et spécialisé. Au cours de l'intégration, les comportements moteurs acquis sont coordonnés aux contrôles initiaux. Enfin, par le raffinement, les cibles vont subir une spécialisation plus fine.

Une étude transversale des productions syllabiques de 11 sujets âgés de 8 à 12 mois, nous a permis de tester l'évolution de la spécialisation temporelle de la mandibule au stade du babillage.

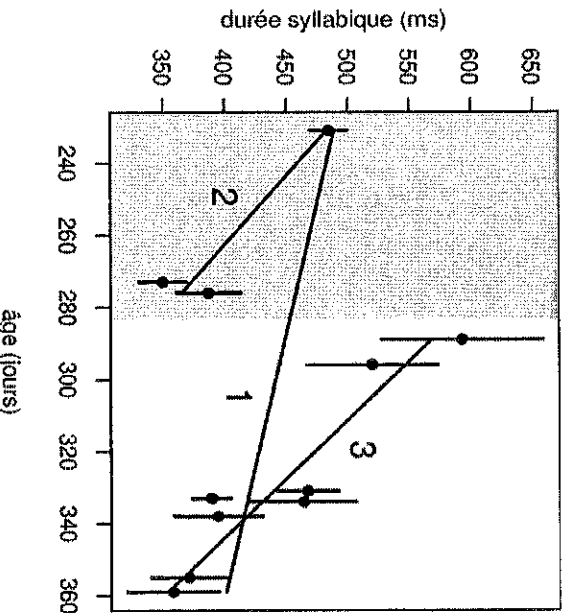


Figure 1. Evolution de la durée syllabique au stade du babillage

Chacun des 11 sujets inclus à l'analyse est représenté par un point. A chaque point est associé, sur l'axe des abscisses, l'âge en jours et, sur l'axe des ordonnées, la durée syllabique moyenne des productions. Les barres verticales indiquent les erreurs type pour chaque sujet. L'analyse a permis la distinction de deux stades développementaux, celui du babillage redupliqué (zone grise) et celui du babillage varié (zone blanche). Les droites représentent les régressions globales (1) ou séparées pour chaque zone (2 et 3).

Cette étude nous a permis de montrer que la diminution de la durée syllabique, c'est-à-dire l'accélération de la fréquence oscillatoire nécessaire à la mise en place du rythme spécifique de la parole, ne semblait pas se faire de manière continue. Il est vrai que la régression linéaire de l'ensemble de la période couverte (droite de régression 1 sur la Fig. 1) semble indiquer une diminution générale de la durée syllabique avec l'âge, mais l'analyse statistique (ANCOVA ayant l'âge comme variable dépendante et la durée moyenne comme variable indépendante) confirme que cette diminution de la durée moyenne de la syllabe

avec l'âge n'est pas significative ($F [1,9] = 1,32, p > 0,28$). En revanche, l'analyse des faits par un modèle non linéaire tenant compte du changement développemental théorique entre le babillage varié et le babillage redupliqué témoigne d'une rupture temporelle entre ces deux stades. Le stade du babillage redupliqué et celui du babillage varié semblent indépendamment présenter une diminution de la durée syllabique moyennée comme nous l'attendions. Cependant, la décroissance observée au stade du babillage redupliqué ne s'est pas avérée statistiquement significative (droite de régression 2 sur la Fig. 1, $F [1,1] = 8,51, p > 0,21$). En revanche, l'entrée dans le babillage varié se voit marquée par un accroissement de la durée syllabique. En effet, la durée syllabique moyennée vient se situer entre 500 et 600 ms c'est-à-dire 1,7 et 2 Hz de fréquence d'oscillation mandibulaire. Il est alors possible d'expliquer ce phénomène par l'hypothèse d'un réajustement du rythme physiologique quand les productions commencent à se diversifier et à se complexifier (Canault 2006, 2007). Le retour à des patrons plus simples comme conséquence de la complexification de la tâche a déjà été défendu dans la littérature (Davis *et al.* 2002, MacNeilage & Davis 2003) sur reconfiguration de la quantité d'abaïssement et d'élevation de la mandibule de syllabe à syllabe. On pourrait alors considérer l'émergence de ces nouvelles manifestations comme une phase par laquelle le bébé explore les autres possibilités de sa mandibule. La modification des cibles mandibulaires d'une syllabe à l'autre introduirait une nouvelle complexité dans le champ articulaire du bébé qui jouerait le rôle d'une perturbation du système redupliqué préalablement mis en place. Suite à cette rupture due à l'apparition de nouveaux comportements articulatoires, nous observons une diminution significative de la durée syllabique jusqu'à 12 mois ($F [1,6] = 53,54, p < 0,001$). La durée syllabique vient alors se situer entre 350 et 400 ms, soit environ 2,5 Hz et 2,8 Hz. Nous interprétons ces résultats comme une familiarisation avec les nouvelles possibilités émergentes qui peut alors laisser place à un mode fréquentiel spécifique pour la fonction de parole.

2. LE DEVELOPPEMENT DES HABILITES MOTRICES

L'hypothèse motrice de MacNeilage (1998) défend le fait que les productions du babillage sont le résultat d'un système articulaire immature. Le système de production, sous l'influence de l'activation mandibulaire, subit, à ce stade, des contraintes temporelles, nous l'avons évoqué précédemment, mais aussi motrices dont le bébé devra également se libérer pour atteindre le niveau de contrôle articulaire de la parole mature.

2.1. Un cadre syllabique dépourvu de contenu segmental : activation mandibulaire et inertie des autres articulatoires

Selon la théorie "Frame then Content" de MacNeilage (1998), le contenu segmental viendrait se superposer au cadre syllabique et se matérialiserait par la mise en mouvement des autres articulatoires (langue, lèvres), dont la position peut

varier d'une phase oscillatoire à l'autre. Les productions du babillage s'établiraient, quant à elles, sur le seul déplacement vertical de la mandibule (le cadre), de sorte que les phases constructives de la syllabe formeraient une unité articulatoire. En d'autres termes, le cycle mandibulaire fonctionnerait comme le support moteur de la parole et suffirait à l'organisation des productions babilées. Le babillage résulterait alors de la production d'un cadre dépourvu de contenu.

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. Mais au stade du babillage elle imposerait de fortes contraintes sur le système articulatoire. Il existerait en effet à cette période une forte corrélation entre les déplacements de la portaise mandibulaire et ceux des autres articulatoires tels que la langue, les lèvres ou le *velum*.

La relative inertie articulatoire associée aux séquences oscillatoires de base est un indice supplémentaire des carences du contrôle moteur à ce stade. En effet, le déplacement des articulatoires autres que la mandibule (lèvres, langue, *velum*) est extrêmement plus limité et offre alors une configuration stable de syllabe en syllabe. Ce manque d'autonomie articulatoire, au stade du babillage canonique, est également décelable dans les patrons de cooccurrences déterminés et définis à plusieurs reprises par MacNeilage et Davis (Davis & MacNeilage 1990, MacNeilage 1998, MacNeilage & Davis 2000 a, b et 2001). Ces schémas associatifs s'établiraient tous sur la base du cycle biphasique de l'oscillation mandibulaire et feraient apparaître la relative inertie de la langue lors de la transition consonne / voyelle. Trois types d'association C/V semblent alors privilégiés. La première configuration résulterait des propriétés mécaniques de la mâchoire inférieure. La simple oscillation mandibulaire serait responsable des associations préférentielles du type Consomme labiale + Voyelle neutre. De cette manière, son élévation suffirait à réaliser l'occlusion du conduit vocal, au niveau de la cavité buccale, alors que le maintien de la langue en position de repos au cours de son abaissement impliquerait le patron de résonance d'une voyelle neutre ou neutre. Or, dans certains cas, un léger mouvement de la langue interviendrait lors de la phase de fermeture et la position de l'articulateur serait conservée lors de la phase d'ouverture. La langue peut alors se positionner plus en avant dans la cavité buccale, auquel cas les consonnes coronales seront de préférence combinées aux voyelles antérieures (ex : [te], [de]). À l'inverse, lorsque l'association consonne vélaire / voyelle postérieure est privilégiée, le positionnement lingual est plutôt postérieur (ex : [ka], [ga]). La robustesse de tels patrons a pu être vérifiée par Davis et MacNeilage (1994), grâce à l'observation des échantillons sonores recueillis chez un sujet anglais, âgé de 7 à 12 mois. De la même manière, Vihman (1992) a pu évaluer leur viabilité à travers différentes sources de données (enregistrements audio et vidéo hebdomadaires de 10 bébés de 9 à 16 mois, enregistrements vidéo mensuels de 10 enfants anglais âgés de 8 à 24 mois et de données interlinguistiques concernant les productions de 5 enfants français, 5 suédois et 5 japonais).

L'absence d'implication des lèvres dans le babillage a été montrée par Munnhall et Jones (1998), à travers une étude cinématique. Quelques données articulatoires, chez l'adulte et chez un enfant de 8 mois, ont pu être collectées

avec l'Optotrak, un système opto-électrique de capture du mouvement. Certaines différences ont pu être détectées entre le jeune sujet et l'adulte lors de la réalisation d'une syllabe de type [ba]. En effet, chez l'adulte, les lèvres inférieure et supérieure sont toutes deux actives dans les mouvements d'ouverture et de fermeture. En revanche, lors du geste de fermeture, le mouvement de la lèvre inférieure serait, chez le bébé, causé de manière exogène par l'impulsion mandibulaire et déformerait la lèvre supérieure après le contact. Par ailleurs, seule la lèvre inférieure, portée par la mandibule, va s'abaisser au cours de l'ouverture. Le déplacement des lèvres serait, par conséquent, initialement conséquence passive du mouvement mandibulaire. Mais l'habileté labiale va se développer et venir s'intégrer au patron mandibulaire. Mais l'habileté labiale va se montrer que la participation de cet articulateur faiblirait entre 1 et 2 ans, tandis que celle de la lèvre inférieure augmenterait entre 2 et 6 ans.

Ainsi, pour accéder à la parole mature, le bébé doit apprendre à déplacer indépendamment ses articulatoires. Il devra, notamment, apprendre à coproduire une oscillation mandibulaire et un mouvement lingual dans la dimension antérieure-postérieure. En d'autres termes, l'unité articulatoire initialement formée par le cadre syllabique devra peu à peu se dissocier en ses composantes consonnantiques et vocaliques.

2.2. La dissociation des déplacements articulatoires

Si l'on accepte l'oscillation mandibulaire comme le générateur du cadre syllabique et l'activation des autres articulatoires comme la source du contenu segmental, le babillage correspondrait à un stade développemental où les productions refléteraient la réalisation d'un cadre dépourvu de contenu. Une des preuves de l'émergence de l'habileté articulatoire repose sur la prise de liberté des autres articulatoires. En d'autres termes, le contrôle articulatoire émergerait lorsque les trajectoires des déplacements des articulatoires portés commenceraient à se dissocier de ceux de la mandibule (Canault 2007, Canault *et al.* 2008).

Jusqu'à présent, les recherches sur le développement de la coordination articulatoire chez l'enfant ont essentiellement focalisé sur les lèvres et la mandibule principalement parce que leurs déplacements peuvent être enregistrés au moyen de techniques non invasives. Néanmoins, l'évolution des mouvements linguaux d'un sujet monolingue anglais, à 12 mois et 21 mois, a été inférée des productions acoustiques, par Sussman *et al.* (1996, 1999), grâce à l'extraction de F2, indice des déplacements de la langue dans la dimension antérieure postérieure de la cavité buccale. Ces données acoustiques, révélant le manque de coarticulation linguale anticipatoire à 12 mois, attestent du faible engagement de la langue dans les productions préférentielles du babillage. Dans le même esprit, une de nos études (Canault *et al.* 2007, 2008) s'intéressant aux mouvements langue - mandibule a mis en évidence la prédominance des déplacements verticaux de la mandibule sans geste associé de la langue au stade précoce du babillage, alors qu'avec l'âge, des mouvements horizontaux de la langue commençaient à se superposer à ceux de la mandibule. Cette étude impliquait 15 sujets âgés de 8 à 12 mois. Les mouvements de la langue ont été recueillis avec le

système Optotrak, et ceux de la langue inférés des signaux acoustiques (F2) recueillis simultanément. La dissociation des mouvements langue-mandibule a alors été matérialisée par le calcul d'un rapport "Delta F2" / "Delta mandibule", où Delta F2 correspondait à la différence en Hertz de F2 entre le début et la fin d'un intervalle de production et "delta mandibule" la différence en mm entre la position de la mandibule au début et à la fin de ce même intervalle. Un rapport élevé témoignait alors d'une plus forte variation du déplacement de la langue par rapport au mouvement de la mandibule et inversement, un rapport plus faible indiquait une variation du mouvement de la mandibule plus importante.

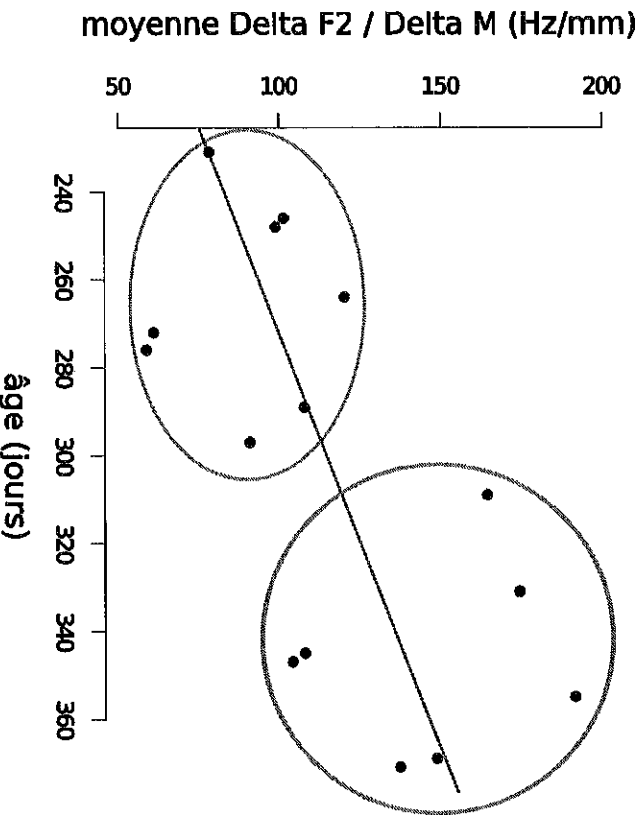


Figure 2. Evolution des rapports Delta F2 / Delta mâchoire entre 8 mois et 12 mois.

Le rapport moyen de chaque sujet est représenté par un point. L'axe des abscisses témoigne de l'âge en jours des sujets et l'axe des ordonnées de la valeur de la moyenne du rapport calculé pour chaque sujet. La droite de régression témoigne de l'augmentation de ce rapport avec l'âge. Les deux ellipses intègrent les sujets se trouvant au stade du babillage redupliqué (en bas à gauche) et du babillage varié (en haut à droite).

L'analyse de corrélation indique un accroissement de l'amplitude des mouvements linguaux dans la dimension antérieure-postérieure de la cavité buccale entre le stade du babillage redupliqué et celui du babillage varié ($R =$

0,61, $p < 0,02$). Le contrôle articulaire se développe : peu à peu les déplacements horizontaux de la langue se superposent aux mouvements verticaux de la mandibule. On peut se demander si l'évolution observée ne serait pas seulement une conséquence de l'accroissement du conduit vocal dans le sens où si la taille du conduit vocal grandit, elle pourrait provoquer une plage de variation plus grande du paramètre F2 et ainsi contester l'observation.

De manière générale, on sait que le F2 diminue avec l'âge. Nombre de travaux font état de ce phénomène et indiquent que le processus de maturation physiologique implique une baisse des valeurs formantiques (Liberman *et al.* 1976, Eguchi & Hirsh 1969, Liberman *et al.* 1980, Palethorpe *et al.* 1996...). Cependant, Kent et Murray (1982) précisent que l'étendue augmenterait légèrement entre 6 et 9 mois, mais que la moyenne reste stable autour de 3000 Hz. Si l'on considère les résultats bruts obtenus à 9 mois, les auteurs donnent une plage de fréquences pour F2 qui s'étend de 1400 Hz à 4100 Hz. Boysson-Bardies *et al.* (1989), qui se sont intéressés aux valeurs de F2 à 10 mois, ont défini l'intervalle entre 1250 à 3800 Hz. Ainsi, si l'on compare ces deux résultats, on s'aperçoit que l'étendue de F2 diminue. Néanmoins, les résultats pourraient varier en fonction des contextes vocaliques, des langues, des différences interindividuelles (Levitt & Aydelott Utman 1991). Les résultats obtenus ne seraient donc pas une conséquence de la croissance du conduit vocal. Toutefois, pour s'assurer de la viabilité du phénomène observé, nous nous sommes tournés vers les résultats proposés par un environnement de stimulation articulatoire-acoustiques basé sur le modèle articulaire de croissance VLAM ("Variable Linear Articulatory Model") (Boë, Maeda, 1998, Boë *et al.* 2006, Boë *et al.* 2008b). Il fut alors question de vérifier à 8, 10 et 12 mois les implications du processus de croissance sur F2 pour 3 positions de la langue, antérieure, centrale et postérieure, et plusieurs niveaux d'aperture de la mandibule. Les résultats répondaient aux attentes avec une diminution de la moyenne de F2 et une stabilité de l'étendue aux différents stades (Canault 2007). Ainsi, l'augmentation faible, ne peut être la conséquence de la croissance du conduit vocal mais bien celle de l'accroissement de l'habileté motrice et plus précisément de la dissociation des gestes linguo-mandibulaires.

3. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le développement du contrôle articulaire est un processus qui semble s'amorcer dès le stade du babillage. Cette période apparaît comme cruciale pour l'acquisition de la parole même si la mandibule, articulateur dominant à ce stade, impose de fortes contraintes temporelles et motrices au système de production. Très tôt des études scientifiques ont établi la relation étroite qui existait entre les activités de parole et de nutrition à travers le mouvement d'ouverture et de fermeture de la mandibule. Malgré la proximité des patrons gestuels impliqués, l'organisation temporelle de ces deux activités s'avère assez différente. C'est au cours du babillage que la fréquence oscillatoire des gestes mandibulaires engagés dans les activités de nutrition va se dissocier de celle engagée dans les activités

linguistiques et de nutrition. Chaque stade prépondérant, à savoir celui du babillage varié et celui du babillage redupliqué, serait initialement marqué par le rythme naturel de la mandibule stimulé dans les basses fréquences et subirait ensuite une diminution de la durée des cycles oscillatoires. Parallèlement, c'est également au cours de cette période que le bébé va associer les déplacements de sa langue, au départ passivement impliquée dans ses réalisations, aux mouvements verticaux de la mandibule.

Toutefois, au terme du babillage, on ne peut pas dire que le bébé ait atteint le seuil de contrôle impliqué dans la parole mature. L'organisation temporelle et spatiale de ses gestes articulatoires reste bien sûr à affiner. Il nous reste donc à continuer de faire progresser notre compréhension. Des études, comme par exemple celles de Sussman *et al.* (1996, 1999) ou Green *et al.* (2000, 2002), nous donnent déjà un aperçu du développement de la coordination spatiale et temporelle et de l'évolution de la coarticulation à venir. De notre côté, une manière de poursuivre nos travaux serait, entre autres, d'étudier l'impact de l'environnement linguistique sur nos observations. Les caractéristiques du babillage, définies comme universelles, sont-elles échantées à l'influence de l'environnement langagier? Des études ont déjà répondu négativement à cette question (Boysson-Bardies *et al.* 1989, Boysson-Bardies & Vilman 1991, Blake & Boysson-bardies 1992, Kern & Davis 2009). Il est donc tout à fait pertinent de chercher à savoir plus en détail comment, d'un point de vue articulatoire, les premiers pas vers la perte des contraintes bloquant le système de production vont permettre l'intégration des paramètres linguistiques. Néanmoins, au vu des résultats présentés dans cet article, nous espérons avoir su apporter quelques lumières à l'obscur et vaste domaine de l'émergence de la parole chez l'enfant.

REMERCIEMENTS

Ce travail poursuit celui amorcé avec Rudolph Sock – Institut de Phonétique de Strasbourg et Pascal Perrier – Gipsa-Lab de Grenoble. Une partie de cette recherche a été financée par l'ACI TTT0039 "Terrains, Techniques et Théories". Nous remercions particulièrement Louis-Jean Boë pour les simulations VLAM.

BIBLIOGRAPHIE

- Abyr C., 2001, Que nous apprennent les "tan, tan" du Tan de Broca sur l'hypothèse d'une syllabe émergente du babillage, in D. Keller, J.-P. Durand, J. F. P. Bomot & R. Sock (eds), *Perrevoir : monde et langage. Invariance et variabilité du sens vécu*, Liège, Mardaga, p. 241-259.
- Abyr C., Stefanuto M., Vilain A. & Laboissière R., 2002, What can the utterance "Tan, Tan" of Broca's patient Leborgne tell us about the hypothesis of an emergent "babble-syllable" downloaded by SMA? in J. Durand & B. Laks (eds), *Phonetics, phonology and cognition*, Oxford, Univ. Press, p. 226-243.
- Beck J. M. 1996, Organic variation of the vocal apparatus, in W. J. Hardcastle & J. Laver (eds), *Handbook of phonetic sciences*, Oxford, Blackwell Publishers, p. 256-297.
- Bickley C., Lindblom B. & Rough L., 1986, Acoustic measures of rhythm in infants' babbling, or "All god's children got rhythm, in *Proceedings of the 12th International Congress on Acoustics*, Toronto, A6-4.
- Blake J. & (de) Boysson-Bardies B., 1992, Patterns in babbling : a cross-linguistic study, *Journal of Child Language* 19 (1), p. 51-74.
- Boë L.-J., Granat J., Badin P., Autesserre D., Poché D., Zga N., Heinrich N. & Ménard L., 2006, Skull and vocal tract growth : From newborn to adult, in *Proceedings of the XVIIth International Congress of Phonetic Sciences*, Saarbrücken, Germany 75-82.
- Boë L.-J. & Maeda S., 1998, Modélisation de la croissance du conduit vocal, *Actes des Journées d'Etudes Linguistiques, La voyelle dans tous ses états*, Nantes, p. 98-105.
- Boë L.-J., Ménard L., Serkane J., Birkholz P., Kröger B., Badin P., Captier G., Canault M. & Kielwasser N., 2008a, La croissance de l'instrument vocal : contrôle, modélisation, potentialités acoustiques, et conséquences perceptives, *Revue Française de Linguistique Appliquée* Vol XII-2, p. 59-80.
- Boë L.-J., Captier G., Granat J., Deshayes M.-J., Heim J.-L., Birkholz P., Badin P., Kielwasser N., Sawallis T., 2008b, Skull and vocal tract growth from fetus to 2 years, in *Proceedings of 8th Int. Seminar on Speech Production*, Strasbourg, p. 157-160.
- (de) Boysson-Bardies B., Halle P., Sagart L. & Durand C., 1989, A crosslinguistic investigation of vowel formants in babbling, *Journal of Child Language* 16, p. 1-17.
- (de) Boysson-Bardies B. & Vilman M. M., 1991, Adaptation to language : evidence from babbling and first words in four languages, *Language* 67 (2), p. 297-319.
- Burke P. M., 1977, Swallowing and the organization of sucking in the human newborn, *Child Development* 48, p. 523-531.
- Canault M., Perrier P., Sock R., 2006, L'émergence du contrôle segmental au stade du babillage : une étude acoustique, in *Actes des 26e Journées d'Etude sur la Parole*, Dinard, p. 193-197.
- Canault M., 2007, *L'émergence du contrôle articulatoire au stade du babillage : une étude acoustique et cinématique*, Thèse de doctorat NR, Université Marc Bloch, Strasbourg 2.
- Canault M., Laboissière R., Perrier P. & Sock R., 2008, Development of lingual displacement independence at babbling stage, in *Proceedings of 8th International Seminar on Speech Production*, p. 177-180.
- Crook C. K. & Lipsitt L. P., 1976, Neonatal Nutritive Sucking : Effects of Taste Stimulation upon Sucking Rhythm and Heart Rate, *Child Development* 47-2, p. 518-522.
- Crook C. K., 1979, The organization and control of infant sucking, *Advances in Child Development and Behavior* 14, p. 209-52.
- Davis, B. L. & MacNeilage P. F., 1990, Acquisition of correct vowel production : a quantitative case study, *Journal of Speech Language and Hearing Research* 33, p. 16-27.
- Davis B. L. & MacNeilage P. F., 1994, Organisation of babbling : a case study, *Language and Speech* 37 (4), p. 341-355.
- Davis B. L. & MacNeilage P. F., 1995, The articulatory basis of babbling, *Journal of Speech Language and Hearing Research* 38, 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 in first word production, *Phonetica* 59, p. 75-107.
- Ducey-Kaibmann V., 2007, *Le cadre de la parole et le cadre du signe : un rendez-vous développemental*, Thèse de doctorat, Université Stendhal Grenoble III.
- Ejiri K., 1998, Relationship between rhythmic behavior and canonical babbling in infant vocal development, *Phonetica* 55, p. 226-237.
- Eguchi S. & Hirsh I., 1969, Development of speech sounds in children, *Acta Otolaryngologica Suppl.* 257, p. 5-43.
- Fogassi L. & Ferrari P. F., 2005, Mirror neurons, gestures and language evolution, *Interaction Studies* 5 (3), p. 345-363.
- Gallistel C. R., 1980, *The organisation of action : a new synthesis*, Hillsdale, Erlbaum.
- Ginlihi S., Zmarich C., Yayra M. & Farnetani E., 2005, Lo sviluppo fonetico in relazione ai stadi di produzione della parola : studio pilota di una bambina italiana, in *Proceedings of Associazione Italiana Scienze della Voce*, Saleme, p. 472-490.
- Godfried E. C., 1995, *Emergent Forms Origins and Early Development of Human Action and Perception*, Oxford university press.
- Goldfield E. C. & Wolff P. H., 2003, A dynamical systems perspective on infant action and its development, in J.G. Bremner & A. Slater (eds), *Theories of infant development*, Oxford, Blackwell Publishing, p. 3-29.
- Goldstein U. G., 1980, *An articulatory model for vocal tract of growing children*, Thesis of Doctor Science, Cambridge, MIT Press.
- Green J. R., Moore C. A., Higashikawa M. & Steeve R. W., 2000, The physiologic development of speech motor control : lip and jaw coordination, *Journal of Speech Language and Hearing Research* 43, p. 239-255.
- Green J. R., Moore C. A. & Kelly K. J., 2002, The sequential development of jaw and lip control for speech, *Journal of Speech Language and Hearing Research* 45, p. 66-79.
- Gregoire A., 1937, *L'apprentissage du langage : les deux premières années*, Gembloux, J. Duculot.
- Jakobson R., 1969, *Langage enfantin et aphasie*, Paris, Les Editions de Minuit.
- Jürgens U., 1998, Speech evolved from vocalization, not mastication. Commentary to MacNeilage P.F. (1998), The Frame/Content theory of evolution of speech production, *Behavioral and Brain Sciences* 21, p. 519-520.
- Kaye K. & Wells A. J., 1980, Mother's jiggling and the burst-pause pattern in neonatal feeding, *Infant Behavior and Development* 3, p. 29-46.
- Kent R. D. & Murray A. D., 1982, Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months, *Journal of the Acoustical Society of America* 72 (2), p. 353-365.
- Kern S. & Davis B., 2009, Emergent complexity in early vocal acquisition : cross-linguistic comparisons of canonical babbling", in F. Pellegrino, E. I. Chitoran & C. Coupé (eds), *Approches to phonological complexity*, Mouton de Gruyter.
- Koopmans Van Beinum F. J., 1993, Cyclic effects on infant speech perception, early sound production, and maternal speech, in *Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences (IFA)* 17, p. 65-78.

- Kuehn D. P. & Moll K., 1976, A cinematographic investigation of CV and VC articulatory velocities, *Journal of Phonetics* 4, p. 303-320.
- Lecanuet J. P., 2002, Des rafales et des pauses : les suctions prénatales, *Spirale* 22, p. 37-47.
- Levitt A. G. & Aydelott Uman J. G., 1991, From babbling toward the sound systems of english and French : a longitudinal twocase study, *Haskins Laboratory Status Report on Speech Research* 107-108, p. 41-62.
- Liberman P., Buhr R., Keating P., Hamby S.V. & Landahl K.H., 1976, Speech development in infants - vowel production, *Journal of the Acoustical Society of America* 60, S1, S43.
- Liberman P., 1980, On the development of vowel production in young children, in G.H. Yeni-Komshian, J.F. Kavanagh & C.A. Ferguson (eds), *Child Phonology* vol.1, New-York Academic Press, p. 113-142.
- Lindblom B., 1983, Economy of speech gestures, in MacNeilage P.F. (Ed.), *The production of speech*, New York, Springer, p. 217-245.
- Locke J. L., 1983, *Phonological Acquisition and Change*, New York, Academic Press.
- Lushei E. S. & Goldberg L. J., 1981, Mastication and voluntary biting, in V.B. Brooks (ed) *Handbook of physiology : the nervous system*, vol. 2, Bethesda, American Physiological Society, p. 1237-1274.
- MacNeilage P. F., 1998, The Frame/Content theory of evolution of speech production, *Behavioral and Brain Sciences* 21, p. 499-546.
- MacNeilage P. F. & Davis B. L., 2000a, On the origin of internal structure of word forms, *Science* 288, p. 527-531.
- MacNeilage P. F. & Davis B. L., 2000b, Deriving speech from non speech : a view from ontogeny, *Phonetica* 57, p. 284-296.
- MacNeilage P. F. & Davis B. L., 2001, Motor mechanisms in speech ontogeny : phylogenetic, neurobiological and linguistic implications, *Current Opinion in Neurobiology* 11, p. 696-700.
- MacNeilage P. F. & Davis B. L., 2003, Intersyllabic and word-level regularities in early acquisition, in *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelona, p. 383-386.
- Meier P., Mgvain L., Zakra R. A. E. & Willeman R., 1997, Silent mandibular oscillations in vocal babbling, *Phonetica* 54, p. 153-171.
- Ménard L., 2002, *Production et perception de la croissance du conduit vocal : variabilité, invariance et normalisation*, Thèse de doctorat, Université Stendhal Grenoble III.
- Morimoto T., Inoue T., Nakamura T. & Kawamura Y., 1984, Frequency dependant modulation of rhythmic human jaw movements, *Journal of Dental Research* 68, p. 1310-1314.
- Munhall K. G. & Jones J. A., 1998, Articulatory evidence for syllabic structure, *Behavioral and Brain Sciences* 21, p. 524-525.
- Palthebor S., Wales R., Clark J. E. & Sennettick T., 1996, Vowel Classification in Children, *Journal of the Acoustical Society of America* 100 (6), p. 3843-3851.
- Peitto L. A., Holowka S., Sergio L. & Ostry D., 2001, Babies hand move to the rhythm of language, *Nature* 413 (6), p. 35-36.
- Peitto L. A., Holowka S., Sergio L. & Ostry, D., 2004, Baby hands that move to the rhythm of language : hearing babies acquiring sign languages babble silently on the hands, *Cognition* 93, p. 43-73.

- Provassi J., 1988, *Capacités et apprentissages de régulations temporelles chez le nourrisson dans l'activité de succion*, Thèse de 3e cycle en psychologie, Paris, École pratique des Hautes Études.
- Redford M. A., MacNeilage P. F. & Davis B. L., 1997, Production constraints on utterance-final consonant characteristics in babbling, *Phonetica* 54, p. 172-186.
- Rhadrissse N. & Abry C., 1994, La coarticulation mandibulaire comme principe d'organisation syllabique (Et si la mandibule syllabisait ALIS ?), in *Actes des 20e Journées d'Étude sur la Parole*, Trégastel, p. 421-425.
- Rizzolatti G., Fadiga L., Gallese V. & Fogassi L., 1996, Premotor cortex and the recognition of motor actions, *Cognitive Brain Research* 3, p. 131-141.
- Roug L. L., Landberg J. & Lundberg L. J., 1989, Phonetic development in early infancy: a study of four Swedish children during the first eighteen months of life, *Journal of Child Language* 16, p. 19-40.
- Ruark J. L. & Moore C. A., 1997, Coordination of lip muscle activity by two-year-old children during speech and nonspeech tasks, *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 40, p. 1373-1385.
- Smith B. L. & Gartenberg T. E., 1984, Initial observations concerning developmental characteristics of labio-mandibular kinematics, *Journal of Acoustical Society of America* 75 (5), p. 1599-1605.
- Sorokin V. N., Gay T. & Ewan W. G., 1980, Biomechanical correlates of jaw movements, *Journal of Acoustical Society of America* 68, S1, S32.
- Stoel-Gammon C., 1985, Phonetic inventories, 15-24 months: a longitudinal study, *Journal of Speech and Hearing Research* 28, p. 505-512.
- Shudder-Kennedy M., 1990, Language development from an evolutionary perspective, *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research* 101-102, p. 14-27.
- Sussman H. M., Minifie F. D., Bruder E. H., Stoel-Gammon C. & Smith J., 1996, Consonant-vowel interdependencies in babbling and early words: preliminary examination of locus equation approach, *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 39, p. 424-433.
- Sussman H. M., Bruder 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* 42, p. 1080-1096.
- Thelen E., 1981, Rhythmic behavior in infancy: An ethological perspective, *Developmental Psychology* 17, p. 237-257.
- Vihman M. M., 1992, Early syllables and the construction of phonology, In C.A. Ferguson, L. Menn & C. Stoel-Gammon (eds), *Phonological development. Models, research, implications*, Timonium, York Press, p. 393-422.
- Vaikiotis-Batson E. & Ostroff D. J., 1995, An analysis of the dimensionality of jaw motion in speech, *Journal of Phonetics* 23 (1-2), p. 101-117.
- Vorperian H. K., Kent R. D., Lindstrom M. J., Kalina C. M., Gentry L. R. & Yandell B. S., 2005, Development of vocal tract length during early childhood: a magnetic resonance imaging study, *Journal of Acoustical Society of America* 117 (1), p. 338-350.
- Wolff P. H., 1968a, Sucking patterns of young animals, *Brain, Behavior and Evolution* 1, p. 354-367.
- Wolff P. H., 1968b, The serial organization of sucking in the young infant, *Pediatrics* 42 (6), p. 943-956.

The development of lingual gestures in speech: an experimental approach to language development

Lucie Ménard* & Ande Noïray**

1. INTRODUCTION

Learning to speak a language is related to the emergence of sensorimotor "maps" in which vowels and consonants are associated with articulatory-acoustic vocal tract configurations. One major challenge for young children is to develop these associations while integrating anatomical changes, as well as motor, perceptual, and cognitive abilities (Green, Moore, & Reilly, 2002; Kuhl & Meltzoff, 1982; Vorperian et al., 2005). There is empirical evidence that the physical growth of the vocal tract is not complete until adolescence (Kent, 2004). Hence, from birth to adulthood, the production of vowels and consonants is likely to reflect continuous articulatory and acoustic adjustments, as the production system matures. Determining the exact role of each component (anatomical, motor, perceptual, and cognitive) for producing intelligible speech is a complex task, especially from an ontogenetic perspective.

The objective of this paper is to study the articulatory strategies used by children to produce speech targets. Those targets can be considered as phonological goals, implemented by phonetic articulatory gestures. Considering the facts that (i) 4-year-old children can produce intelligible phonemes, (ii) their motor control capacities are still immature, and (iii) their vocal tract anatomy greatly differs from that of adults, it is hypothesized that they use different phonetic strategies compared to adults to implement phonological targets. This report is part of a broader research program we have developed with our collaborators for the last decade (Ménard et al., 2006; 2004). For the first time, this paper reports on articulatory data recorded via an ultrasound system. Data acquired by this method are compared to simulations with an articulatory-to-acoustic model (VLAM model), described below (Boë, 1999).

1.1. Non-Uniform Vocal Tract Growth, Motor Control Development, and Vowel Production

At the anatomical level, cineradiographic (Goldstein, 1980) and MRI data (Callan, Kent, Guenther, & Vorperian, 2000; Fitch & Giedd, 1999; Vorperian et

* Laboratoire de phonétique, Center for Research on Language, Mind, and Brain, Université du Québec à Montréal, Canada. Courriel: menard.lucie@uqam.ca

** Haskins Laboratories, USA.