

LA CONFIGURATION LABIALE DES VOYELLES CARDINALES CHEZ LES LOCUTEURS SOURDS AVEC ET SANS PROTHÈSE AUDITIVE

Amélie Brisebois et Jennifer Brunet

Cette étude vise à démontrer les effets de la privation auditive sur la configuration labiale dans la production des voyelles cardinales [a i u y] en contextes prosodiques neutre et emphatique, considérant l'existence d'un modèle interne de production de la parole. Deux sujets sourds profonds portant normalement une prothèse auditive ont été enregistrés avec et sans prothèse durant la production des mots cibles [gag] [gig] [gug] [gyg]. Les hypothèses posées sont qu'en présence de prothèse auditive, le locuteur produira des mouvements labiaux de moins grande ampleur par rapport à la condition sans prothèse, et que l'emphase entraînera une hyperarticulation. Les résultats démontrent que la condition de port de la prothèse et la contrainte d'emphase font varier l'aire aux lèvres et la protrusion, d'une manière différente selon la voyelle produite et le locuteur.

Introduction

Les études dans le domaine de l'acquisition de la parole et du langage nous apprennent que la production langagière requiert la participation de plusieurs modalités (la vision et l'audition, entre autres), lesquelles ne sont pas utilisées dans la même mesure par le locuteur selon le contexte de production. L'influence prédominante d'une modalité par rapport aux autres est-elle à même d'engendrer des manières différentes d'utiliser les articulateurs visibles de la phonation?

Notre recherche vise à démontrer les effets de la privation auditive sur la configuration labiale dans la production des voyelles cardinales [a i u y], considérant l'existence d'un modèle interne de production de la parole.

Ainsi, notre étude poursuit les deux objectifs spécifiques suivants :

- (1) démontrer les effets de la privation auditive sur l'habileté à produire des syllabes proéminentes (c'est-à-dire en situation d'emphase);
- (2) déterminer les paramètres articulatoires modifiés dans deux conditions de production :
 - une avec prothèse, donc avec audition;
 - une sans prothèse, donc sans audition.

1. État de la recherche

De nombreux modèles de production sont apparus au cours des dernières décennies. Parmi ceux-ci, on compte le modèle de Levelt et coll. (1999), qui prête une attention particulière aux processus phonologiques qui s'opèrent au niveau de la syllabe, et le modèle de Saltzman et Munhall (1989), qui propose un compte-rendu du contrôle des mouvements articulatoires différents : en effet, il ne tient aucunement compte des régions particulières du cerveau, des différents types de neurones ou des synapses.

Par ailleurs, Guenther, Ghosh, et Tourville (2005) ont créé un modèle neurologique d'acquisition et de production de la parole s'intéressant à des régions précises du cortex cérébral et du cervelet, notamment les régions prémotrice, motrice, auditive et sensorimotrice du cerveau. Par ce modèle, Guenther et ses collègues tentent d'expliquer l'acquisition du langage par la création d'un réseau neuronal qui permet au locuteur de contrôler les mouvements des articulateurs de la parole. Ce modèle a été utilisé pour vérifier le rôle du *feedback* auditif dans la production de la parole chez des individus normalement entendants, sourds et récemment porteurs d'un implant cochléaire. Il a également été utilisé pour rendre compte des problèmes moteurs lors du développement de l'enfant et de son habileté à composer avec les changements physiques de ses articulateurs de la parole durant la première année. Enfin, il a aussi été utilisé dans l'observation d'individus affectés par le bégaiement. Perrell (1997, 2000, 2006) a également soumis un modèle explicatif de la production de la parole. C'est sur ce modèle interne de production de la parole, aussi appelé les *feedforward commands*, que se base la présente recherche.

Tout d'abord, rappelons que l'apprentissage de la langue parlée se base entre autres sur l'interaction entre la perception auditive des sons entendus et des sons produits. Petit à petit, l'enfant découvre des correspondances entre les sons perçus et les cibles articulatoires visées (notamment les lieux et modes d'articulation) pour produire des sons (Locke et Pearson, 1992). Grâce au *feedback* auditif, c'est-à-dire la perception auditive qu'on a des phonèmes que l'on produit, l'enfant est à même d'entendre sa production et de tenter de la modifier afin de rejoindre des cibles acoustiques spécifiques. Ainsi, il apprend à ajuster ses articulateurs et à les utiliser d'une telle façon pour produire un certain phonème. Un registre de correspondances s'établit entre les cibles articulatoires et les cibles acoustiques. Éventuellement, l'enfant n'a donc plus besoin d'attendre le *feedback* auditif pour s'assurer que la cible acoustique est atteinte : il utilise ses articulateurs d'une manière qu'il sait efficace, puisque déjà utilisée et intégrée (Perrell, 2000).

Ce registre de correspondances contient l'inventaire des commandes articulatoires associées à la production de chacun des phonèmes de la langue maternelle. Il s'agit d'un répertoire de sons cibles pour lesquels de l'information tirée de la perception de diverses modalités (auditive, visuelle, sensorimotrice) a été mémorisée. Aussi appelé *feedforward commands*, ce répertoire est créé durant la période de l'acquisition du langage, c'est-à-dire lorsque l'enfant explore le contrôle moteur de ses articulateurs en tentant de reproduire les sons qu'il entend et les images (temporellement associées à ces mêmes sons) qu'il voit. Les liens entre ce que l'enfant voit (formes labiales et mouvements de la mâchoire) et produit ont d'ailleurs été montrés par les expériences d'imitation de Kuhl et Meltzoff (1982). Lors de ces expériences, les chercheurs présentaient aux bébés, âgés de quelques semaines seulement, des images de locuteurs adultes articulant les voyelles [i a u]. En présence de ces images, les vocalisations que les bébés produisaient étaient constituées en très grande majorité de la voyelle qui leur était présentée. Les mêmes résultats ont été observés lorsque les sons articulés par l'adulte étaient présentés aux bébés, et non les images.

Le modèle interne de la production de la parole se construit donc à partir de l'information reçue (que ce soit de l'information provenant de l'interlocuteur que de l'information provenant du locuteur lui-même), laquelle est organisée de manière à ce que le locuteur puisse rapidement produire par la suite les phonèmes visés. Le locuteur n'a donc pas à utiliser de l'information extérieure pour produire sa parole, il puise à même l'information en mémoire.

L'utilité de l'information provenant de l'extérieur dépasse la construction des *feedforward commands*. Perkell (1997) affirme que le *feedback* auditif, en plus de servir à bâtir notre registre de correspondances, est également utilisé pour maintenir une relation interne entre la perception du message et les commandes motrices envoyées pour la production de la parole. En d'autres mots, la parole est produite avec l'information puisée dans le modèle interne et engendre un *feedback* auditif qui permet au locuteur de valider l'information qu'il avait mémorisée en premier lieu. S'il s'avère que le *feedback* auditif indique au locuteur que la cible n'a pas été tout à fait atteinte, quelques ajustements mineurs peuvent être apportés à l'information mémorisée. Dans ce cas, le locuteur se sert aussi du *feedback* fourni par la perception sensorimotrice (qui fait en sorte que le locuteur sent la manière dont il utilise ses articulateurs et lieux d'articulation) pour ajuster les correspondances internes du modèle. En effet, le locuteur peut changer sa manière d'articuler pour créer une nouvelle association avec le phonème qu'il veut produire et qu'il entend. Enfin, l'information perçue par la modalité visuelle peut également apporter une information utile dans l'ajustement du modèle interne, puisque le locuteur peut tenter de reproduire ce qu'il voit chez son interlocuteur pour corriger au besoin la manière dont il sent qu'il utilise ses articulateurs, ce qui se répercute sur le son produit et entendu.

Puisque les apports sensoriel, auditif et visuel jouent un rôle important dans la construction, la validation et la correction des correspondances entre les sons produits et la commande motrice, il est intéressant de s'arrêter au phénomène de privation auditive afin de mieux saisir le contenu et le rôle des *feedforward commands* en général et du *feedback* auditif en particulier.

Si le *feedback* auditif est absent, sur quelle modalité le locuteur peut-il baser sa production? Les *feedforward commands* demeurent à la base des commandes motrices envoyées pour la production, mais la vision se voit alors attribuer une place notable dans la production de ce modèle interne de la parole : plus l'audition est faible, plus la modalité visuelle a un rôle prépondérant, en ce sens que le locuteur s'y fie davantage pour construire son répertoire de correspondances internes et pour l'utiliser une fois qu'il est bâti (Cathiard, 1989). Il semble en effet que le locuteur se serve de ce qu'il voit lorsque son interlocuteur s'exprime pour penser à la manière dont il devrait utiliser ses propres articulateurs lors de sa production. Il produirait donc des sons par mimétisme.

Enfin, dans un autre ordre d'idées, la robustesse d'un modèle interne se définit par la fiabilité et l'efficacité de ce dernier, malgré des conditions de production plus difficiles (par exemple, parler plus rapidement). L'emphase contrastive est une contrainte pouvant engendrer de telles conditions (Ménard et coll., 2006). Il s'agit d'un paradigme comparatif où on demande au locuteur de prononcer un certain constituant d'une manière neutre, puis de le prononcer encore en mettant l'accent sur une partie de ce même constituant. L'emphase contrastive demande davantage de contrôle des articulateurs et, par conséquent, un modèle interne de la production assez robuste chez le locuteur, car il doit contenir des associations entre des cibles acoustiques et des cibles articulatoires *plus précises* (afin de marquer l'emphase). Si ce modèle n'est pas assez robuste, le *feedback* auditif servira à ajuster la production, et non pas seulement à vérifier qu'elle correspond aux cibles visées.

2. Intérêt de la recherche

Théoriquement, on sait qu'il existe un nombre infini de configurations articulatoires afin de produire un patron acoustique donné (Perkell, 1997). Par exemple, produire un [y] implique généralement la protrusion des lèvres et une position antérieure de la langue au palais. Cependant, il a été montré que chez les aveugles, la protrusion des lèvres est moins importante, alors que la position de la langue est plus postérieure. Cette configuration crée donc un résonateur buccal dont la longueur, de la langue aux lèvres, est similaire à celui produit par une protrusion plus importante des lèvres et un avancement de la langue (Leclerc et coll., 2006; Leclerc, 2007). Qu'en est-il lorsque le sujet n'a qu'un accès limité aux informations auditives?

Nous désirons étudier des sujets sourds afin de retrouver deux possibilités de condition : une avec port de la prothèse auditive, donc avec audition, et une autre sans port de la prothèse auditive, donc sans audition. Il a déjà été prouvé que l'acuité auditive influence la production de la parole (Perkell, 2006). En outre, plutôt que de comparer des sujets sourds à des sujets normo-entendants, nous étudions seulement des sujets sourds, mais dans des conditions différentes, de manière à éliminer les différences interindividuelles (Ménard et coll., 2006).

Enfin, d'un point de vue articulatoire, les voyelles que nous avons choisi d'étudier permettent d'observer les traits d'arrondissement et d'ouverture de façon distinctive. Il est intéressant de vérifier s'il existe une corrélation entre l'absence de *feedback* auditif et la différence dans les données reliées à ces paramètres articulatoires, paramètres pour lesquels la vision a pu jouer un rôle d'importance lors de la construction du modèle interne de la parole. En outre, le choix des voyelles cardinales [a i y u] a été déterminé en fonction de la méthode utilisée pour juger de l'intelligibilité des phonèmes produits par nos sujets. Il est déjà admis que l'intelligibilité des voyelles cardinales est accrue lorsqu'elles sont bien dispersées dans le trapèze vocalique. La voyelle [y] n'est pas considérée comme étant une voyelle cardinale par tous les auteurs, mais elle représente le maximum de la configuration articulatoire arrondie chez les voyelles antérieures fermées du français. Par conséquent, lors de l'analyse des résultats, il sera question de variation articulatoire, puisqu'une plus grande variation s'exprime par une plus petite dispersion des cibles articulatoires dans le trapèze acoustique (voir annexe 2), ce qui indique un contrôle moteur plus raffiné.

En résumé, notre recherche s'intéresse à la configuration labiale des voyelles cardinales chez les locuteurs sourds avec et sans prothèse auditive. Il s'agit là d'une étude aux retombées pragmatiques qui, plus précisément, servira à :

- (1) appuyer une théorie expliquant le contrôle de la production de la parole (Perkell, 1997, 2000, 2006);
- (2) saisir l'influence des modalités visuelle et auditive dans la production de la parole;
- (3) mieux comprendre l'impact de la surdité sur la production de la parole.

3. Hypothèses

Dans l'optique où les locuteurs sourds sont appareillés (avec prothèse auditive) depuis longtemps, il y a lieu de supposer qu'ils ont joui d'un *feedback* auditif relativement suffisant en ce qui concerne son apport dans la création du registre interne, et que leurs *feedforward commands* ont été ajustées et ont intégré les associations entre cibles articulatoires et cibles acoustiques à partir de

ce *feedback*. Le *feedback* auditif de ces personnes tendrait donc à servir davantage à la validation de la production qu'à son ajustement, comme c'est le cas des personnes normalement entendant.

Cependant, nous supposons également que le modèle interne d'une personne malentendante est moins robuste que celui d'une personne normalement entendant étant donné qu'il a été construit à l'aide d'un *feedback* auditif restreint par une capacité auditive moindre.

Rappelons que la robustesse d'un modèle interne se définit par la fiabilité et l'efficacité de ce dernier malgré des conditions de production plus difficiles. Ainsi, pour tester la robustesse du modèle interne de nos sujets, nous les avons soumis à une condition de production plus difficile, soit l'emphase contrastive. Les hypothèses de notre recherche s'organisent donc autour de deux contextes prosodiques.

En contexte neutre :

- (1) La production de la parole sera équivalente en conditions normale ou de privation sensorielle auditive.

De fait, le sujet étant muni d'une prothèse auditive depuis longtemps, son modèle de production interne est relativement solide, de manière à pouvoir alimenter sa production en situation normale.

En contexte emphatique :

- (2) Il y aura un grand écart dans les données articulatoires selon qu'elles proviennent des conditions avec ou sans prothèse.

En contexte emphatique, où la production repose sur un contrôle plus fin des articulateurs (Ménard et coll., 2006), nous supposons que le sujet recueille de l'information importante du *feedback* auditif (il module sa parole sur ce qu'il entend); lorsque le sujet se retrouve en condition de privation sensorielle auditive, nous supposons que sa parole doit s'appuyer davantage sur le modèle interne, qui n'est pas assez robuste pour la supporter dans une situation d'emphase. S'ensuivrait donc un écart dans les données articulatoires.

- (3) Il y aura hyperarticulation pour la production en contexte prosodique emphatique, que ce soit avec ou sans prothèse, comparativement à la production en contexte neutre.

Cette hypothèse s'explique par le fait qu'une des stratégies généralement utilisées pour marquer l'emphase est l'hyperarticulation. En effet, il est possible qu'il y ait une hyperarticulation des lèvres pour les voyelles en contexte d'emphase, tel qu'il a été étudié par Ménard et coll. (2006).

4. Méthodologie

4.1. Sujets

Notre recherche s'appuie sur les données recueillies lors de la production de la parole réalisée par deux sujets adultes, francophones d'origine, affectés par une surdité profonde à sévère (dont la mesure se situe entre 90 et 110 pour chaque oreille), sans autre problème physique. Ces deux sujets, de sexe masculin et âgés de 22 et 29 ans, portent normalement une prothèse auditive.

4.2. Matériel et corpus

Notre corpus se compose d'une phrase gabarit à l'intérieur de laquelle est inséré un tronçon variable sur le modèle CVC et choisi parmi les suivants : [gag], [gig], [gyg], [gug]. Il est à noter que la consonne postérieure voisée non visible [g] a été choisie comme élément phonétique accompagnant la voyelle à l'étude parce qu'elle n'influence pas les articulateurs visibles qui intéressent la présente recherche.

La phrase gabarit est la suivante : «Mon ami ____ me plait.» Cette première phrase est prononcée sur un ton neutre. Pour la phrase en situation d'emphase, le sujet doit imaginer qu'un interlocuteur aurait mal entendu sa production et aurait mal compris quel ami exactement lui plaisait. C'est pourquoi le sujet, en situation emphatique, produit la phrase gabarit suivante : «Non, mon ami ____ me plait!»

Afin de recueillir des enregistrements de la production de la parole, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Caméra numérique image et son
- Casque fixé au mur
- Microphone
- Sonde à ultrasons (non étudiés dans ce présent projet)
- Miroir à 45° pour mesurer la protrusion des lèvres
- Réglette

4.3. Enregistrement

De manière à couper toute perception auditive, le sujet retire d'abord sa prothèse auditive 15 minutes avant l'enregistrement de la production de la parole afin de s'habituer à la situation de privation auditive pendant laquelle se déroule la première étape de sa production (Svirsky et coll., 1992).

Première partie de la production :

- (1) Le sujet a les lèvres peintes en bleu et la tête fixée à l'aide du casque afin que les images soient mieux captées.
- (2) Sous deux conditions prosodiques, à savoir la neutralité et l'emphase, le sujet répète les phrases porteuses qui lui sont proposées sur un ton neutre par l'expérimentateur.

Il y a une phrase porteuse par voyelle ([a i y u]), répétée 5 fois, pour chaque condition prosodique. Les voyelles ont été présentées dans un ordre aléatoire, de manière à minimiser l'apprentissage d'une répétition à l'autre.

Le sujet remet ensuite sa prothèse auditive pour la deuxième partie de l'enregistrement. Puis, les étapes de la première partie sont répétées.

4.4. Procédures d'analyse

Dans un premier temps, les données articulatoires sont extraites à l'aide du logiciel *MatLab*. Des fichiers *Excel* contenant les valeurs d'aire aux lèvres et de protrusion, regroupées selon la

condition auditive (avec ou sans prothèse) et selon la situation de production (neutre ou emphatique), sont alors générés. Le même logiciel permet d'extraire les fichiers sonores (.wav) correspondant aux images.

Dans un second temps, les données articulatoires permettent de générer des courbes de valeurs permettant d'extraire les données pertinentes à l'analyse. Nous conservons seulement les données des voyelles cibles. De nouveaux chiffriers *Excel* sont générés. Ces chiffriers dévoilent :

- (1) Le calcul des moyennes selon :
 - les valeurs maximales d'aire;
 - les valeurs de protrusion maximales pour [y u] et minimales pour [a i];
- (2) Le calcul de l'écart-type pour chacune des moyennes obtenues.

Il est alors possible de créer des graphiques et des tableaux représentant les résultats articulatoires selon les différentes conditions à l'étude.

5. Résultats

5.1. Aire

Observons tout d'abord les valeurs d'aire (tableau 1). Une ANOVA à mesures répétées avec *aire aux lèvres* comme variable dépendante et les facteurs *voyelles* ([i y u a]), *contexte prosodique* (emphase, neutre) et *condition* (avec et sans prothèse) comme variables indépendantes a révélé un effet significatif de la voyelle sur la valeur d'aire aux lèvres, tel qu'il était attendu ($F(3, 24)=201.17$; $p<0.05$).

Tableau 1
Valeurs d'aire des voyelles [y i u a] en mm²

| Locuteurs | | ML | | GT | |
|--------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | Avec | Sans | Avec | Sans |
| Prothèse | | | | | |
| Voyelle [y] | Emphase | 279,63 | 283,51 | 327,98 | 154,58 |
| | Neutre | 248,4 | 298,88 | 239,06 | 128,74 |
| Voyelle [i] | Emphase | 475,15 | 320,44 | 463,23 | 462,85 |
| | Neutre | 502,28 | 371,57 | 432,91 | 442,91 |
| Voyelle [u] | Emphase | 169,74 | 171,1 | 241,21 | 113,24 |
| | Neutre | 175,99 | 178,49 | 173,57 | 100,93 |
| Voyelle [a] | Emphase | 574,07 | 484,01 | 700,2 | 584,9 |
| | Neutre | 519,3 | 481,03 | 569,52 | 534,49 |

Les valeurs d'aire en contexte prosodique d'emphase sont significativement plus grandes qu'en contexte prosodique neutre ($F(1, 8) = 14, 043$; $p<0.05$), ce qu'illustre clairement la production de GT. Chez ML, seules les valeurs d'aire de [y] prononcées avec la prothèse et celles de [a] (peu importe le port de la prothèse) reflètent ce constat.

Lorsque les locuteurs portent leur prothèse, les valeurs d'aire aux lèvres augmentent significativement par rapport à la condition sans prothèse ($F(1, 8) = 12, 854; p < 0.05$). Pour ML, ce sont les valeurs des voyelles non arrondies [a i] qui varient le plus selon le port de la prothèse auditive alors que les valeurs de [y u] ne varient presque pas. Pour GT, les valeurs d'aire varient plus pour les voyelles arrondies [y u] et la voyelle ouverte [a] que pour la voyelle fermée et non arrondie [i].

À l'observation de la figure 1, on remarque que la voyelle [i] obtient de grands écarts-types de la part des deux locuteurs, et ce, peu importe le port ou non de la prothèse. La production de ML avec prothèse fait également état d'un grand écart-type pour [a] (figure 2).

Enfin, toujours en ce qui concerne les résultats d'aire, aucun effet significatif de l'interaction entre 2 ou 3 de ces variables indépendantes n'a été révélé par l'analyse.

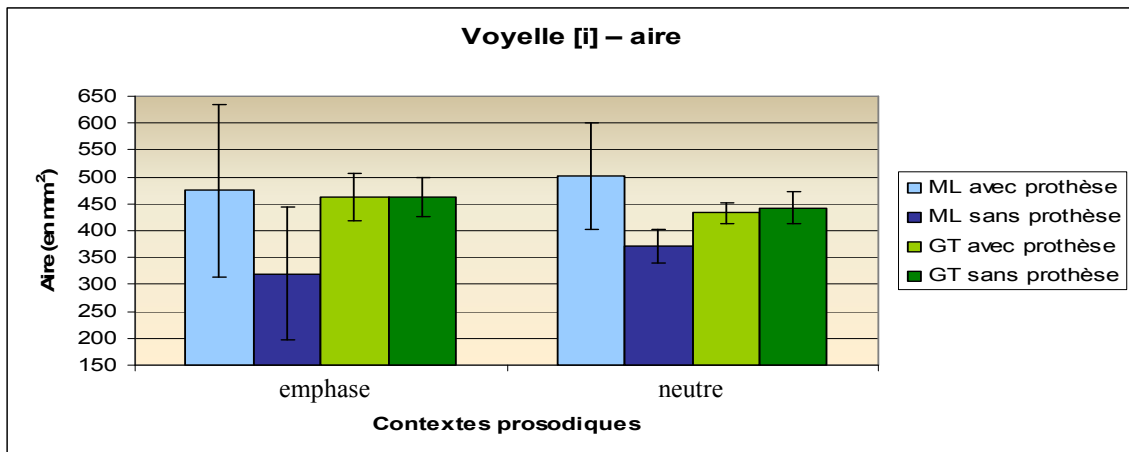


Figure 1
Valeurs d'aire de la voyelle [i]

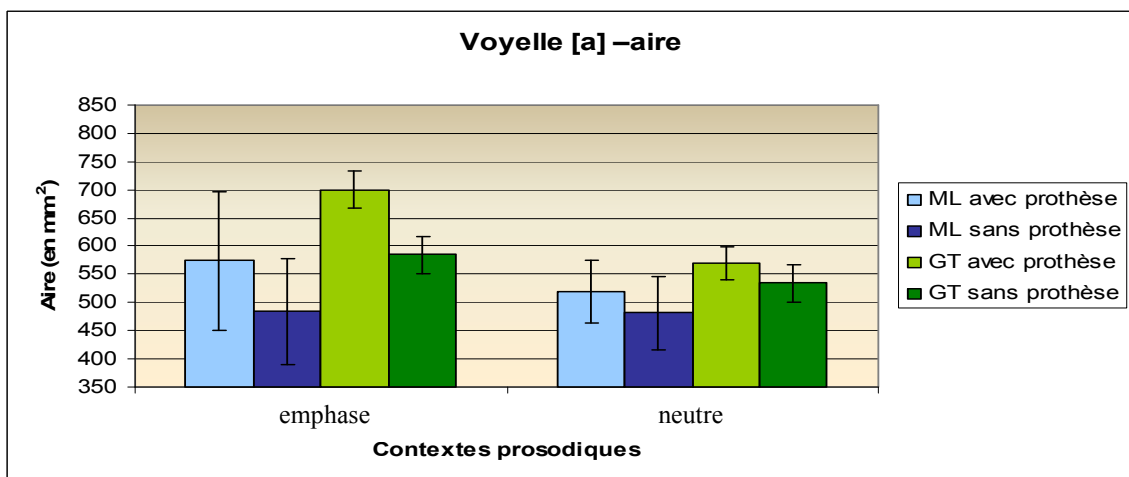


Figure 2
Valeurs d'aire de la voyelle [a]

5.2. Protrusion

En ce qui concerne la protrusion (tableau 2), une ANOVA similaire à celle de l'aire a été effectuée, en considérant cette fois les valeurs de protrusion comme variable dépendante. Les variables indépendantes étaient les mêmes que pour l'aire. Comme attendu, cette analyse a révélé un effet significatif de la voyelle¹ sur la valeur de protrusion ($F(3, 24) = 12, 810; p < 0.05$).

Tableau 2
Valeurs de protrusion des voyelles [y i u] en mm

| Locuteurs | | ML | | GT | |
|--------------------|---------|------|------|-------|------|
| Prothèse | | Avec | Sans | Avec | Sans |
| Voyelle [y] | Emphase | 4,39 | 2,49 | 15,25 | 8,7 |
| | Neutre | 4,39 | 2,21 | 13,34 | 8 |
| Voyelle [i] | Emphase | 2,91 | 1,93 | 5,7 | 0,99 |
| | Neutre | 2,53 | 1,78 | 5,76 | 1,81 |
| Voyelle [u] | Emphase | 3,87 | 1,79 | 14,66 | 9,12 |
| | Neutre | 3,36 | 1,7 | 13,09 | 7,83 |

Lorsque les locuteurs portent leur prothèse, les valeurs de protrusion sont significativement plus grandes ($F(1, 8) = 31, 921, p < 0.05$). En outre, il y a une différence interindividuelle importante, ce que nous observons par la protrusion nettement plus marquée chez le locuteur GT. Par ailleurs, la protrusion de [i] pour ML, contrairement à celle de GT, est à peine différente de celle pour les voyelles arrondies [y u], ce qui justifie la différence significativement importante de protrusion pour les voyelles [y u] par rapport à la voyelle [i] entre les conditions avec et sans prothèse ($F(1,8) = 5, 84; p < 0.05$).

Il y a également un effet d'interaction significatif entre les variables *voyelle* et *contexte prosodique*. Des tests post-oc nous ont permis de vérifier l'effet du contexte prosodique pour les voyelles [i y u]. Ces derniers ont révélé que, pour ces trois voyelles, l'écart entre les valeurs de protrusion selon le port de la prothèse est significativement différent pour les deux contextes prosodiques observés². En effet, la protrusion est significativement plus grande avec prothèse dans chaque contexte de production.

Par contre, les valeurs de protrusion ne sont pas significativement affectées par le contexte prosodique seul. De fait, la contrainte d'emphase contrastive induit très peu de variation de production.

¹ La protrusion des lèvres n'a pas été étudiée pour le phonème [a], puisqu'il ne requiert aucune protrusion. Le phonème [i] non plus n'en demande pas. Cependant, ce trait d'arrondissement des lèvres permet, en français, de distinguer [i] de [y], qui forment une paire minimale.

² [i] emphase, avec versus sans prothèse $F(1,8) = 11, 16; p < 0.05$; [i] neutre, avec versus sans prothèse $F(1,8) = 17, 19; p < 0.05$; [y] emphase, avec versus sans prothèse $F(1,8) = 19, 26; p < 0.05$; [y] neutre, avec versus sans prothèse $F(1,8) = 34, 86; p < 0.05$; [u] emphase, avec versus sans prothèse $F(1,8) = 25, 07; p < 0.05$; [u] neutre, avec versus sans prothèse $F(1,8) = 26, 24; p < 0.05$

6. Discussion

Rappel des hypothèses :

En contexte prosodique neutre :

- 1) La production de la parole sera équivalente en conditions normale ou de privation sensorielle auditive.

En contexte prosodique emphatique :

- 2) Il y aura un grand écart dans les données articulatoires selon qu'elles proviennent des conditions avec ou sans prothèse.
- 3) Il y aura hyperarticulation pour la production en contexte emphatique, que ce soit avec ou sans prothèse, comparativement à la production en contexte neutre.

À la lumière des résultats obtenus, nous pouvons infirmer la première hypothèse. En effet, autant les valeurs d'aire que celles de protrusion varient lorsqu'il n'y a pas port de la prothèse, et ce, peu importe le contexte prosodique. Par conséquent, la deuxième hypothèse est confirmée. En effet, les valeurs d'aire et de protrusion sont significativement plus grandes lors du port de la prothèse. C'est d'ailleurs la variable *port de la prothèse* qui induit le plus de variations dans les résultats, et non la variable *contexte prosodique*. En d'autres mots, peu importe le contexte prosodique d'énonciation, le *feedback* auditif s'avère crucial pour assurer la production de voyelles stables. Ces résultats confirment les conclusions de Perkell (1997 et 2006) et de Ménard et coll. (2006) selon lesquelles l'acuité auditive affecte la production de la parole.

Comme il y a beaucoup de variation interindividuelle, tel que l'ont observé Ménard et coll. (2006), nous étudierons brièvement de façon plus spécifique les résultats de chaque locuteur. En ce qui concerne le locuteur GT, on observe qu'il varie généralement beaucoup plus sa production selon le port de la prothèse que ML. Lorsqu'on observe tant les valeurs d'aire que celles de protrusion, la réalisation des voyelles [a y u] est intimement liée à la rétroaction auditive. Pour ce locuteur, il n'y a que les valeurs d'aire de [i] qui ne varient pas selon le port de la prothèse. Par conséquent, on peut dire que GT possède un registre de correspondances articulatoires moins solide que celui de ML. Cependant, contrairement à ML, GT semble avoir mieux internalisé les voyelles non arrondies que celles arrondies et marque systématiquement plus l'emphase contrastive. Nous y reviendrons un peu plus loin afin d'expliquer ce phénomène, qui peut sembler contradictoire.

Quant à la troisième hypothèse, selon nos analyses de variance, les résultats de protrusion ne font pas état d'une hyperarticulation due seulement au contexte prosodique. Il n'y a que les résultats d'aire qui supportent cette hypothèse. Cependant, alors que nous observons que les valeurs d'aire sont plus élevées pour toutes les voyelles en contexte emphatique comparativement au contexte neutre chez GT, seules les valeurs d'aire de [y] prononcées avec la prothèse et celles de [a] (peu importe le port de la prothèse) reflètent ce constat chez ML. Considérant ces résultats, on pourrait dire que, d'une part, la voyelle [a] est bien représentée dans les *feedforward commands* des deux sujets, ce qui laisse croire que les voyelles n'auraient pas toutes la même dépendance au *feedback* auditif. Le résultat pourrait être attendu, puisqu'il est connu que la voyelle [a], étant plus périphérique, a un espace de réalisation plus grand que les autres voyelles. D'autre part, GT marque l'emphase de [a] de façon significativement plus importante lors du port de la prothèse que sans. Cela illustre la nécessité du *feedback* lorsqu'il y a des contraintes de production telles que l'emphase contrastive. On peut donc affirmer que le modèle interne de GT est robuste (Ménard et coll. : 2006) concernant ce paramètre, puisque ce sujet marque l'emphase contrastive de façon régulière pour cette voyelle.

Il y a aussi hyperarticulation dans les données de protrusion, mais notre hypothèse prévoyait que c'était peu importe le port ou non de la prothèse, ce que nos résultats de protrusion ne supportent pas, puisque le port de la prothèse est une variable corrélée. En effet, le port de la prothèse influence la variation des données entre les contextes prosodiques. En fait, il y a hyperarticulation chez GT pour les trois voyelles à l'étude et chez ML pour la voyelle [u] peu importe le port de la prothèse et pour la voyelle [y] sans prothèse. Cela vient confirmer l'explication concernant les résultats d'aire à l'effet que GT contrôle mieux ses articulateurs que ML, puisqu'il marque l'emphase de façon plus marquée. Par contre, il est nécessaire de spécifier que la protrusion des voyelles arrondies chez les deux locuteurs est plus stable que celle de la voyelle non arrondie [i]³, comme quoi les correspondances internes entre la protrusion et les cibles acoustiques que sont les phonèmes [y u] seraient mieux internalisées dans leurs *feedforward commands*.

Au-delà des données fournies par les moyennes, quelques écarts-types nous fournissent une information supplémentaire intéressante. À l'observation de certains écarts-types des valeurs d'aire (voir section 5.), nous remarquons que les voyelles qui ont engendré de plus grands écarts-types sont les voyelles non arrondies du corpus. Par conséquent, il est possible d'affirmer que le paramètre d'aire aux lèvres est davantage régulier pour la réalisation des voyelles arrondies.

Il peut sembler contradictoire que GT varie sa production selon le port de la prothèse (donc qu'elle dépende plus du *feedback* auditif), mais que ce soit le locuteur qui marque le plus l'emphase contrastive (ce qui est un indice de contrôle moteur fin). La théorie d'hypo-hyperarticulation de Lindblom (cité par Leclerc, 2007) nous fournit l'explication que ce locuteur serait plus à l'aise sur un continuum d'hyper et hypo-articulation. Selon Ménard et coll. (2006), les enfants utiliseraient des stratégies plus variées pour marquer l'emphase parce qu'ils ont un contrôle articulaire moins bon que les adultes. C'est donc sur un principe de distinctivité que s'appuie la production de leurs énoncés emphatiques, tout comme ceux de GT.

Conclusion

À la suite de cette brève étude, nous pouvons déduire que les voyelles arrondies chez ML sont bien représentées dans son modèle interne de production. Puisque ce sont des voyelles arrondies, il y a lieu de penser que la vision joue un rôle important dans la construction de la représentation interne de celles-ci, comme l'a avancé Cathiard (1989), d'autant plus que cette information visuelle est facilement accessible aux malentendants. Toujours en observant le paramètre d'arrondissement des lèvres, on remarque que la variation est plus régulière que pour l'aire. Par contre, comme il a déjà été souligné, l'aire de la voyelle [a] semble très bien représentée dans les modèles internes des deux sujets. De façon globale, pour les voyelles [a y u], pourrait-on dire que ce sont les traits articulatoires les plus saillants qui sont le mieux représentés dans le modèle interne de la production de la parole? Cette hypothèse mériterait d'être appuyée par une étude à plus grande échelle (avec plus de participants) et par des analyses articulatoires des mouvements de la langue.

³ Un des locuteurs a cependant éprouvé de la difficulté à suivre la consigne méthodologique lors de sa production de [i]. Les résultats pour cette voyelle ne sont donc que très peu discutés dans la présente étude. De plus amples investigations seraient nécessaires pour comprendre le rôle du *feedback* auditif et des *feedforward commands* dans la production de ce phonème.

Il est possible de confirmer, à la lumière de cette analyse, que la privation auditive affecte le contrôle moteur de la parole et, plus précisément, la précision de l'articulateur que sont les lèvres. Le modèle interne de production de la parole d'une personne malentendante est moins solide lorsque le *feedback* auditif est absent, mais cette variabilité s'exprime différemment selon le locuteur et selon la voyelle produite. En effet, chacun des locuteurs semble varier davantage soit l'arrondissement, soit l'aperture. En ce qui concerne l'habileté des locuteurs à produire des syllabes proéminentes, les résultats obtenus ne permettent pas encore d'émettre un commentaire global. Ici encore, des analyses articulatoires plus poussées permettraient de mieux saisir le poids qui doit être accordé aux variations observées.

Références

- Cathiard, M.-A. 1989. La perception visuelle de la parole : aperçu de l'état des connaissances, *Bulletin de l'Institut phonétique de Grenoble* 368 : 109–193.
- Guenther, F.H., S.S. Ghosh et J.A. Tourville. 2005. Neural modeling and imaging of the cortical interactions underlying syllable production. *Brain and Language* 96 : 280–301.
- Kuhl, P. et A. Meltzoff. 1982. The bimodal perception of speech in infancy, *Science* 218 : 1138–1140.
- Lane, H., M. Denny, F.H. Guenther, M.L. Matthies, L. Ménard, J.S. Perkell, E. Stockmann, M. Tiede, J. Vick, M. Zanddipour. 2005. Effects of bite blocks and hearing status on vowel production, *Journal of the Acoustical Society of America* 118 : 1636–1646.
- Leclerc, A. 2007. Le rôle de la vision dans la production de la parole : Étude articulatoire et acoustique des voyelles orales du français québécois produites par des locuteurs voyants et aveugles. Mémoire de maîtrise en linguistique, Université du Québec à Montréal.
- Leclerc, A., J. Aubin, L. Ménard, A. Brasseur, A. Brisebois et M. Tiede. 2006. Lip protrusion and tongue position in French vowels produced by blind speakers and sighted speakers. Texte de la communication présenté au CRLMB Student Research Day, Centre for Research on Language, Mind and Brain. Montréal.
- Levelt, W.J., A. Roelofs et A.S. Meyer. 1999. A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences* 22 : 1–38.
- Locke, J.L. et D.M. Pearson. 1992. Vocal learning and the emergence of phonological capacity : a neurobiological approach. In *Phonological development : Models research implications*, sous la dir. de C.A. Ferguson, L. Menn et C. Stoel-Gammon, 91–129. Maryland : York Press.
- Ménard, L., H. Loevenbruck et C. Savariaux. 2006. Articulatory and acoustic correlates of contrastive focus in French children and adults. In *Speech Production : Models, Phonetic Processes and Techniques*, sous la dir. de J. Harrington and M. Tabain, 227–252. New York : Psychology Press.
- Perkell, J.S. 1997. Articulatory processes. In *The Handbook of Phonetic Sciences*, sous la dir. de W. Hardcastle and J. Laver, 333–370. Blackwell.
- Perkell, J.S. 2000. A theory of speech motor control and supporting data from speakers with normal hearing and with profound hearing loss. *Journal of Phonetics* 28 : 233–272.
- Perkell, J.S. 2006. Achieving speech motor goals : feedforward and *feedback* control. *Proceedings of the 7th International Seminar on Speech Production* : 377–384.
- Saltzman, E.L. et K.G. Munhall. 1989. A dynamical approach to gestural patterning in speech production. *Ecological Psychology* 1 : 333–382.

Svirsky, M., H. Lane, J. Perkell et J. Webster. 1992. Speech of cochlear implant patients : Results of a short-term auditory deprivation study. *Journal of the Acoustical Society of America* 92 : 1284–1300.

Annexe 1

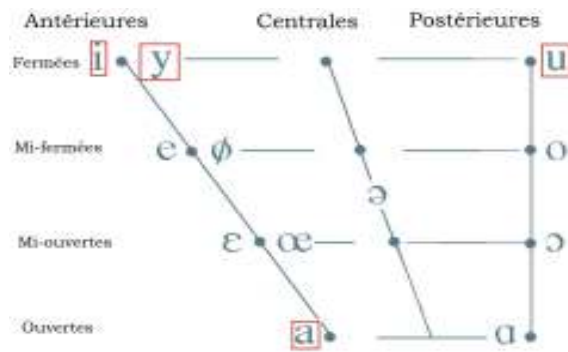


Figure 3
Trapèze vocalique

Annexe 2

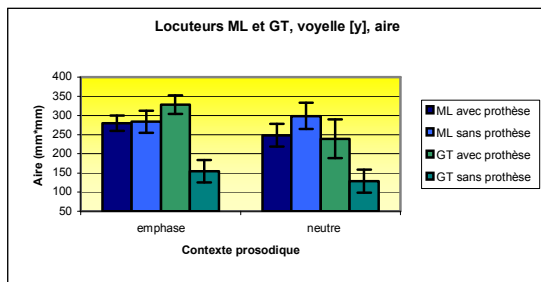


Figure 4
Valeurs d'aire de la voyelle [y]

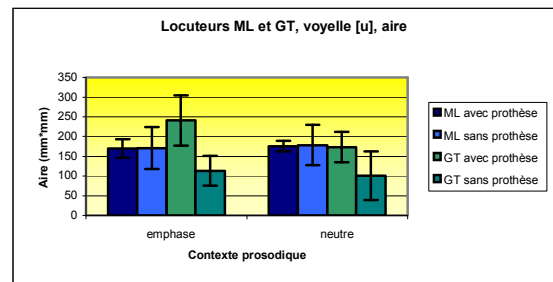


Figure 5
Valeurs d'aire de la voyelle [u]

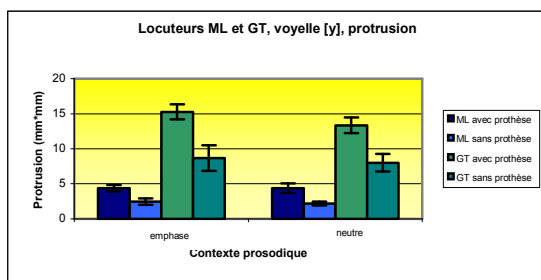


Figure 6
Valeurs de protrusion de la voyelle [y]

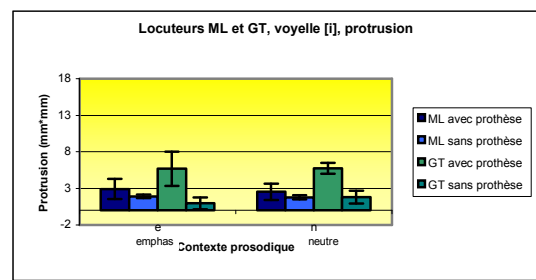


Figure 7
Valeurs de protrusion de la voyelle [i]

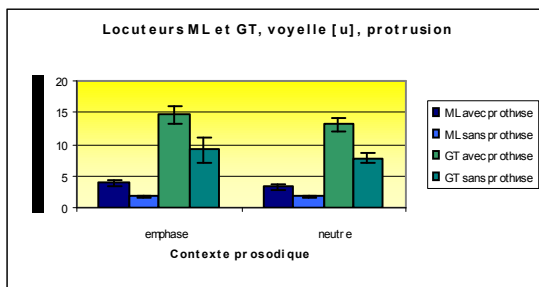


Figure 8
Valeurs de protrusion de la voyelle [u]