

RESISTANCE DU [t] SIMPLE ET DU [t t] DOUBLE A LA COARTICULATION MANDIBULAIRE EN ARABE MAROCAIN

N. Rhardisse R. Sock

Institut de la Communication Parlée, CNRS URA 368
Grenoble, France

ABSTRACT

This investigation attempts to characterize coarticulation resistance to speech rate for simple [l] and double [ll], through [i→a] and [a→i] vowel-to-vowel transitions, in Moroccan Arabic. Results show that the raising gesture for [i] has basically more coarticulatory influence on the consonantal gesture than the lowering gesture for [a], a trend which is especially evident for geminates at normal rate. These findings are discussed in the frame of speech motor control theories of anticipation.

1. INTRODUCTION

Le but de ce travail est de tester la résistance à la coarticulation mandibulaire des consonnes [l] vs. [ll], dans un système phonologique spécifique : l'arabe marocain; et ceci selon le contexte vocalique et face à la variation de la vitesse d'élocution. Une attention particulière sera donnée au paradigme expérimental de la *résistance coarticulatoire*, proposé par [5] pour une variante de l'anglais britannique. Nous utiliserons les concepts et les outils statistiques liés au contrôle moteur [7, 14]. L'approche relative de la durée (*timing* relatif) sera un moyen efficace pour apprécier les changements qui interviennent lorsqu'on fait varier le débit [6, 11]. Nous suivrons les principes méthodologiques sur la recherche en parole proposés par [2] qui se sont avérés rentables pour la mise en évidence du *timing* des oppositions phonologiques.

Enfin, nous essayerons de confronter nos résultats, sur la coarticulation anticipante, aux modèles *look-ahead* [9] et *time-locked* [3]. L'articulateur choisi dans cette étude est la mandibule : en effet, celle-ci joue un rôle important dans l'organisation temporelle, en régulant l'ouverture et la fermeture du tractus vocal.

2. METHODE

2.1. Corpus

Le corpus établi est tiré de la langue marocaine de la région de Fès, où le contrôle de la quantité consonantique [l] vs. [ll] est phonologique. Cela nous permet d'examiner la manière dont les consonnes simple [l] et double [ll] régulent le timing d'une trajectoire mandibulaire haut-bas dans une transition [i→a] et bas-haut dans une transition [a→i]. Les oppositions choisies sont les suivantes : [ala] "unité de mesure", [alla] "il a fait mijoter", [ali] "il faisait frire", [alli] "fais mijoter!", [ili] "médiance", [illi] logatome, [ila] "si", [illa] "sauf". Ces items, insérés, dans une phrase porteuse assertive, ont été réalisés par une locutrice marocaine de Fès. Chaque item a été répété 12 fois dans un ordre aléatoire. La première série a été enregistrée en débit normal (conversationnel); la seconde série avec une exigence de débit rapide.

2.2. Mesures

Le signal acoustique, numérisé à 8kHz, a été étiqueté manuellement en événements [l] à l'aide d'un éditeur de signal [4]. Les signaux de déplacement vertical de la mandibule ont été recueillis à l'aide d'un kinésiographe mandibulaire (K5AR) et échantillonnés à 160 Hz. Les événements articulatoires ont été repérés sur les signaux de vitesse et d'accélération. Ces derniers ont été obtenus par dérivation du signal de position lissé par des fonctions

splines cubiques.

Les événements acoustiques : VVO ou début du voisement vocalique (correspondant ici à la détente des [l]) et VVT ou fin du voisement vocalique (closion des [l]), nous fournissent la base temporelle VVT-VVO (tenue des [l]) comme domaine d'étude de la gémiation consonantique et de la *résistance coarticulatoire*.

Sur le plan articulatoire nous avons repéré les événements :

- ACC : défini comme l'accélération maximale du geste d'abaissement mandibulaire pour la réalisation de la voyelle subséquente [a].

- DEC : défini comme la décélération maximale du geste d'élévation mandibulaire pour réaliser les consonnes [l] simple ou [ll] double.

Nous avons retenu, à partir de ces événements articulatoires-acoustiques, les deux phases temporelles suivantes :

- LON (ACC-VVO) ou *Lowering Acceleration re : [a] Vowel Onset*, qui va du geste de l'accélération maximale de l'abaissement mandibulaire à l'établissement vocalique du [a] subséquent. Exprimée en pourcentage de la base VVT-VVO, elle nous donne le degré de coarticulation ou de ("pénétration") du [a] dans les consonnes.

- RON (DEC-VVO) ou *Raising Deceleration re : [i] Vowel Onset*, qui a pour bornes, la décélération maximale du geste de l'élévation mandibulaire pour [l] simple ou [ll] double et l'établissement de la structure formantique de la voyelle suivante [i]. Exprimée en pourcentage de VVT-VVO, elle nous donne le degré de coarticulation ou ("pénétration") du [i] dans les consonnes.

Pour les réalisations [ili] et [illi] le degré de coarticulation est à 100% (par défaut), étant donné que le geste d'élévation mandibulaire se réalise bien en amont de notre base temporelle.

3. RESULTATS

3.1. Oppositions

L'opposition entre [ala] et [alla] (fig. 1), se fait en débit normal aussi bien par la phase que par la base temporelle avec une différence de 22% en moyenne pour la phase LON et 83 ms en moyenne pour la base (respectivement, $t = 16.23$ et $t = 30.15$, significatifs à $p \leq 0,05$; même seuil pour les suivants). Lorsqu'on

augmente le débit, cette opposition de phase et de base se maintient avec une différence de 24% en moyenne pour la phase et de 67 ms pour la base temporelle (respectivement, $t = 6.57$ et $t = 23.80$).

Quand on oppose [ila] à [illa] (fig. 2) en débit normal, on remarque une différence sur la phase de 47% en moyenne ($t = 8.12$). La différence, en moyenne de 82 ms, entre les deux bases temporelles est, bien entendu, significative ($t = 20.59$). En débit rapide, cette opposition des classes phonétiques ne se fait plus que sur la base temporelle, avec une différence en moyenne de 55 ms ($t = 21.80$).

En débit normal, l'opposition entre les classes [ali] et [alli] (fig. 3) se produit sur la phase RON et sur la base temporelle : la différence est, en moyenne, de l'ordre de 29% sur la phase et de 82 ms sur la base (respectivement, $t = 6.51$ et $t = 18.75$). L'opposition n'est maintenue en débit rapide que grâce à la base temporelle, avec une différence de 55 ms en moyenne entre les deux classes ($t = 17.89$).

L'opposition entre les classes [ili] et [illi] (fig. 4) se réalise seulement sur la base temporelle. En débit normal, on constate une différence de 70 ms en moyenne entre les deux classes phonétiques ($t = 17.73$). Cette différence est réduite en débit rapide : elle n'est plus en moyenne que de 40% ($t = 12.38$).

Une tendance générale est que les classes des gémées dérivent vers les simples lorsque la tâche devient plus complexe (voir fig. 1,2,3). Il est bien connu - dans le cadre des transitions de phase ou du paradigme de la Synergétique réactualisé par [8] -, que les structures complexes tendent vers des structures simples lorsque la tâche devient plus difficile (ici l'augmentation de la vitesse d'élocution). C'est un processus de simplification, démontré par les changements historiques (CC→C, CVC→CC, VCV→VV), que nous avons pu déjà - pour d'autres gémées de l'arabe marocain [13] - mettre en évidence sur le plan acoustique.

3.2. Coarticulation

L'analyse des résultats nous montre qu'on ne peut pas systématiser une seule stratégie de coarticulation pour la réalisation de l'opposition simple vs. double face à la variation du débit. Lorsqu'on oppose [ala] à [alla] (fig. 1) en débit normal, on constate que les doubles

sont plus coarticulées que les simples ($\approx 50\%$ vs. $\approx 30\%$), ce qui signifie que [ll] double est moins résistant en débit normal. En débit rapide, la tendance reste structurellement la même ($\approx 30\%$ vs. $\approx 50\%$).

Pour l'opposition [ila] ~ [illa] (fig. 2), nous constatons le phénomène inverse. En débit normal, les simples sont plus coarticulées, donc moins résistantes, que les doubles ($\approx 60\%$ vs. $\approx 20\%$). En débit rapide, les deux classes ont des pourcentages comparables de coarticulation : elles se confondent à environ 70%, ce qui est un taux assez important de coarticulation.

Mais l'examen des classes [ali] ~ [alli] (fig. 3) nous révèle, qu'en débit normal, ce sont les doubles qui sont le plus coarticulées (à environ 65%). Ici, comme pour les classes [ala] et [alla] (fig. 1), les doubles sont moins résistantes à la coarticulation en débit normal. Cependant en débit rapide, le degré de coarticulation est semblable pour simples et doubles, avec un taux de résistance moindre ($\approx 45\%$ vs. $\approx 35\%$).

Enfin, on peut dire de manière générale que les classes [ili] et [illi] (fig. 4) sont de loin les plus coarticulées, avec un minimum de 100% de coarticulation (par défaut, cf. *supra*).

D'après ces données nous pouvons poser que le [i] a intrinsèquement une puissance de "pénétration" plus élevée que le [a], ce que révèle particulièrement le comportement des gémées en débit normal. Nous pensons donc, comme [10] et [12], que la consonne [l] semble mieux épouser la hauteur mandibulaire de la voyelle [i], ce qui expliquerait son taux élevé de coarticulation.

4. CONCLUSION

En conclusion, nous pouvons souligner que le phénomène de résistance à la coarticulation anticipante des [l] en arabe marocain peut comporter aussi bien une composante largement partagée par d'autres langues qu'une autre plus ou moins spécifique.

C'est ainsi, en commençant par l'aspect spécificité, que l'on peut valider, d'une part, le modèle *time-locked*; mais seulement en *timing relatif*, avec ceux de nos résultats qui montrent une stabilité des phases malgré la variation de la vitesse d'élocution. C'est le cas pour la

classe [alla], où l'accélération maximale se produit à intervalle *proportionnellement fixe* par rapport au début acoustique de la voyelle suivante. Mais d'autre part, nous pouvons évoquer le comportement "orthodoxe" - par rapport au modèle *look-ahead* - de la classe phonétique [illi] : elle n'invaliderait pas un tel modèle, car la coarticulation anticipante est maximale, que la consonne soit simple ou gémée.

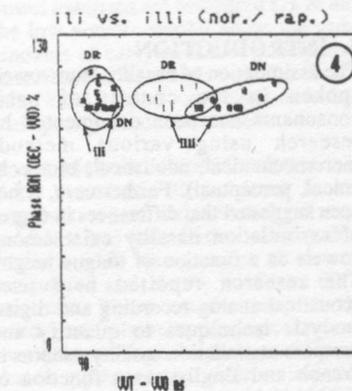
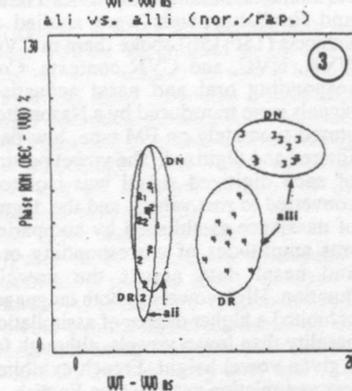
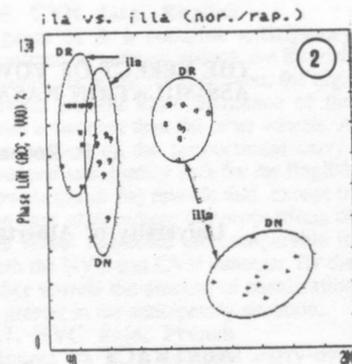
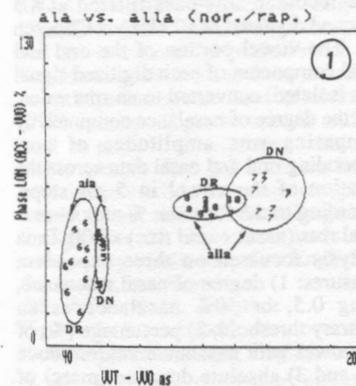
Remerciements à G. Feng pour son aide en traitement des signaux; à C. Abry pour ses commentaires.

REFERENCES

- [1] ABRY, C. BENOIT, C. BOE, L.J. & SOCK, R. (1985), "Un choix d'événements pour l'organisation temporelle du signal de la parole", *14èmes JEP du GCP du GALF*, 133-137.
 [2] ABRY, C. ORLIAGUET, J.P. & SOCK, R. (1990), "Patterns of Speech Phrasing. Their Robustness in the Production of a Timed Linguistic Task: Single vs. Double (abutted) Consonants in French", *Europ. Bull. of Cog. Psych.* : 10, 269-288.
 [3] BELL-BERTI, F. & HARRIS, K.S. (1979), "Anticipatory Coarticulation: Some Implications of Lip Rounding", *J. Acoust. Soc. Am.* : 65, 1268-1270.
 [4] BENOIT, C. (1984), "EDISIG: Encore un Editeur de signal!?", *13èmes JEP du GALF*, 211-213.
 [5] BLADON, R.A. & AL-BAMERNI, (1976), "Coarticulation Resistance in English /l/", *J. of Phon.* : 4, 137-150.
 [6] FOWLER, C.A. (1980), "Coarticulation and Theories of Extrinsic Timing", *J. of Phon.* : 8, 113-133.
 [7] GENTNER, D.R. (1987), "Timing of Skilled Motor Performances. Tests of the Proportional Duration Model", *Psych. Rev.* : 82, 225-260.
 [8] HAKEN, H. KELSO, J.A.S. & BUNZ, H. (1985), "A Theoretical Model of Phase Transitions in Human Hand Movements", *Biol. Cyb.* : 51, 347-356.
 [9] HENKE, W.L. (1967), "Preliminaries to Speech Synthesis Based on an Articulatory Model", *Speech Conference, Boston*, 170-177.
 [10] KEATING, P.A. LINDBLOM, B. LUBKER, J. & KREIMAN, J. (1990), "Jaw Position in English and Swedish VCVs", *Working Papers in Phonetics* :

74, 77-95.

- [11] LEHISTE, I. (1970), *Suprasegmentals*. The M.I.T Press, Cambridge Mass.
 [12] LINDBLOM, M.B. (1983), "Economy of Speech Gestures", in MacNEILAGE P. F. Ed, *The Production of Speech*, Springer Verlag, N-Y-Heidelberg, 217-245.
 [13] RHARDISSE, N. SOCK, R. & ABRY, C. (1990), "L'efficacité des cycles acoustiques dans la distinction des quantités vocalique et consonantique en arabe marocain", *18èmes JEP du GALF*, 108-112.
 [14] SHAPIRO, D.C. ZERNICKE, R.F. GREGOR, R.J. & DIESTEL, J.D. (1981), "Evidence for Generalized Motor Programs Using Gait Pattern Analysis", *J. Mot. Beh.* : 13/1, 33-47.



Figs. 1-4. Ellipses de dispersion (à 90%) pour l'ensemble des classes phonétiques dans les deux débits, normal (DN) et rapide (DR). En abscisse : durée en ms de la base temporelle (VVT-VVO); en ordonnée : pourcentage des phases (LON ou RON) en fonction de la base temporelle (cf. texte).