

DYNAMIQUE LINGUALE DES VOYELLES ORALES FRANÇAISES
EVALUATION STATISTIQUE A PARTIR DE DONNEES
CINERADIOGRAPHIQUES

Bernard FLAMENT

Institut Universitaire de Technologie - Heinlex - B.P. 420
44606 SAINT-NAZAIRE CEDEX - France.

ABSTRACT

In this present study we propose, through cineradiographic data, to extract by close evaluation the dynamics of the lingual articulator for French oral vowels in two sorts of actions : reinforced and unaccentuated. We intend to apply a statistical approach to lingual movements, at the place of articulation, using dispersion coefficients and confidence intervals. The degree of lingual articulator stabilization on the axe where maximum vocal tract constriction occurs is more important in the instances of reinforcement ; this is even more distinct if the length of vocal phonem is considered.

1-INTRODUCTION.LES TERMES DE LA PROBLEMATIQUE.

1.1 Le renforcement, qui peut affecter une partie de la chaîne parlée, tend à modifier de façon plus ou moins sensible le comportement articulo-phonématique et par là les modalités acoustiques des réalisations phonématiques. Sur un plan spécifiquement articulo-phonématique, les mouvements vélaire lors de la production des voyelles nasales renforcées sont notamment bien individualisés, l'abaissement du voile étant limité au maximum à la durée phonématique (certains cas de relèvement anticipé sont d'ailleurs relevés). En réalisation non-renforcée, des phénomènes d'extension ont lieu : le passage vélo-pharyngal non seulement présente un diamètre plus important, mais il peut se produire d'une manière à la fois récurrente et subséquente (B.FLAMANT 141, 151) introduisant bien entendu des modifications acoustiques des phonèmes contigus. Le positionnement vélaire y est en outre plus fluctuant, plus mobile alors qu'en réalisation renforcée, la stabilisation est plus marquée, le voile se maintenant en

position plus proche de la paroi pharyngale sous l'influence d'une tension musculaire plus grande.

1.2 L'articulateur lingual semble bien soumis à ce même type de phénomène comportemental: dans un précédent travail (B.FLAMANT et A.-H.SOUBRA 161), a été mise en évidence la plus grande stabilité des valeurs du diamètre de la constriction pour les voyelles nasales renforcées sur l'axe où se produit le rétrécissement maximal du conduit vocal. La tension neuro-musculaire qui se concentre dans la zone linguale participant à la définition du lieu d'articulation maintient la langue en position plus proche du palais, du voile ou de la paroi pharyngale suivant l'articulation et ce, de façon beaucoup plus stable que lors de la réalisation non-renforcée des mêmes phonèmes. Comme pour ce travail, nous évaluerons ici la dynamique de l'articulateur lingual, relative cette fois aux voyelles orales du français, en appliquant une approche statistique permettant de quantifier le degré de stabilisation de cet articulateur lors des deux types de réalisations phonématiques : renforcées et non-renforcées.

2- LES MODALITES D'EXPERIMENTATION.

2.1 Elles sont similaires à celles du travail déjà mentionné (161) : les voyelles, ici orales, du français dans leur quasi totalité, soit IaI IeI IeI IoI IoI IøI Iii IyI IuI sont insérées dans des monosyllabes de type CV, eux-mêmes placés dans de courts énoncés (5-7 syllabes) de manière à ce que les phénomènes d'accentuation soient limités numériquement. Ces monosyllabes sont tantôt soumis à une valorisation au sein d'une structuration du type "c'est ... qui / qu(e)" placée en

position forte en début d'énonciation, tantôt ils sont inaccentués dans des énoncés qualifiables de neutres, sans procédé d'insistance.

2.2 Les prises de vues cineradiographiques ont été effectuées au Centre Médico-chirurgical de STRASBOURG-SCHILTIGHEIM à la vitesse de 50 im/sec., ce qui permet une appréhension très fine des faits articulatoires. Le locuteur est un francophone -langue maternelle ; son français est dénué de toute trace de nuance régionale.

2.3 L'ensemble du contour lingual a été envisagé pour une juste définition du lieu d'articulation de la voyelle considérée. Des mesures précises quant au diamètre du passage buccal aussi bien dans la zone alvéolaire que dans les zones palatale, vélaire ou pharyngale ont été relevées. Le dynamisme de l'articulateur est étudié sur l'axe où se produit le rétrécissement maximal et ce, image par image, pour l'ensemble de la durée articulatoire.

3- TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES.

3.1 A partir des valeurs du diamètre du tractus relevées sur l'axe du lieu d'articulation, nous proposons un traitement statistique. Prenons le cas en effet de deux réalisations phonématiques bien contrastées sur le plan des données concernant la durée articulatoire : le IeI, le IøI et le IuI. En énonciation valorisée (E.V.), la durée phonématique est beaucoup plus accusée qu'en énoncé neutre (E.N.) dans lequel la voyelle est en position inaccentuée. A titre d'exemples, voici, pour ces 3 voyelles et dans les 2 types de réalisations, les valeurs (en cm) du diamètre du passage vocal sur l'axe retenu :

IeI	E.N. 0,7/0,9/1/1,25
	E.V. 0,7/0,75/0,75/0,75/0,75
	0,8/0,85/0,85/0,9
IøI	E.N. 1/1,15/1,25/1,3
	E.V. 0,8/0,85/0,9/0,9/0,75/
	0,75/0,75/0,75
IuI	E.N. 0,4/0,4/0,7/0,9/1
	E.V. 0,5/0,5/0,5/0,5/0,6/0,8

Nous observons non seulement une grande disparité sur le plan de la durée phonématique (chaque valeur correspond à la durée d'une image radiologique), mais aussi une variance positionnelle plus importante dans le cas des réalisations en

E.N. La langue se maintient peu dans la position-cible : une mouvance de cet articulateur intervient de façon plus marquée qu'en réalisation renforcée (E.V.) où une stabilisation se produit.

3.2 Evaluation des écarts-types.

3.2.1 L'écart-type d'une série de mesures comportant N nombres x_1, x_2, \dots, x_N est noté par s et se définit par la formule suivante :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}{N}}$$

où \bar{x} représente la valeur moyenne des nombres de la succession désignée par x.

3.2.2 Voici les valeurs de s pour les différentes voyelles orales considérées, en prenant en compte la totalité de la durée de l'articulation :

N		s	
IaI E.N.7	0,0639 +		
E.V.8	0,0415 -	N	s
IeI E.N.5	0,0374 +	IeI E.N.4	0,1980 +
E.V.8	0,0348 -	E.V.9	0,0614 -
IoI E.N.8	0,1871 +	IoI E.N.7	0,2279 +
E.V.9	0,0774 -	E.V.8	0,1225 -
IøI E.N.4	0,1146 +		
E.V.8	0,0634 -		
IiI E.N.5	0,0245 +	IyI E.N.3	0,0471 +
E.V.5	0 -	E.V.3	0 -
IuI E.N.5	0,2481 +		
E.V.6	0,1106 -		

La dispersion des valeurs en E.V. par rapport à E.N. présente un déficit dans la totalité des cas : la stabilité articulo-linguale- y est plus importante, au lieu d'articulation, dans ce type de réalisation. Là où les valeurs de s sont déjà très faibles en E.N. (c'est le cas essentiellement des voyelles antérieures, de lieu d'articulation alvéolaire), celles-ci s'abaissent encore en E.V. Dans les autres cas, les écarts entre E.N. et E.V. sont parfois très sensibles avec des rapports (bilan E.N./E.V.) pouvant atteindre 1 à 2 et même quasiment 1 à 3. L'incidence des muscles linguaux n'est pas négligeable dans ce processus, notamment pour les réalisations postérieures : les muscles qua-

lifiés d'extrinsèques, en l'occurrence le palatoglosse, le styloglosse et l'hyoglosse modifient la position et la configuration de la langue dans la cavité buccale, de la zone palatale à la région pharyngale inférieure (sur l'activité linguo-musculaire, v. entre autres les travaux de W.-J.HARDCASTLE 171, S.WOOD 191, J.-P.ZERLING 1101, M.ROSSI 181, pp.97-99).Les articulations postérieures IuI, IeI se caractérisent toutefois par une dispersion des valeurs plus accusée, imputable sans doute au fait que la masse linguale d'arrière est plus importante, et rend plus lent, plus aléatoire, le positionnement lingual au lieu d'articulation ; ceci est tout particulièrement sensible en E.N. où les phénomènes de coarticulation sont conséquents et où la stabilité y est donc moindre. En E.V., le diamètre du tractus diminue et la position-cible est davantage maintenue sous l'influence de la tension neuro-musculaire.

3.2.3 Les valeurs de s sont encore bien plus réduites pour les réalisations renforcées si l'on prend comme base temporelle la durée articuloire des mêmes phonèmes, observée en E.N. :

IaI (N=7) s = 0,0416	
IeI (N=5) s = 0,02	IeI (N=4) s = 0
IoI (N=8) s = 0,0415	IoI (N=7) s = 0,0942
IøI (N=4) s = 0	
IiI (N=5) s = 0	IyI (N=3) s = 0
IuI (N=5) s = 0,04	

Une remarquable stabilité est observable pour les réalisations renforcées. La régulation du paramètre de la durée diminue le taux des éventualités de dispersion concernant les valeurs de $x_j - \bar{x}$, ce qui réduit encore la valeur de s. Il n'y a guère que pour IaI où celle-ci est quasiment la même, du fait d'une très faible augmentation de durée en E.V. (N=8) par rapport à E.N. (N=7) et pour IiI où sa valeur (nulle) reste inchangée.

3.3 Intervalles de confiance. Afin de nous assurer de la validité des résultats, nous avons calculé l'intervalle de confiance pour chacun des phonèmes vocaliques (avec homogénéisation temporelle de la durée articuloire E.V. / E.N.). Cet intervalle de confiance a été calculé en considérant un degré de confiance égal à 95% pour les différentes séries.

IaI E.N. N=7	0,0445	< σ	< 0,152
E.V. N=7	0,0290	< σ	< 0,0991
IeI E.N. N=5	0,0251	< σ	< 0,1202
E.V. N=5	0,0134	< σ	< 0,0643
IeI E.N. N=4	0,1295	< σ	< 0,8526
E.V. N=4	0	< σ	< 0
IoI E.N. N=8	0,1322	< σ	< 0,4071
E.V. N=8	0,0293	< σ	< 0,0902
IoI E.N. N=7	0,1586	< σ	< 0,5421
E.V. N=7	0,0656	< σ	< 0,2241
IøI E.N. N=4	0,0749	< σ	< 0,4932
E.V. N=4	0	< σ	< 0
IiI E.N. N=5	0,0164	< σ	< 0,0787
E.V. N=5	0	< σ	< 0
IyI E.N. N=3	0,1663	< σ	< 0,7974
E.V. N=3	0	< σ	< 0
IuI E.N. N=5	0,0301	< σ	< 0,3628
E.V. N=5	0,0268	< σ	< 0,1285

Les intervalles de confiance sont toujours compris entre 2 valeurs plus faibles -parfois de façon très nette - lorsque l'articulation considérée est en E.V. On observe même dans un certain nombre de cas des valeurs nulles, traduisant une constante stabilité articuloire dans la zone d'articulation et ce, pour la durée concernée, dans ce type de réalisation.

4- RESULTATS.

1) Les valeurs de s en E.N. s'avèrent toujours supérieures en E.V. Ceci marque la relation directe entre renforcement articuloire et stabilité -ou accroissement de la stabilité- de l'articulateur lingual au lieu d'articulation. La tension neuro-musculaire plus importante qui accompagne la réalisation de phonèmes vocaliques renforcés permet d'une part un positionnement lingual plus rapide dans la position-cible caractéristique de l'articulation ; d'autre part, elle favorise le maintien de cet articulateur dans cette position, provoquant ainsi une stabilisation linguale à l'endroit où s'effectue le rétrécissement maximal du conduit vocal.

2) Les voyelles de constriction nettement antérieure telles IiI IyI IeI présentent des valeurs de s faibles en E.N. et encore plus réduites en E.V. (voire nulles). Ceci peut être imputable essentiellement sans

aucun doute à la durée plus faible pour ce type de voyelles, donc à de moindres possibilités de dispersion des valeurs ; une autre raison découle de l'action du maxillaire inférieur : bien qu'il existe une complexité certaine des rapports entre les mouvements linguaux et ceux de la mandibule (A.BOTHOREL 111, pp.119-120), l'influence stabilisatrice de cet articulateur apparaît le plus opérant s'agissant d'articulations vocaliques "réalisées par un mouvement de la partie antérieure de la langue" (A.BOTHOREL 121, p.70). Pour ce qui est des voyelles de réalisation postérieure IøI IøI IuI, le renforcement entraîne des réductions très marquées des valeurs de s (v. notre essai d'explication, §3.2.2). A l'instar de la postériorisation des articulations, la labialité intervient au détriment de la stabilité linguale, IøI et IuI présentant des valeurs de s plus élevées en E.N. par rapport à IøI, et restant supérieures en E.V. pour IøI. L'adjonction, au plan distinctif, du trait de la labialité, perturbe le degré de stabilisation articuloire (ceci va tout à fait dans le sens des observations d'A.BOTHOREL 121, p.68).

3) La durée articuloire n'est pas à considérer d'une façon absolue. Dans les cas de renforcement, la stabilisation linguale est en effet plus marquée alors que la durée articuloire augmente très généralement ; encore convient-il de confronter les mêmes phonèmes dans les 2 types de réalisations -renforcées et non-renforcées. Ceci est à mettre en relation avec le débit d'élocution, plus rapide dans les énonciations neutres. En raison de l'accroissement de ce débit, la précision des gestes articuloires est moins grande et la "cible" moins souvent atteinte (J.CAELEN 131, p.129). Néanmoins, une brièveté phonématique n'implique pas nécessairement une plus grande instabilité articuloire : les cas du IiI et du IyI sont plus que probants ; leur brièveté de réalisation -par nature- est largement compensée par l'augmentation de l'influence stabilisatrice du maxillaire inférieur. En fait, l'analyse des faits articuloires est complexe : l'explication de ces faits passe bien souvent -sinon de façon inéluctable- par la prise en compte des imbrications d'articulateurs et de comportements musculaires.

4 - REFERENCES

- 111 A.BOTHOREL (1983), "Contraintes physiologiques et indices articuloires", *Speech Communication 2*, n°s 2-3, pp.119-122.
- 121 A.BOTHOREL (1984), "Apport de la radiocinématographie à la recherche phonétique", *Etudes de Phonétique, Phonétique et Linguistique descriptive du français*, Buske Verlag, Hambourg, vol.1, pp.55-88.
- 131 J.CAELEN (1985), "Introduction à la segmentation cinématique", *Actes des 14èmes J.E.P.*, G.A.L.F. et E.N.S.T., Paris, pp.129-132.
- 141 B.FLAMENT (1988), "Positionnement vélaire en français sous l'effet de la tournure valorisante : présentatif+relative -Approche articuloire sur les plans phonématique et interphonématique", *Actes du 7ème Symposium F.A.S.E.*, Edimbourg, vol.3, pp.875-882.
- 151 B.FLAMENT (1989), "Traitement articuloire -lingual et vélaire- des voyelles nasales en français sous l'effet de la valorisation", *Mélanges de phonétique générale et expérimentale offerts à P.SIMON*, Strasbourg, vol.1, pp.371-391.
- 161 B.FLAMENT et A.-H.SOUBRA (1990), "Approche statistique de la dynamique linguale en français -Application aux voyelles nasales", *Actes du 1er Congrès français d'Acoustique*, I.C.P.I., Lyon, vol.I, pp.491-494.
- 171 W.-J.HARDCASTLE (1976), *Physiology of Speech Production*, Academic Press, London / New York / San Francisco.
- 181 M.ROSSI (1983), "Niveaux de l'analyse phonétique : nature et structuration des indices et des traits", *Speech Communication 2*, n°s 2-3, pp.91-106.
- 191 S.WOOD (1977), "A radiographic analysis of constriction locations for vowels", *Working Papers 15*, Phonetics Laboratory, Lund University, pp.101-131.
- 1101 J.-P.ZERLING (1979), "Description de cinq voyelles orales du français en contexte et nouvelle classification articuloire", *Verbum*, Nancy-II, 1, pp.55-87.