

# Une étude EPG de la palatalisation des occlusives vélares en français

Caroline Corneau, Alain Soquet et Didier Demolin

Laboratoire de Phonologie  
Université Libre de Bruxelles, Belgique  
Tél.: ++32 (0)2 650 20 18 - Fax: ++32 (0)2 650 20 07  
E-mail : ccorneau@ulb.ac.be - <http://www.ulb.ac.be/philo/phonolab>

## ABSTRACT

This paper examines with electropalatography the production of velar plosives of two Belgium French speakers. Data is analysed with respect to two moments (beginning and release of closure), [voice] feature and vocalic environment. This study characterises palatalisation which results from adjacency with palatal vowels according to the place of articulation and to the amount of lateral tongue/palate contact. Coarticulation phenomena are also described in a temporal perspective.

## 1. INTRODUCTION

La palatalisation des occlusives vélares du français en contexte de voyelles palatales est un phénomène bien établi (notamment depuis [Rou01]). Cet article caractérise l'articulation des occlusives vélares du français à l'aide de l'électropalatographie. Un atout majeur de cette technique est qu'elle permet d'étudier l'aspect dynamique des gestes d'occlusion et des interactions entre gestes consonantiques et vocaliques. Cette étude examine donc l'organisation temporelle du geste d'occlusion et de la palatalisation des occlusives vélares qui résulte de la présence d'une voyelle palatale adjacente.

Cette étude s'insère dans le cadre d'une recherche dans laquelle les données EPG sont confrontées à des données d'IRM pour caractériser l'articulation des occlusives vélares. En effet, dans certains contextes vocaliques, le lieu d'articulation de ces consonnes est postérieur au palais EPG, qui ne fournit donc qu'une information incomplète sur la configuration de la langue pendant l'occlusion. Cependant, ces informations permettent d'identifier et de caractériser les cas de palatalisation de ces consonnes vélares.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les données furent acquises via la station de travail Physiologia [Tes90]. L'électropalatographe (EPG) est le système EPG2 de Reading, qui utilise un palais artificiel en acrylique de 1,5 mm d'épaisseur contenant 62 électrodes de contact (6 électrodes sur le rang le plus antérieur, et 8 électrodes sur les 7 autres rangs) [Har89]. Les données EPG sont présentées sous la forme de profils de contact indiquant le nombre d'électrodes contactées (en ordonnée) sur chaque rang du palais (en abscisse). Un nombre inférieur à 8 contacts par rang indique une constriction et renseigne sur l'importance des contacts latéraux de la langue au palais.

Le corpus est constitué de 72 items produits par chacun des 2 locuteurs masculins belges (S1 et S2) dans la phrase "Papa frappe /item/ parfois". Le corpus est constitué de l'ensemble des combinaisons de séquences V1CV2 où C représente /k/ ou /g/, et V une des voyelles /ɑ, E, i, ɔ, u, y/. Deux moments sont choisis dans la production des consonnes pour extraire les données EPG : le début de l'occlusion (t1) et le relâchement de l'occlusion (t2) (d'après le signal et le spectrogramme).

Les résultats sont évalués statistiquement par un modèle MANOVA – Repeated measures, avec comme facteurs 'within-subjects' les 8 rangs du palais EPG et les 2 temps t1 et t2, et comme facteurs 'between-subjects' les 6 V1, les 6 V2 et les 2 consonnes. Les variables dépendantes sont les 8 mesures du nombre de contacts sur chaque rang. Pour les analyses de variance faites à chacun des deux moments t1 et t2, les résultats des deux locuteurs sont évalués séparément. Les tests post-hoc sont basés sur l'indice de Scheffé. Lorsqu'il n'est pas précisé, le taux de significativité est de  $p < .05$ .

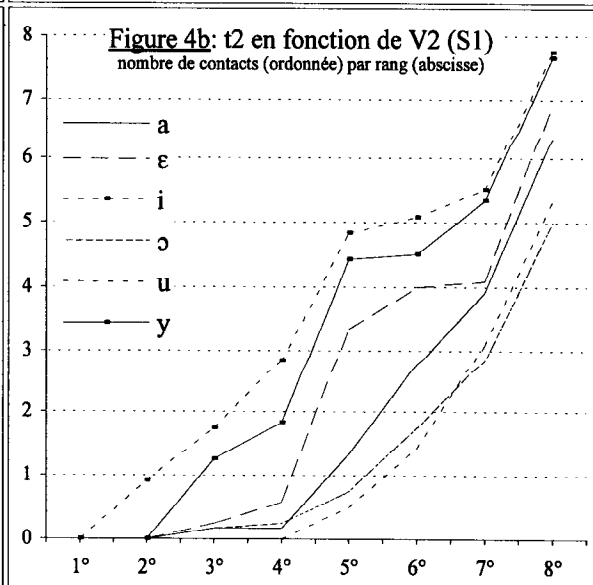
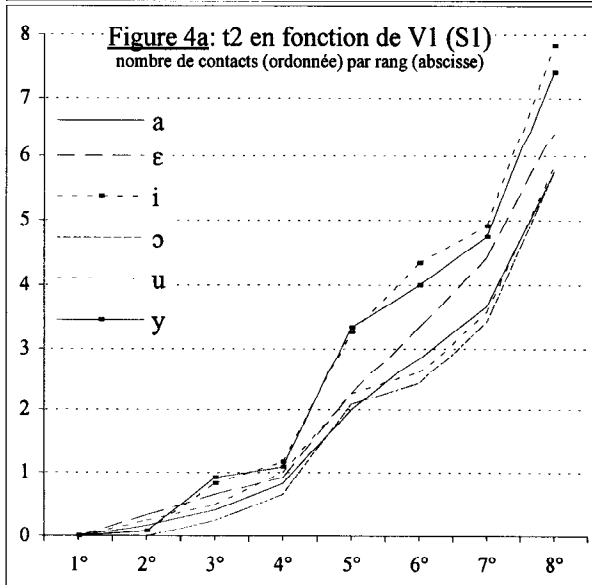
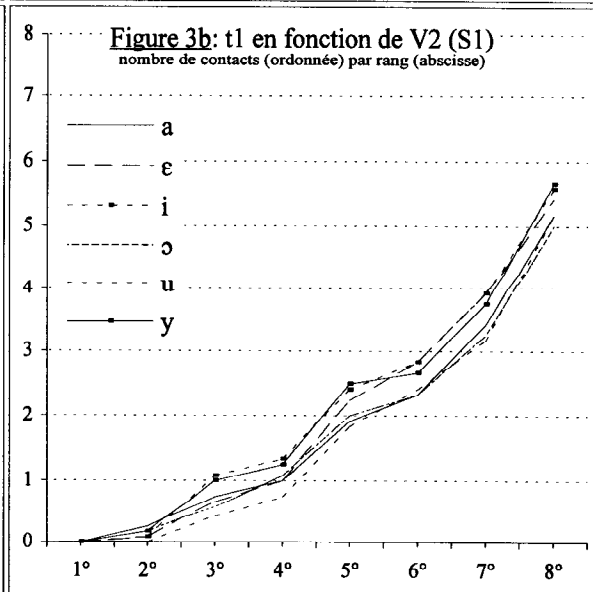
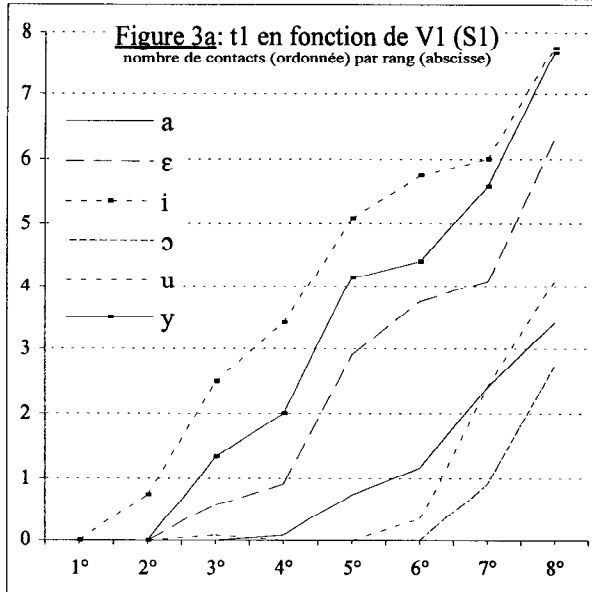
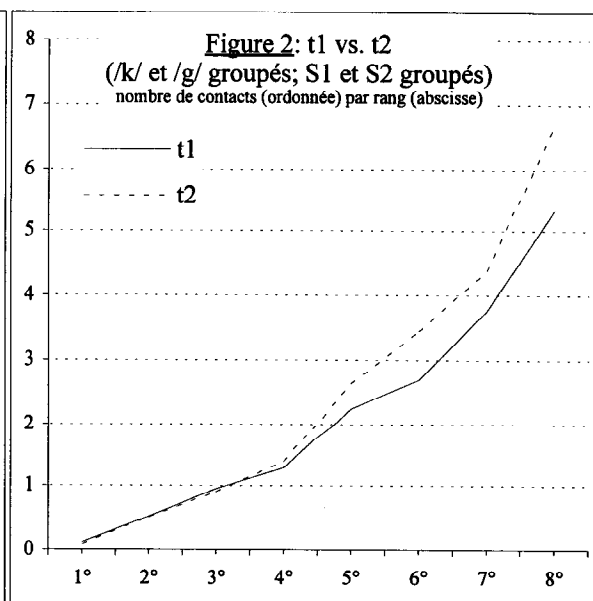
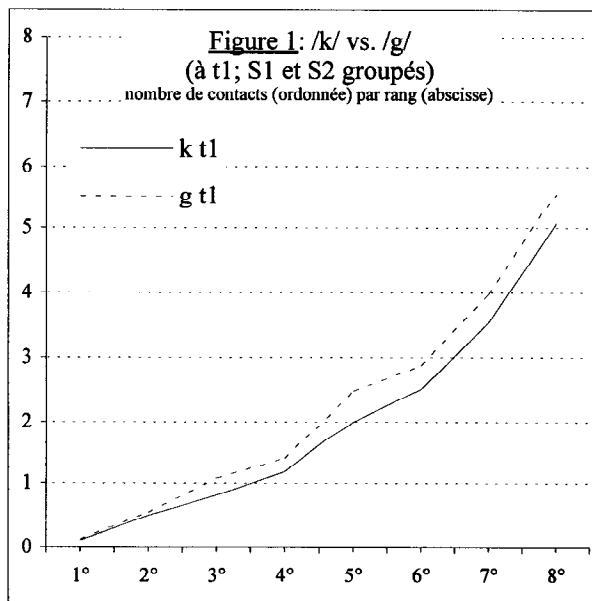
## 3. RÉSULTATS

### 3.1 Comparaison entre /k/ et /g/

La figure 1 compare le profil des occlusives vélares sourdes et sonores (S1 et S2 groupés) à t1. Les profils de /k/ et /g/ présentent des différences significatives ( $p < .005$ ), le contact langue/palais étant plus important dans le cas de /g/. Cependant, cette différence ne varie pas selon les rangs du palais EPG ( $p < .1$ ), ni au cours du temps ( $p = .08$ ), ni d'après l'environnement vocalique ( $p < .5$ ).

### 3.2 Comparaison entre t1 et t2

La figure 2 présente les profils de l'occlusive vélaire (S1 et S2 groupés, /k/ et /g/ groupés) à t1 et à t2. Les différences entre t1 et t2 sont significatives ( $p < .001$ ), et reflètent une interaction avec les rangs du palais ( $p < .001$ ). Le relâchement de l'occlusion (t2) présente un profil avec des contacts plus importants sur les rangs postérieurs. Ce résultat suggère que le début et la fin de l'occlusion présentent des différences indépendantes de l'environnement vocalique qui semblent être dues à la temporalité même du geste d'occlusion.



### 3.3 Caractérisation du début de l'occlusion (t1)

**En fonction de V1.** (figure 3a, items en t1 groupés en fonction de V1, S1). Le lieu de l'occlusion est le plus antérieur pour les items en contexte /i/ ou /y/ ( $p < .001$ ). Le lieu est légèrement plus postérieur en contexte /E/ ( $p < .01$ ). Les trois dernières voyelles entraînent un lieu encore plus postérieur ( $p < .001$ ), avec, dans le cas de S2, une tendance encore plus postérieure pour /Ç/ ( $p < .02$ ). (/a/, /Ç/ et /u/ seront appelées ci-dessous voyelles "postérieures"). Dans ces contextes, le lieu de l'occlusion est postérieur au 8° rang, et ne peut donc pas être représenté par les résultats EPG.

En ce qui concerne la magnitude des contacts (la somme des contacts sur le palais), chaque voyelle est caractérisée par une quantité propre, à l'exception, pour le sujet S1, du profil en contexte /u/ qui ne se distingue pas de manière significative ni de /a/ ni de /Ç/. Pour le sujet S2, les profils en contexte /i/ et /y/ ne se distinguent pas, mais le profil en contexte /Ç/ se distingue de ceux en /a/ et /u/.

Si l'on observe les différences sur chaque rang, on voit que pour S1, le profil en contexte /i/ se distingue des autres dès le 2° rang, et est similaire à /y/ sur les rangs 7-8. Le profil en contexte /E/ ne se distingue de /y/ que sur les rangs 5, 7-8, et se distingue des voyelles postérieures sur les rangs 5-8. Pour les trois voyelles postérieures, /a/ et /u/ ne se distinguent jamais, et /Ç/ se distingue des deux autres uniquement sur le 7° rang, et se distingue de /a/ sur le 6° rang et de /u/ sur le 8° rang. Chez le sujet S2, la distinction /i/-/y/ (avec plus de contacts pour /y/) n'est significative que sur les rangs 1-3. Le profil en contexte /E/ ne se distingue des autres que sur le 8° rang, et de /Ç/ à partir du 3° rang, mais reste toujours similaire à ceux de /a/ et de /u/.

**En fonction de V2.** Aucune différence n'est significative en fonction de V2 (figure 3b, items en t1 groupés en fonction de V2, S1). Les seules différences significatives sont obtenues en groupant les items en fonction du type (antérieur ou postérieur) de V2. Les profils diffèrent alors sur les 5° et 7° rangs pour S1, et des rangs 3-6 pour S2, avec davantage de contact pour les voyelles antérieures.

### 3.4 Caractérisation de la fin d'occlusion (t2)

**En fonction de V1.** Seul le sujet S1 présente des différences significatives entre les profils groupés en fonction de V1 en t2 (figure 4a). Ces différences concernent le 8° rang, le profil en contexte /i/ se différenciant de ceux de /a/ et de /Ç/ et de celui de /u/. Si l'on groupe les items d'après le type (antérieur/postérieur) de V1, les deux sujets présentent des différences significatives. Pour S1, les différences se situent au niveau du 3° rang et des rangs 5-8 ( $p < .002$ ). Pour S2, elles se situent sur les rangs 2-5 ( $p < .008$ ) et sur les rangs 7-8 ( $p < .001$ ).

En ce qui concerne la magnitude des contacts, on obtient des différences significatives en groupant les items selon le type de V1 ( $p = .006$  (S1) et  $p = .03$  (S2)).

**En fonction de V2.** La figure 4b groupe les items (en t2, S1) en fonction de V2. Les profils ne diffèrent

significativement pour le lieu d'occlusion que pour les contextes /u, Ç/ par rapport aux contextes /i, y/, ainsi que pour le contexte /E/ qui diffère du contexte /Ç/ pour le sujet S1 et de /u, Ç/ pour le sujet S2. Le profil en contexte /a/ diffère aussi du contexte /Ç/ pour le sujet S2.

Au niveau de la magnitude des contacts, les profils en contexte /i/ et /y/ ne diffèrent pas significativement, de même que les profils pour les trois voyelles postérieures. Le profil en contexte /E/ ne diffère pas de /y/, ni de /u/ pour le sujet S1 et de /i/ pour le sujet S2.

Si l'on observe les profils rang par rang, on voit pour S1 que le profil en contexte /i/ ne diffère de celui de /y/ que sur le 2° rang, et de celui de /E/ sur les rangs 2-4 et 7. Le profil en contexte /E/ est similaire à ceux des voyelles postérieures sur les rangs 2-4, se rapproche des profils des voyelles antérieures sur le 5° rang, pour ensuite n'être différent que du profil en contexte /Ç/ sur les rangs 6 et 8. Les profils en contexte des trois voyelles postérieures ne sont pas différents. Pour le sujet S2, les profils en contexte /i/ et /y/ ne diffèrent pas. Le profil en contexte /E/ est similaire à celui de /i/ sur les rangs 2, 3 et 5-8. Sur les rangs 7-8, il ne se distingue que de /Ç/ et /u/. Pour les profils en contexte de voyelles postérieures, seuls les contextes /a/ et /Ç/ diffèrent sur le 8° rang.

## 4. DISCUSSION

### 4.1 Occlusives sourdes et sonores

Les résultats présentés en figure 1 (cf. 3.1) semblent montrer que l'occlusion est légèrement plus antérieure dans le cas de /g/. Cependant, il est également possible que l'étendue des contacts soit en fait plus importante pour l'occlusive sonore, ce que les données EPG ne nous permettent pas de constater puisqu'elles ne nous renseignent pas sur l'entièreté du contact langue/palais. Si ces résultats sont en opposition avec ceux de [Moo95], ils sont en accord avec ceux de [Dag94]. Ceci pourrait être dû au fait qu'en français, où le voisement des occlusives est généralement mieux soutenu qu'en anglais, on aurait un élargissement actif de la cavité buccale (cf. [Moo95] p.16).

### 4.2 Temporalité du geste d'occlusion

Le contact langue/palais apparaît comme plus important en t2 qu'en t1 sur les rangs postérieurs. Ces résultats semblent montrer une antériorisation du contact au cours de la production de l'occlusive vélaire. Notons toutefois que t1 est temporellement plus proche de V1 que t2 ne l'est de V2. En outre, nous ne pouvons faire l'hypothèse d'une symétrie entre le début et la fin du geste d'occlusion. Ces résultats témoignent en effet de l'avancement de la langue au cours de la production de ces consonnes, montré depuis [Hou67].

Cet avancement se produit dans le cas des items "symétriques" (qui ont des voyelles de même type de part et d'autre de la consonne, e.g. /akÇ/ ou /yki/). Par contre, pour les items "non-symétriques" (e.g. /ika/ ou /uky/), l'instant de l'occlusion qui a le contact le plus important sera celui qui est le plus proche temporellement

de la voyelle antérieure, c'est-à-dire t1 lorsque la voyelle antérieure est en V1, et t2 lorsque la voyelle antérieure est en V2. Ce résultat est similaire à celui de [Moo95], qui montrent que l'avancement de la langue n'est pas présent lorsque [i] est en V1, et est amplifié lorsque [i] est en V2. Ces constatations nous conduisent à considérer les interactions entre la temporalité du geste consonantique lui-même et l'influence au cours du temps du contexte vocalique.

### 4.3 Coarticulation

Si l'on compare l'influence qu'ont les voyelles sur l'occlusion à chacun des deux instants t1 et t2, on remarque qu'il y a moins de différences significatives en t2 selon V2 qu'en t1 selon V1. Au niveau de la magnitude des contacts, les profils en contexte /i/ et /y/, /y/ et /É/, et /a/ et /Ç/ diffèrent deux à deux en t1 selon V1, mais pas en t2 selon V2. On a également plus de différences significatives rang par rang entre deux profils en t1 selon V1 qu'en t2 selon V2, particulièrement au niveau des rangs postérieurs.

Ces résultats permettent de caractériser l'évolution dans le temps d'une occlusion soumise à l'influence des voyelles qui l'entourent. Il est important de constater qu'en t1, les profils du début de l'occlusion reflètent de manière significative la spécificité de chacune des 6 V1. On a donc affaire à un "continuum" de coarticulation selon V1, le début du geste d'occlusion s'adaptant facilement à la configuration de la langue en V1. Par contre, au relâchement de l'occlusion (t2), les profils présentent moins de configurations linguales différentes selon V2, et seules les voyelles les plus antérieures et les plus postérieures entraînent des distinctions significatives au niveau du lieu de l'occlusion. Ces résultats permettent de mieux comprendre la dynamique du geste d'occlusion, qui montre une coarticulation très forte en son début, mais qui, par l'évolution vers l'avant du contact langue/palais au cours de la production, est moins sujette à refléter des fines différences à son relâchement.

Le contact langue/palais pendant l'occlusion apparaît donc comme ayant une dynamique propre, dont l'interaction avec la coarticulation vocalique est assez complexe et varie au cours de la production. En effet, l'instant t2 montre davantage de différences selon V1 que l'instant t1 n'en montre selon V2 (cf. figures 3b et 4a). Ces interactions peuvent être précisées en testant l'égalité de variance de la magnitude de contact, en t1, entre deux groupes d'items qui diffèrent par le type (antérieur ou postérieur) de V1. Ces tests F montrent qu'en t1, on a des différences significatives selon que V1 est antérieure ou postérieure pour un sujet ( $p=.003$  (S1),  $p=.054$  (S2)). En t2, on n'a pas de différences significatives selon le type de V2 ( $p=.98$  (S1),  $p=.79$  (S2)). Ces résultats sembleraient montrer qu'en t1, les items qui ont une V1 postérieure varient plus que les items qui ont une V1 antérieure. Cette plus grande variance semble due au fait que les items en contexte de V1 postérieure vont varier en fonction du type (antérieur ou postérieur) de V2. Par exemple, une occlusive précédée de /a/ aura dès t1 un profil différent selon qu'elle est suivie de /a/ ou de /i/, avec davantage de contacts latéraux dans le second cas. En contexte de V1

antérieure, par contre, une occlusive précédée de /i/ ne sera pas différente en t1 selon qu'elle est suivie de /a/ ou de /i/.

Le contact langue/palais évolue vers l'avant au cours de la production. En comparant les figures 3a et 4b, on voit que cela se remarque davantage dans le contexte des voyelles postérieures que dans le contexte des voyelles antérieures, qui, par le contact plus important qu'elles supposent, entraînent un mouvement de moins grande amplitude. Ces résultats sont en accord avec les études antérieures (e.g. [Hou67] et [Moo95]), et placent donc dans une perspective de coarticulation le phénomène d'avancement de la langue comme dépendant du contexte vocalique. Cet avancement plus important en contexte de voyelle postérieure est également lié au phénomène de coarticulation par le fait qu'il détermine en partie l'organisation temporelle des gestes consonantiques et vocaliques en contribuant à réduire les distinctions que l'on peut faire d'après V2 au relâchement de l'occlusion.

### CONCLUSION

En cherchant à décrire la palatalisation des occlusives vélares du français par EPG, cette étude a caractérisé certains paramètres de l'organisation temporelle des phénomènes de coarticulation rencontrés. Les interactions entre différents gestes adjacents varient au cours de l'occlusion, et témoignent donc de la dynamique du contact langue/palais. Ces interactions ont précisé la nature du phénomène de palatalisation en fonction de la voyelle qui précède et qui suit, qui semble refléter la présence d'un continuum de coarticulation au début de l'occlusion, mais qui indique plutôt une différenciation entre les voyelles palatales et les plus postérieures au relâchement de l'occlusion.

Cette recherche est subventionnée par la Convention ARC "Dynamique des systèmes phonologiques", 98-02 n° 226.

### BIBLIOGRAPHIE

- [Dag94] Dagenais P., Lorendo, L. et McCutcheon M. (1994). "A study of voicing and context effects upon consonant linguopalatal contact patterns", *Journal of Phonetics*, 22, 225-238.
- [Har89] Hardcastle W.J., Jones W., Knight C., Trudgeon A. et Calder G. (1989). "New developments in EPG: a state of the art report", *Clinical Linguistics and Phonetics*, 1, 1-38.
- [Hou67] Houde, R.A. (1967). A study of tongue body motion during selected speech sounds, PhD dissertation, University of Michigan
- [Rou01] Rousselot P.J. (1901). *Principes de phonétique expérimentale*, Welter, Paris.
- [Moo95] Mooshammer C., Hoole P. et Kühnert B. "On loops", *Journal of Phonetics*, 23, 3-21.
- [Tes90] Teston B. et Galindo. B. (1990) "Design and development of a workstation for speech production analysis", *Proceedings of VERBA 90: International conference on speech technology*, Rome, 400-408.