

# F2/F3 d'occlusives sonores chez des locuteurs porteurs de fente palatine

*Marion Béchet<sup>1</sup>, Fabrice Hirsch<sup>2</sup>, et Rudolph Sock<sup>1</sup>*

(1) Institut de Phonétique de Strasbourg (IPS) & U.R. 1339 (LiLPa), E.R. Parole et Cognition, Université de Strasbourg, 22, rue Descartes, 67084 Strasbourg, France

(2) Université Paul Valéry – Montpellier III Laboratoire Praxiling UMR 5267

17, rue de l'Abbé de l'Epée 34090 Montpellier

marionbechet@yahoo.fr, sock@unistra.fr

## RESUME

---

Cette étude vise à observer le lieu d'articulation des occlusives voisées produites par des locuteurs opérés de fente palatine ou labio-palatine. Les données de ces locuteurs ont été comparées à celles de locuteurs sans trouble de la parole.

Les valeurs des formants F2 et F3 ont été mesurées au relâchement (explosion/frictions) de l'occlusive. Les analyses ont été menées sur 52 locuteurs âgés de 9 à 18 ans. Deux groupes ont été formés : le premier de 26 locuteurs sains et le second de 26 locuteurs pathologiques.

Les résultats ont révélé des différences de valeurs des formants F2/F3 entre les locuteurs sains et les locuteurs pathologiques. Nous avons pu ainsi inférer des stratégies articulatoires différentes chez les deux groupes de locuteurs, et observer de quelle façon les locuteurs opérés d'une fente palatine ou labio-palatine se comportent afin de pallier leurs perturbations anatomiques et chirurgicales.

## ABSTRACT

---

### **F2/F3 of voiced plosives and F1/F2 of vowel in VCV Sequences in Children with a Cleft Palate-An acoustic Study**

The aim of this acoustic study is to examine place of articulation during the production of voiced plosives by children with a cleft palate. The data are compared with those obtained from control children without speech pathological problems.

Formant values of F2 and F3 are measured at burst-release of the plosives. Analyses are carried out for fifty-two children, divided into two groups, ranging from 9 to 18 years old. Each group of twenty-six kids comprised children with a cleft palate or cleft lip and palate, and children without any speech disorder.

Results reveal differences in F2/F3 values between impaired children and unimpaired ones, and also between the different age groups, for impaired children. Differences in articulatory strategies are inferred from analyses of F2/F3 relations.

---

MOTS-CLES : fente palatine, formants, occlusives, transition, enfant, phonétique clinique

KEYWORDS : cleft palate, F2/F3 formants, plosives, transitions, children, clinical phonetics

---

# 1 Introduction

L'espace vocalique, témoin de l'organisation articuloire des locuteurs, est particulièrement intéressant pour l'observation des réalisations de sujets pathologiques. En effet, nous avons pu observer, dans une étude précédente, que les locuteurs porteurs de fente palatine avaient tendance à présenter un triangle vocalique plus grand que les sujets sains, et davantage de variabilité. Ce fait est sans doute une conséquence des « ratages de cibles » liés aux diverses interventions chirurgicales subies par l'enfant.

Les valeurs de F2 ont été exploitées pour mesurer le mouvement de la langue au niveau de son déplacement horizontal (antérieur/postérieur) lors de la production des voyelles. F3 permet de représenter le degré de labialité. Il est également retenu pour évaluer la capacité d'un sujet à produire des articulations extrêmes dans la région palatale. Ainsi, une articulation très antérieure correspondrait à un F3 élevé. Il en résulte une concentration d'énergie, produite dans la zone des hautes fréquences, la plus aigüe qui soit pour une voyelle (Schwartz *et al.*, 1992).

Abry (1992) a revisité la question de « l'optimisation perceptuelle » de [b, d, g] dans le contexte de la « Frame then Content Theory » (Schwartz et Boë, 2008). Ainsi, il affirme que le processus de différenciation est comparable pour les deux courants ; F1-F2 permet de distinguer les voyelles [i, a, u], et F2-F3 les consonnes [b, d, g]. Les contrastes acoustiques maximaux seraient réalisés en contexte [a].

Ainsi, les valeurs de F3 permettraient de fournir des informations quant au lieu de contact lors de la réalisation de ces occlusives (Dorman *et al.*, 1977 ; Serniclaes *et al.*, 2003), constituant un indice décelable au niveau des transitions formantiques VC. Jackson (2001) a, lui aussi, mené une étude à partir des valeurs de F2-F3, et a constaté que les valeurs étaient plus fiables, par rapport au lieu d'articulation de la consonne, lorsqu'elles sont relevées au relâchement de la consonne, c'est-à-dire à la détente acoustique ou l'explosion.

Rappelons que les fentes labio-maxillaires et vélo-palatines sont des accidents morphologiques qui surviennent vers la cinquième semaine, au stade embryonnaire. De tailles et de natures diverses, elles sont la conséquence d'un défaut de fusion partielle ou totale des bourgeons constitutifs du massif facial supérieur. Les fentes palatines sont opérées à l'âge de 8 mois. La fente labiale, souvent associée à la fente palatine, est opérée dès l'âge de 2 mois.

La réalisation des trois occlusives sonores du français, [b, d, g], peut poser problème aux locuteurs porteurs de fente palatine. En effet, l'air doit être momentanément bloqué dans la cavité buccale, avant d'être relâché brusquement. Il est donc nécessaire de développer une pression intra-orale suffisante, ce qui est difficile pour les locuteurs ayant une fente. Ainsi, comme en rendent compte certaines études (par ex. Gibbon *et al.*, 2004, Bechet *et al.*, 2008), l'explosion de l'occlusive n'est pas nette, voire inexistante, et la constrictive correspondant à l'occlusive voulue au niveau articuloire est alors réalisée à la suite, ou à la place, de cette occlusive. Le locuteur semble favoriser l'articulation consonantique au détriment du voisement. Cela peut être dû à une stratégie articuloire des locuteurs qui, ne parvenant pas à réaliser ce son, ont trouvé un *réajustement* possible face à la *perturbation* anatomique de la configuration du conduit vocal. De plus, la « cible »

relative au lieu d'articulation n'est pas non plus toujours atteinte, lors de la réalisation des occlusives par ces locuteurs. En effet, les déviations engendrées par les cicatrices marquées dans leur cavité buccale les amènent à des habitudes articuloires auxquelles il est difficile d'obvier (Gibbon et Crampin, 2001). Ainsi, les locuteurs emploient de nombreuses manœuvres compensatoires pour pallier à leurs problèmes.

Nous pensons qu'il serait intéressant d'observer les caractéristiques des transitions formantiques, ainsi que les valeurs de F2 et de F3 au relâchement de l'occlusive, afin d'obtenir des informations quant aux processus articuloires compensatoires mis en œuvre par les locuteurs pathologiques (LP).

Notre *hypothèse* de départ est la suivante : nous posons que les locuteurs porteurs de fente palatine seraient moins précis, au niveau de la réalisation du lieu d'articulation « canonique », lors de la production des occlusives sonores, par rapport aux locuteurs sains (LS). Nous savons en effet que ces sujets pathologiques adoptent diverses stratégies, notamment motrices, pour remédier à la perturbation induite, et par la fente, et par l'intervention chirurgicale. Ces stratégies devraient être visibles au niveau des valeurs de F2 et F3, ainsi que dans les transitions VC.

## 2 Méthode

Nous disposons d'une base de données qui compte 54 locuteurs porteurs de fente (labio)-palatine, d'âges différents. Pour cette étude, nous avons analysé les enregistrements de 26 d'entre eux (6 sont porteurs d'une fente palatine postérieure (type 1), 8 d'une fente labio-palatine unilatérale (type 3) 8 d'une fente labio-palatine bilatérale totale (type 4) et 4 d'une fente sous muqueuse (type 5)) et de 26 locuteurs sans trouble de la parole (10 de 9 ans, 10 âgés de 12 ans, 3 de 15 ans et 3 de 18 ans).

Les locuteurs pathologiques ont tous été opérés de leur fente labiale vers l'âge de 2-3 mois, puis de la fente palatine vers 2 ans environ.

Nous avons exploité, pour cette investigation, la partie du corpus qui comprend les occlusives sonores. Celles-ci étaient insérées dans des mots comportant une séquence V1CV2, où V1 était [i], C l'une des 3 occlusives sonores du français, soit [b, d ou g], et V2 [a]. Les analyses ont été réalisées sur 5 répétitions de chaque locuteur.

Les enregistrements des locuteurs pathologiques ont été effectués à l'Hôpital de Haute-pierre, à Strasbourg, avec un appareil enregistreur numérique (Fostex FR2® sur carte Flash II) et un micro directif (Sennheiser e845 S®). Les sujets sains ont été enregistrés au sein d'un collège, avec le même matériel.

Pour les mesures, nous avons d'abord segmenté le signal à l'aide du logiciel Praat®, puis nous avons relevé les valeurs formantiques à l'aide de ce même logiciel. Ainsi, nous avons relevé les valeurs de F1, F2 et F3 à l'explosion (le relâchement de la consonne), d'abord automatiquement, puis vérifiées manuellement.

Nous avons ensuite établi des graphiques, corrélant les valeurs de F2 et F3, et ce pour chaque locuteur, afin de vérifier de façon plus visible si les 3 consonnes étaient bien distinctes, et si les locuteurs respectaient les réalisations attendues, soit [b] différent de [d] au niveau de F2, et [d] différent de [g] au niveau de F3. [d] et [g] devraient afficher des valeurs similaires au niveau de F2.

Le calcul de l'espace consonantique a été obtenu par la formule de Héron :

$$\text{Aire} = \frac{\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}{2} \text{ entre 2 consonnes} \quad \left( \begin{array}{l} p = \frac{1}{2}(a+b+c) \text{ et } a, b \text{ et } c \text{ représentent les coordonnées} \\ a = \sqrt{(xc-xb)^2 + (yc-yb)^2} \quad b = \sqrt{(xa-xc)^2 + (ya-yc)^2} \\ c = \sqrt{(xa-xb)^2 + (ya-yb)^2} \end{array} \right)$$

Ces valeurs, exprimées en kHz<sup>2</sup>, offrent des informations relatives à la taille et à la forme de l'espace consonantique.

### 3 Résultats

Nous avons choisi ici de présenter les résultats de façon à comparer les deux groupes de locuteurs sains/sujets pathologiques puisque les analyses ANOVA menées sur ces données ont permis de mettre en exergue certaines différences significatives permettant d'opposer ces deux groupes de locuteurs. Nous donnerons tout de même certaines précisions relatives aux types de fente des locuteurs pathologiques, car chacune d'elle entraîne des perturbations spécifiques ; chaque cas est par ailleurs bien particulier, et revêt ainsi un caractère individuel.

Les analyses de variance (ANOVAS à mesures répétées) ont été effectuées pour 3 variables (F2, F3 et aire du triangle consonantique), avec  $p < 0,05$ . Il s'agissait de déterminer s'il existait des effets principaux des facteurs suivants : (1) Pathologie (2) Lieu d'articulation consonantique.

Ainsi, ces analyses ont révélé une différence significative au niveau des valeurs de F2 et F3 pour les deux groupes de locuteurs. En effet, l'interaction des deux facteurs (1) et (2) montre que les locuteurs sains ont des valeurs de F2 significativement plus élevées que les locuteurs pathologiques pour la production des vélares et des dentales et des valeurs plus petites lors de la production des bilabiales [ $F(2, 100) = 6.26, p < 0,002$ ]. Il semble donc que les locuteurs pathologiques évitent la zone antérieure de la cavité buccale lorsque la langue est sollicitée. Cela peut être expliqué par diverses raisons ; les locuteurs porteurs d'une fente palatine ou labio-palatine sont souvent sujets à des problèmes d'insuffisance vélaire, qu'ils tentent de pallier en utilisant la langue comme support de fermeture du port vélo-pharyngal, empêchant ainsi un déplacement de la langue vers l'avant. Il se peut également que les locuteurs évitent simplement la zone opérée puisque nous avons pu constater que les locuteurs porteurs d'une fente palatine postérieure et sous-muqueuse ont, par rapport aux locuteurs porteurs d'une fente de type 3 ou 4, des valeurs de F2 plus élevées.

L'interaction des deux facteurs révèle également des valeurs de F3 significativement plus élevées lors de la production du [d] et significativement plus petites lors de la production du [g] chez les sujets sains par rapport aux sujets pathologiques [ $F(2, 100) = 3.33, p < 0,003$ ]. Cela va dans le sens de la neutralisation de l'opposition du lieu d'articulation des deux occlusives chez les locuteurs porteurs de fente palatine ; nous y reviendrons *infra*.

Les analyses de variance ont révélé également des différences significatives de F2 et F3 pour chaque contexte consonantique [ $F(2, 100) = 961,52, p < 0.000$ ] pour F2 et [ $F(2, 100) = 481.14, p < 0.000$ ] pour F3. Il semble donc que malgré la grande variabilité existante chez les locuteurs pathologiques d'une part, et chez les enfants sains d'autre

part, l'opposition entre chaque consonne est conservée.

Aussi, la variable aire des triangles consonantiques permet d'opposer les deux groupes de locuteurs sains et pathologiques [ $F(1,50) = 12,40, p < 0,000927$ ]. En effet, les locuteurs pathologiques ont des triangles consonantiques d'une aire significativement réduite par rapport aux locuteurs sains, ce qui peut révéler l'amplitude réduite des gestes chez les premiers, signifiant la difficulté de production des occlusives pour ces locuteurs.

Il convient de noter le degré de variabilité intra et inter individuelle, qui est très largement plus importante chez les locuteurs pathologiques, par rapport aux sujets sains dans cette étude. Cela est visible sur les figures 1 et 2 qui représentent respectivement les valeurs de F2/F3 pour les sujets sains et les sujets porteurs d'une fente labio-palatine de type 4. Les locuteurs sains présentent des valeurs de F2 et F3 pour les trois occlusives qui permettent de séparer distinctement trois zones de contact. Cela n'est pas le cas chez les locuteurs pathologiques de type 1 (fente palatine postérieure), 3 (fente labio-palatine unilatérale) et 4 (fente labio-palatine bilatérale totale). Les valeurs des locuteurs pathologiques de type 5 (fente palatine sous-muqueuse) nous ont permis de faire cette séparation, mais il est possible que ce résultat soit lié au nombre peu important de locuteurs.

La variabilité intra-individuelle témoigne de la fragilité des productions chez les locuteurs pathologiques et rappelle le rapport entre la variabilité articuloire et la forme du palais (Perkell, 1997). En effet, chaque locuteur est contraint d'adapter ses gestes articuloires en fonction de la configuration propre de sa cavité buccale. Rappelons que selon la forme du conduit vocal, un changement de la position de la langue entraînerait plus ou moins de variations acoustiques (Brunner *et al.*, 2006).

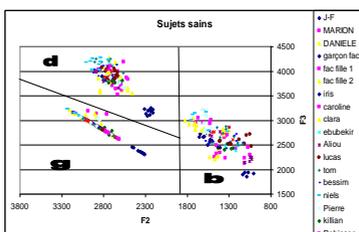


Figure 1 – Valeurs de F2 et F3 lors de la production des consonnes sonores [b], [d] et [g] par les locuteurs sains âgés de 9, 12, 15 et 18 ans.

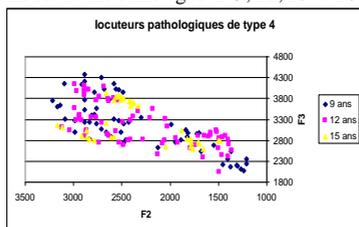


Figure 1 – Valeurs de F2 et F3 lors de la production des consonnes sonores [b], [d] et [g] par les locuteurs pathologiques de type 4 âgés de 9, 12 et 15 ans.

Nous avons pu constater, grâce à cette étude, que les valeurs ne sont bien distinctes que pour le [b], qui semble être bien réalisé par tous les locuteurs, la fente labiale n'ayant ainsi pas d'incidence sur la production des bilabiales. En revanche, les locuteurs porteurs de fente ont tendance à neutraliser l'opposition du lieu d'articulation entre le [d] et le [g]. En effet, les valeurs de F3 sont très proches pour la production des deux consonnes. Les Figures 3, 4 et 5 montrent le sens de la transition, qui est semblable pour [d] et [g] chez ELT, locuteur opéré d'une fente labio-palatine bilatérale totale (type 4) tandis que la transition du [g] est bien montante pour F3 et descendante pour F2 chez PIR, locuteur de contrôle (Figure 5).

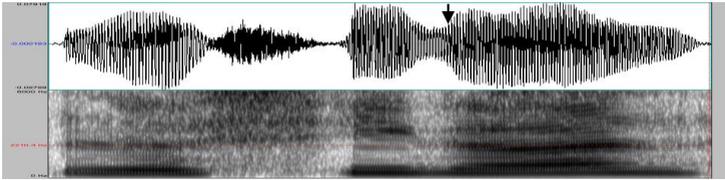


Figure 3 – Extrait du signal sonore de ELT (locuteur porteur d'une fente de type 4) lors de la production du mot « la cigale »

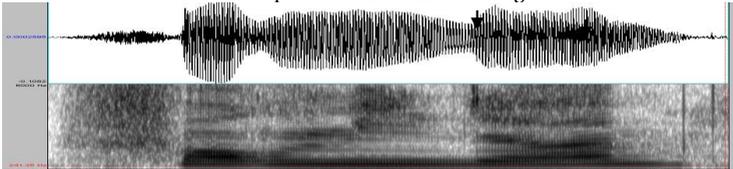


Figure 4 – Extrait du signal sonore de ELT (locuteur porteur d'une fente de type 4) lors de la production du mot « formidable »

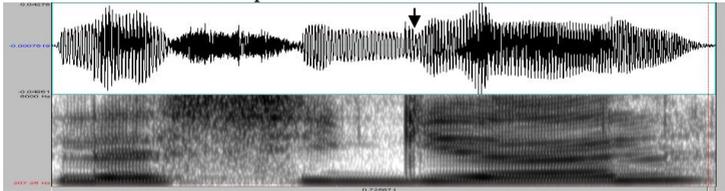


Figure 5 – Extrait du signal sonore de PIR (locuteur sain) lors de la production du mot « la cigale »

Cette neutralisation de l'opposition atteste de l'utilisation d'une occlusive middorso-palatale par les locuteurs pathologiques comme occlusive compensatoire aux occlusives vélaire et dentale (Trost, 1981 ; Gibbon et Crampin, 2001). L'existence même de cette occlusive révèle le caractère adaptable du système de production-perception de la parole, cette consonne pouvant être reconnue par l'auditeur. Cela nous amène à évoquer la Théorie de la Viabilité (Aubin, 1991) qui, adaptée au système de production-perception de la parole (Sock, 2001), souligne les variations possibles d'un son. Celle-ci nous permet d'illustrer la capacité des locuteurs pathologiques à rester intelligibles en adaptant leurs productions afin d'atteindre des cibles perceptives en ajustant les cibles articulatoires et acoustiques.

## 4 Conclusion

Nous pouvons retenir de cette étude les aires des triangles consonantiques, qui sont statistiquement plus élevées chez les locuteurs sains que chez les locuteurs pathologiques. Ce résultat suggère que les locuteurs sains utilisent davantage l'espace buccal pour l'articulation des occlusives, qui sont alors réalisées dans des régions bien distinctes les unes des autres. Nous avons pu observer par ailleurs que le F3 est toujours plus élevé chez ces locuteurs lors de la réalisation du [d], indiquant un contact plus antérieur.

Ce résultat peut expliquer le phénomène de sur-articulation observé lors de l'analyse des triangles vocaliques (Béchet *et al.*, 2008). En effet, il semble que les locuteurs pathologiques, ayant des difficultés à produire correctement les consonnes, insistent-ils sur l'articulation des voyelles, qui ne leur pose pas de problème particulier.

Il est possible de parler de ratage de cible articuloire chez les locuteurs porteurs d'une fente palatine au vu de la grande variabilité, mais il faut surtout noter que leur cible n'est pas la même que celle des locuteurs de contrôle. En effet, il semble que chaque locuteur établisse sa cible en fonction de la nature de la reconstruction du palais, ce qui correspondrait donc à une stratégie individuelle.

Enfin, soulignons le fait que c'est la consonne vélaire qui apparaît comme étant la plus délicate à produire, pour la majorité des locuteurs porteurs de fente, tandis que la bilabiale ne pose aucun problème aux locuteurs opérés de la lèvre. Rappelons que les locuteurs porteurs d'une fente palatine sont le plus souvent sujets à des insuffisances vélares. Ces insuffisances empêchent les locuteurs de réunir la pression intra-orale nécessaire à la production des occlusives. Pour remédier à ce problème, les locuteurs utilisent souvent la langue pour assister la fermeture du port vélo-pharyngale. Nous pensons que la langue ne serait ainsi plus forcément disponible pour la réalisation du son vélaire ; celui-ci serait alors produit non avec le dos de la langue mais avec une partie antérieure de la masse linguale, entraînant ainsi la production d'un son plus antérieur. Une autre hypothèse est que le locuteur serait simplement à la recherche d'un point d'articulation convenable hors de la zone opérée, pour réaliser le contact ; le lieu d'articulation serait alors déplacé en fonction de la morphologie de la voûte palatine de chaque locuteur.

Nous avons inféré des possibilités articuloires à partir des valeurs formantiques des différents locuteurs. Nous sommes cependant conscients du fait que cette démarche reste une déduction des stratégies possibles mises en place par les locuteurs pathologiques puisque nous savons qu'une variété de solutions articuloires peut exister pour une même cible acoustique.

Aussi, rappelons que ces résultats correspondent à des tendances et nous permettent d'émettre des hypothèses sans réellement les confirmer. En effet, nous avons constitué des groupes et calculé des moyennes, mais chaque locuteur présente des productions tellement *spécifiques* qu'il serait trop hâtif de vouloir tirer des conclusions sûres à partir de ces seuls résultats acoustiques. Il est important de prendre en compte le caractère idiosyncrasique de la production des locuteurs, qu'il s'agisse des locuteurs pathologiques ou des locuteurs sains.

Nous avons en revanche déjà un certain nombre de locuteurs, dont les productions ont permis de mettre en exergue l'opposition significative des stratégies articulatoires employées par les locuteurs sains et les locuteurs pathologiques. Aussi, nous avons observé des tendances fortes. Cette étude mériterait donc d'être poursuivie avec un nombre de locuteurs plus élevé, appariés en type de pathologie afin de pouvoir procéder à des analyses de variance plus fines, et davantage de répétitions.

## Remerciements

Cette recherche a été financée par un contrat de la Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme d'Alsace – MISHA, 2008 – 2012, ainsi que par une ANR, DOCVACIM, 2009 – 2011. Nous remercions également la Région Alsace (bourse) qui a permis la réalisation de ce travail, de même que le CHU de Hautepierre à Strasbourg.

## Références

- ABRY C. (2003), [B]-[D]-[G] as a universal triangle as acoustically optimal as [i]-[a]-[u], 15<sup>th</sup> ICPhS, 727-730
- AUBIN, J.P. (1991), *Viability Theory*. Birkhäuser, Berlin.
- BÉCHET M., FERBACH-HECKER V., HIRSCH F., SOCK R., VAXELAIRE B. AND STIERLÉ J. (2008), The Production of Stops in VCV Sequences in Children with a Cleft Palate: An Acoustic Study, *ISSP*, 265-268
- DORMAN M. F., STUDDERT-KENNEDY M. AND RAPHAEL L.J. (1977), Stop-consonant recognition: Release bursts and formant transitions as functionally equivalent, context-dependent cues, *Perception and Psychophysics*, 22, 109-122
- GIBBON F. AND CRAMPIN L. (2001), An electropalatographic investigation of middorsum palatal stops in an adult with repaired cleft, *Cleft-palate craniofacial Journal*, 38 (.2), 96-105
- GIBBON F., ELLIS L. AND CRAMPIN L. (2004), Articulatory placement for /t/, /d/, /k/ and /g/ targets in school age children with speech disorders associated with cleft palate. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 18(6-8), 391-404
- JACKSON P.J.B. (2001), Acoustic cues of voiced and voiceless plosives for determining place of articulation, *CRAC*, 19-22
- SCHWARTZ J.-L., BEAUTEMPS D., ABRY C. AND ESCUDIER P. (1992), Inter-individual and cross-linguistic strategies for the production of the [i] vs. [y] contrast. *Journal of Phonetics*, 21, 441-445
- SCHWARTZ J.-L. AND BOË L.-J. (2008), Grounding Plosive Place Features in Perceptuo-motor Substance, *Speech and Face to Face Communication Workshop in memory of Christian Benoît*, 131-132
- SERNICLAES W., BOGLIOTTI C. AND CARRÉ R. (2003), Perception of consonant place of articulation : phonological categories meet natural boundaries, 15<sup>th</sup> ICPhS, 391-394
- SOCK R. (2001), La Théorie de la Viabilité en production-perception de la parole. In Keller D. Durafour J.-P. Bonnot J.-F. & Sock R. (Eds.), *Psychologie et Sciences Humaines*, Mardaga, Liège, 285-316.
- TROST J.E. (1981), Articulatory additions to the classical description of the speech of persons with cleft palate. *Cleft Palate Journal*, 18, 193-203.