

# Bases phonétiques du trait [glotte ouverte] : données berbères

Rachid Ridouane & G. N. Clements

Laboratoire de Phonétique et Phonologie  
UMR 7018 (CNRS – Sorbonne Nouvelle)  
rachid.ridouane@univ-paris3.fr  
clements@idf.ext.jussieu.fr

## ABSTRACT

In spite of the fundamental role that distinctive features play in current linguistics, current research continues to raise many basic questions concerning the relation they have to measurable physical properties in the articulatory and acoustic/auditory domains. This paper addresses this question through the analysis of the phonetic bases of the distinctive feature [spread glottis], based on acoustic, fiberoptic, and photoelectroglottographic data from Tashlhiyt Berber. A definition for this feature is proposed, which associates a specific articulatory state and gesture with an equally specific acoustic cue. For this feature to be recovered, both the articulatory and acoustic conditions should be met.

**Keywords:** Feature theory, [spread glottis], acoustic and articulatory correlates.

## 1. INTRODUCTION

Les sons de la parole sont constitués d'unités primitives appelées *traits distinctifs*, *traits phonologiques* ou *traits phonétiques* selon les auteurs. Ces unités se sont avérées très éclairantes dans la description des systèmes phonologiques. Cependant, en dépit du rôle essentiel accordé aux traits dans la linguistique contemporaine, les recherches actuelles continuent de soulever de nombreuses questions fondamentales quant au statut cognitif des traits, leur rôle dans l'acquisition des langues, leur rôle dans la production et la perception de la parole et surtout de la relation qu'ils entretiennent avec les paramètres que l'on peut mesurer au niveau acoustique et articuloire. Cet article traite plus particulièrement de cette dernière question en s'intéressant aux bases phonétiques du trait [glotte ouverte] (*ang.* [spread glottis]).

Historiquement, deux grandes tendances se sont dégagées dans le domaine de la phonétique des traits : une mettant l'accent sur la définition acoustique et l'autre sur la définition articuloire (voir Durand [1] pour une revue). Néanmoins, aucune de ces deux approches ne semble totalement satisfaisante. L'inconvénient majeur d'une approche purement acoustique est la difficulté largement démontrée de trouver des invariants acoustiques pour certains traits majeurs (ex. traits de lieu d'articulation). De même, une approche purement articuloire soulève le problème non moins délicat de l'existence de traits qui sont totalement indépendants des articulateurs (ex. [continu]), implémentés avec des gestes différents

selon l'articulateur activé, rendant par exemple impossible de postuler un geste invariant pour les consonnes [+continu] [f], [s] et [x]. Une innovation récente, dans le cadre de la *Théorie Quantique*, a réussi la synthèse entre ces deux approches en accordant un statut égal à ces deux dimensions (Stevens [2]). Dans cet article, nous allons expliciter, en nous basant sur le trait [glotte ouverte], l'intérêt de réunir les deux dimensions acoustique et articuloire dans la définition des traits distinctifs. Nous partons de l'hypothèse qu'un trait [T] quelconque est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique, valable pour toute la classe de sons définis par [T], la satisfaction de ces deux conditions étant nécessaire pour le recouvrement d'un trait. L'argumentation développée ici est basée sur des données tirées essentiellement du berbère chleuh. Il est important de souligner que le but ultime de ce type de recherche n'est pas de rendre les traits moins abstraits – les traits tels que nous les concevons demeurent des unités mentales non détectables sur un signal – mais de rendre leur étude plus concrète en les associant à des configurations articuloires et à des indices acoustiques spécifiques qui permettent à l'auditeur de les identifier à partir du signal.

## 2. LE TRAIT [GLOTTE OUVERTE]

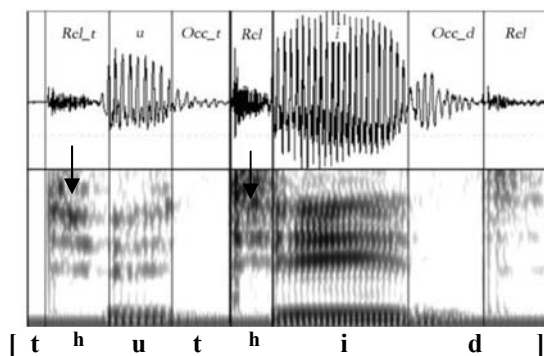
Les traits laryngaux sont utilisés pour définir les dimensions phonologiquement pertinentes de voisement, glottalisation, laryngalisation, aspiration, et voix soufflée, entre autres. Dans un premier temps, l'aspiration a été caractérisée par des traits comme [tense] (Jakobson, Fant & Halle [3]) ou [heightened subglottal pressure] (Chomsky & Halle [4]). Le trait phonologique [glotte ouverte] a été proposé pour la première fois par Halle & Stevens [5]. Ce modèle introduit une perspective nouvelle : l'aspiration est définie par la configuration articuloire qui en est la cause (amplitude de l'ouverture glottale) et non pas par la propriété acoustique qui résulte de cette configuration (bruit d'aspiration suivant le relâchement). Le trait [glotte ouverte] a atteint un succès considérable en phonologie puisqu'il permet d'établir l'unité sous-tendant divers phénomènes : préaspiration, post-aspiration, voix soufflée, ou encore certains dévoisements entraînés par la présence d'un son aspiré. Ainsi, par exemple, il a été démontré que la présence d'une occlusive aspirée dans l'inventaire phonémique d'une langue augmente les chances que cet inventaire contienne aussi une laryngale *h*, des occlusives à voix soufflée, et/ou des sonantes sourdes (Clements [6]).

Dans certaines langues comme le mongol (dialecte de Mongolie intérieur), l'irlandais ou l'islandais, les aspirées sont en distribution complémentaire avec les préaspirées (Golston & Kehrein [7]). En islandais, la perte de l'aspiration d'une occlusive entraîne le dévoisement d'une sonante précédente (voir par ex. Kingston [8]). Dans plusieurs langues, la perte de l'occlusion supralaryngale d'une fricative sourde, typiquement produite avec une ouverture de la glotte, donne lieu à un *h*, comme dans l'exemple espagnol *disco* [disko] « disque », dialectalement [dihko] (voir Vaux [9]).

## 2.1. Quelle implémentation phonétique ?

L'utilisation du trait [glotte ouverte] soulève un des problèmes classiques de la théorie des traits, celui lié à la nature des segments définis par le trait et aux dimensions phonétiques qu'il est censé définir. Nous traiterons ces deux aspects en nous intéressant plus particulièrement aux occlusives sourdes aspirées.

Acoustiquement, trois phases sont détectées sur le signal acoustique d'une occlusive sourde aspirée entre l'onset du relâchement et l'onset de la voyelle qui suit : la barre d'explosion, sous forme de barre verticale sur le spectrogramme, d'une durée très brève ; le bruit de friction ; et l'aspiration proprement dite (Fant [10]). L'aspect principal qui caractérise la phase d'aspiration d'un point de vue acoustique, illustré par les spectrogrammes de Fant [10], est que les structures formantiques (F2, F3 et F4) sont visibles pendant la transition entre le relâchement et la voyelle qui suit. Cette même structure formantique plus ou moins masquée par du bruit, d'une durée supérieure à 30-40 ms, est visible sur les spectrogrammes des occlusives sourdes en berbère chleuh, comme l'illustre la Figure 1. (L'aspiration n'est pas distinctive en berbère ; seules les occlusives sourdes présentant cette structure acoustique sont considérées ici comme étant aspirées.)



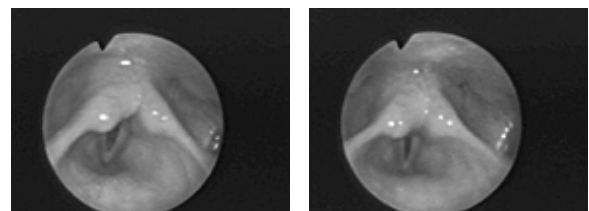
**Figure 1.** Le spectrogramme (échelle : 0-5KHz) de l'énoncé berbère [tʰutʰid] « elle dépasse » illustrant les caractéristiques acoustiques de la phase d'aspiration qui suit une occlusive aspirée (voir les deux flèches).

L'aspiration est traditionnellement définie comme un souffle sourd ou « une bouffée d'air » qu'on entend après la rupture de l'occlusion. On retrouve de telles définitions traditionnelles dans beaucoup d'ouvrages,

notamment dans des manuels de phonétique générale (ex. Malmberg [11]). Selon Lisker & Abramson [12], l'aspiration est à concevoir comme un retard des vibrations glottales après la rupture de l'occlusion. Nous ne discuterons pas ici de laquelle de ces définitions est la meilleure, nous allons traiter principalement des mécanismes articulatoires à l'origine de l'aspiration et considérer comment le trait [glotte ouverte] rend compte de son implémentation phonétique.

Tel qu'il est généralement compris et comme son nom l'indique, le corrélat articulatoire du trait [glotte ouverte] est l'écartement des cordes vocales et l'ouverture de la glotte. La proposition de Halle & Stevens pour ce trait a été essentiellement inspirée par l'article pionnier de C.-W. Kim [13], qui a effectivement démontré à partir d'un examen cinéradiographique des trois types d'occlusives coréennes (fortement aspirées, légèrement aspirées, non aspirées) qu'une ouverture glottale importante est une des conditions nécessaires pour la production de l'aspiration (fortement aspirées = autour de 10 mm, faiblement aspirées = 3 mm, non aspirées = 1 mm).

L'importance du degré d'ouverture glottale pour la présence vs. l'absence d'une aspiration a été largement démontrée par la suite. En berbère chleuh, par exemple, la dentale sourde non emphatique /t/ est produite avec un VOT beaucoup plus important (autour de 55 ms en moyenne) que celui de sa contrepartie emphatique /tʰ/ (moins de 30 ms). Comme le montre la figure 2, ces différences sont essentiellement dues aux différences dans le degré d'ouverture glottale maximale pendant la tenue des ces segments.



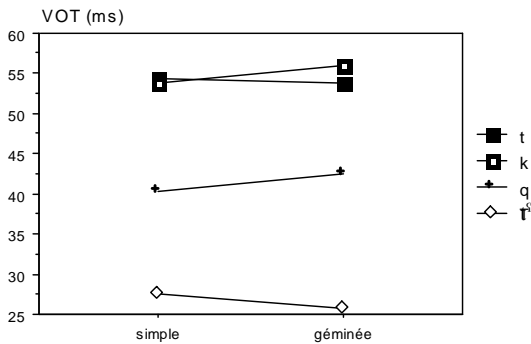
**Figure 2.** Illustration de la différence de degré d'ouverture maximale de la glotte pendant la tenue de /t/ (gauche) et de /tʰ/ (droite) en position intervocalique.

Le travail de C.-W. Kim a été suivi d'une série d'articles traitant des mécanismes du contrôle de l'aspiration, en se basant sur des techniques d'investigation nouvelles (notamment la fibroscopie et la photoélectroglottographie) appliquées à diverses langues (coréen, hindi, anglais, islandais, etc.) présentant différents types d'occlusives (sourdes aspirées, pré-aspirées, non-aspirées, etc.). Le problème principal traité dans ces études a été de savoir si l'aspiration est une fonction :

1. soit de l'ouverture glottale seule (ex. Hutter [14]),
2. soit de sa relation temporelle avec l'occlusion orale (ex. Löfqvist [15], Ladefoged & Maddieson [16])

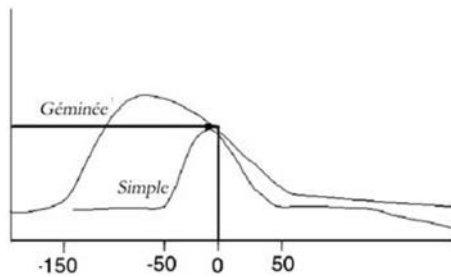
La réponse à ces questions est fondamentale dans l'optique de déterminer le rapport entre le trait [glotte ouverte] et les paramètres phonétiques mesurables.

La comparaison entre les dentales et les vélaires occlusives sourdes simples et géminées en berbère chleuh montre clairement que la durée de l'aspiration ne varie pas toujours en fonction de l'amplitude de l'ouverture glottale. Comme le montre la figure 3, les simples /t/ et /k/ et les géminées /tt/ et /kk/ sont produites avec des durées d'aspiration quasi identiques.



**Figure 3.** Durées moyennes des VOTs des occlusives sourdes [t, k, q, tʰ] simples et géminées.

L'observation de la configuration glottale de ces segments montre pourtant des différences notables aussi bien en terme de degré d'ouverture glottale qu'en terme d'alignement temporel de cette ouverture avec le relâchement oral. La figure 4 superpose le parcours temporel de l'aire glottale d'une répétition d'une simple dentale /t/ à celui de sa contrepartie géminée /tt/.

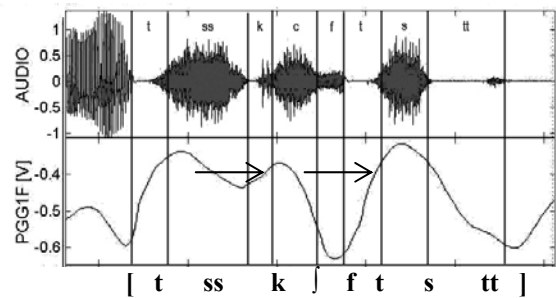


**Figure 4.** Illustration schématique de la durée et de l'amplitude de l'ouverture glottale pendant la tenue de [t] et [tt] dans les formes [itili] et [ittili] respectivement. La barre verticale indique l'onset du relâchement oral. La barre horizontale indique le degré d'ouverture glottale au moment du relâchement.

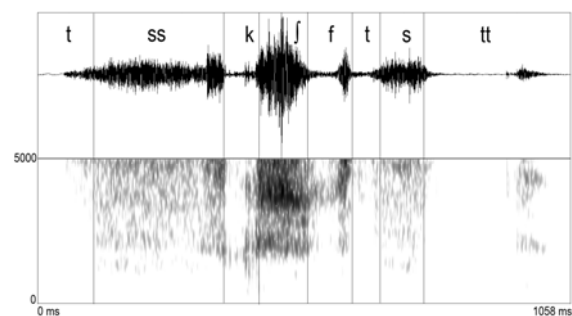
Pendant la tenue des simples, l'ouverture maximale de la glotte est atteinte pratiquement au moment de la rupture de l'occlusion, tandis que pour les géminées, l'ouverture maximale de la glotte, beaucoup plus importante, est atteinte bien avant le relâchement. Grâce à cette différence, une constante notable ressort des analyses de ces segments : le degré de l'ouverture glottale au moment du relâchement de la constriction paraît similaire pour les deux types d'occlusives. Par conséquent, les simples et les géminées ont une même

durée d'aspiration. On conclut donc que la durée de l'aspiration ne varie pas forcément en fonction de l'amplitude de l'ouverture glottale. D'autres faits soutiennent cette conclusion. En berbère, l'analyse des séquences de type /#skV/, réalisée [skʰV], montre clairement qu'il n'y a qu'un seul geste glottal (Ridouane et al. [17]). De même que pour la géminée /kk/, la séquence /#sk/ est produite avec une amplitude d'ouverture glottale très large. Malgré cela, au moment du relâchement de la vélaire suivant /s/, la glotte atteint approximativement le même degré d'ouverture glottale que pendant le relâchement de la vélaire simple /k/, d'où la même durée d'aspiration.

A la lumière de ces différents résultats, il pourrait être tentant de considérer l'aspiration comme une fonction du degré d'ouverture glottale au moment du relâchement (voir la deuxième question évoquée ci-dessus). Mais une telle caractérisation, basée essentiellement sur une définition articulatoire, n'est pas satisfaisante. D'une part, elle soulève la question épineuse de savoir si l'alignement temporel doit être spécifié dans la définition même du trait. D'autre part, une telle définition ne permet pas de rendre compte de nombreux cas où une occlusive sourde est produite avec un degré d'ouverture glottale important au moment du relâchement oral (parfois semblable à celui des fricatives sourdes) sans que le segment soit pour autant aspiré (i.e. absence de VOT dans le sens de Fant présenté ci-dessus). Comme le montre les Figures 5 et 6, les deux occlusives [t] et [k] dans le mot sourd [tsskʰftstt] « tu l'as séchée », par exemple, sont aussi produites avec un degré d'ouverture glottale important, mais ne sont pas aspirées.



**Figure 5.** Signal acoustique et tracé glottographique de [tsskʰftstt] montrant une ouverture glottale importante au moment du relâchement de [t] et [k].



**Figure 6.** Signal acoustique et spectrogramme d'une répétition de [tsskʰftstt].

Cet exemple illustre le cas où un segment satisfait la définition articulatoire du trait [glotte ouverte] sans être pour autant aspiré. Dans ces exemples, le bruit de friction supra-glottique masque le bruit de friction glottique.

On peut conclure qu'un segment peut être défini par un trait si et seulement s'il satisfait à la fois la définition articulatoire et la définition acoustique de ce trait. Dans cette optique, nous proposons de définir un son [glotte ouverte] comme un son 1) produit avec un degré d'ouverture glottique d'environ 4 mm et plus pour un homme adulte et 2) ayant une structure formantique partiellement masquée par du bruit, dont les valeurs sont variables selon l'environnement, ayant une durée supérieure à environ 30-40 ms pour un débit lent.

### 3. CONCLUSION

Un trait distinctif, tel qu'il est compris dans ce travail, est un rapport entre une articulation donnée et son produit acoustique. La définition que nous avons proposée pour le trait [glotte ouverte] vaut en berbère pour [t] et [k] dans les contextes où il est produit avec un VOT supérieur à 30-40 ms, mais ne recouvre pas [t<sup>h</sup>], même si la glotte pour ce dernier segment est ouverte pendant l'occlusion. Cette définition ne recouvre pas non plus les cas où les occlusives dentales et vélares sont suivies de fricatives sourdes, même si dans ce contexte précis, elles sont produites avec une amplitude d'ouverture glottale importante au moment du relâchement. En effet, pour récupérer le trait, il faut que la condition acoustique soit aussi satisfaite.

La validité interlinguistique de la définition proposée ici reste à déterminer. En principe, elle recouvre une grande diversité de réalisations. Par exemple, cette définition vaut non seulement pour les aspirés « classiques » mais aussi pour les occlusives à voix soufflée (breathy voice), les sonantes "sourdes" et les sonantes "breathy", dans la mesure où elles sont produites avec une ouverture suffisante de la glotte et qu'elles sont accompagnées d'une structure formantique (simultanée ou séquentielle) partiellement masquée par du bruit. Elle vaut aussi pour les aspirées en fin d'énoncé, comme dans le népalais qui oppose des paires comme [ruk] « arrête, imp. » et [ruk<sup>h</sup>] « arbre ». En même temps, elle exclue le classement des occlusives sourdes non aspirées comme des sons [glotte ouverte], même si dans de nombreux cas l'absence de voisement résulte d'une ouverture de la glotte. Puisque ces sons ne satisfont pas le critère acoustique, ils ne peuvent être considérés comme étant [glotte ouverte].

### Bibliographie

[1] J. Durand. Les traits phonologiques et le débat articulation/audition. In P. Busutil (ed.) *Points d'interrogation : Phonétique et phonologie de l'anglais*, pages : 56-70. Pau: Presses Universitaires de Pau. 2000.

[2] K. Stevens. On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics*, 17: 3-46. 1989.

[3] R. Jakobson, G. Fant, and M. Halle. *Preliminaries to Speech Analysis: the Distinctive Features and their Correlates*. Cambridge, MA: MIT Press. 1952.

[4] N. Chomsky and M. Halle. *The Sound Pattern of English*. New York: Harper and Row. 1968.

[5] M. Halle and K. Stevens. A note on laryngeal features. Quarterly Progress Report of the Research Laboratory of Electronics (MIT), 101, 198-213. 1971.

[6] G.N. Clements. Feature economy in sound systems. *Phonology*, 20: 287-333. 2003.

[7] C. Golston and W. Kehrein. Simultaneity, salience, sequencing and the sonority of laryngeals. Paper presented at the 5th Old World Conference in Phonology, 23-26 January, Toulouse. 2008.

[8] J. Kingston. Articulatory binding. In J. Kingston and M. Beckman (eds.) *Papers in Laboratory Phonology, Between the Grammar and Physics of Speech*, pages: 406-434, Cambridge University Press. 1990.

[9] B. Vaux. The laryngeal specifications of fricatives. *Linguistic Inquiry*, 29: 497-511. 1998.

[10] G. Fant. Stops in CV syllables. In *Speech Sounds and Features*, pages: 110-139. MIT. 1973.

[11] B. Malmberg. *Phonetics*. Dover: New York. 1963.

[12] L. Lisker and A.S. Abramson. A cross-language study of voicing in initial stops: acoustic measurements. *Word*, 20: 384-422. 1964.

[13] C.-W. Kim. A theory of aspiration. *Phonetica* 21, 107-116. 1970.

[14] B. Hutter. Vocal fold adjustments in aspirated and unaspirated stops in Danish. *Phonetica*, 42: 1-24. 1985.

[15] A. Löfqvist. Interarticulator programming in stop production. *Journal of Phonetics*, 8: 475-490. 1980.

[16] P. Ladefoged and I. Maddieson. *The sounds of the world's languages*. Blackwell Publishers: Oxford. 1996.

[17] R. Ridouane, S. Fuchs, and P. Hoole. Laryngeal adjustments in the production of voiceless obstruent clusters in Berber. In Harrington, J. & Tabain, M. (eds.) *Speech Production: Models, Phonetic Processes, and Techniques*. New York: Psychology Press, pages: 275 – 301. 2006