

C.R. 5<sup>e</sup> Congr. int. Sci. phon., Münster 1964, pp. 244-251  
(S. Karger, Basel/New York 1965).

Université de Californie et Laboratoires Haskins

## De la hiérarchie des indices acoustiques pour la perception de la parole

Par PIERRE DELATTRE, Santa Barbara, Calif.

La connaissance des indices acoustiques dont se composent les éléments distinctifs d'une langue est maintenant assez avancée pour permettre de faire le point sur le problème général du pouvoir distinctif de chacun de ces indices. La relativité de ce pouvoir a été observée indirectement ou partiellement dans nombre de travaux, faits par des techniques variées. Il reste ici à voir comment l'examiner systématiquement.

C'est par le procédé de coupe et recollage de bandes magnétiques sur lesquelles était enregistrée de la parole humaine qu'*André Malécot* a étudié les résonances des consonnes nasales pendant l'occlusion buccale (ce que nous appellerons ici les *résonances fermées*) pour déterminer leur rôle dans la distinction du lieu d'articulation<sup>1</sup>. Par ce même procédé, *Katherine Harris* a comparé entre eux les bruits des consonnes fricatives pour leur contribution à l'identification du lieu d'articulation<sup>2</sup>. *Lee Lisker* a fait varier la durée de l'occlusion buccale pour découvrir son rôle dans le voisement des consonnes occlusives<sup>3</sup>; *Frederick Householder*<sup>4</sup>, *Morris Halle*<sup>5</sup>, et d'autres ont comparé la perception des occlusives finales avec et sans leur détente explosive. Mais le procédé par coupe de bandes magnétiques est limité de deux manières. D'abord il ne permet que l'omission et l'addition, il ne permet pas la modification d'un indice acoustique. Ensuite il ne permet la segmentation que dans le temps et non parallèlement au temps. Pour omettre, modifier, manipuler, isoler même, les indices acoustiques de la parole parallèlement au temps, il faut opérer par synthèse de parole artificielle. C'est donc surtout au moyen de la parole synthétique que la contribution de chaque in-

dice à la perception des lieux et modes d'articulation peut être révélée. Ici la technique de recherche la plus élaborée consiste à faire varier un seul indice dans le temps, la fréquence et l'intensité pendant que les autres indices sont «neutralisés». Ainsi les chercheurs des Laboratoires Haskins ont pu étudier pour l'anglais les explosions des occlusives orales<sup>6</sup>, les transitions des occlusives orales et nasales<sup>7</sup>, les résonances fermées et les transitions des sonantes<sup>8</sup>, les transitions et les bruits des fricatives<sup>9</sup>, les formants des voyelles<sup>10</sup>, les effets de tempo<sup>11</sup>, etc.

Par suite de ces imposants travaux, de nombreux faits de hiérarchie nous sont connus. On sait par exemple que, pour la perception du lieu d'articulation anglais, le bruit contribue plus dans les consonnes sourdes que dans les sonores, et que par contre les transitions jouent un rôle plus important pour les sonores que pour les sourdes. Mais ces bruits ont des valeurs distinctives très différentes: les bruits de friction sont plus efficaces que les bruits d'explosion; parmi les frictions, les plus utiles sont les plus intenses, celles de /ʃ/, /s/; quand les frictions sont faibles, comme pour /θ/, /f/, le lieu d'articulation est surtout connu par les transitions. Parmi les explosions, les plus utiles à la perception sont celles des vélaires devant voyelles arrondies – ainsi dans /go/, c'est principalement le bruit qui identifie le lieu d'articulation vélaire, dans /bo/ c'est principalement le deuxième formant. On sait que la troisième transition joue un plus grand rôle dans les r que dans les autres sonantes, dans les dentales que dans les labiales ou les vélaires. On sait que la deuxième transition identifie mieux le lieu d'articulation vélaire devant voyelle écartée que devant voyelle arrondie. On sait que les consonnes nasales font connaître leur lieu d'articulation par les transitions beaucoup plus que par les résonances fermées. On sait que le tempo des transitions aide à distinguer /j/ de /g/, /ð/ de /v/, mais pas /z/ de /ʒ/. Et ainsi de suite. Les indications isolées du pouvoir relatif des indices acoustiques abondent; il faut maintenant y mettre de l'ordre.

Pour essayer d'atteindre une vue d'ensemble de cette hiérarchie, nous dressons ici des tableaux où tous les indices connus entrent en jeu pour distinguer l'un de l'autre les deux termes de toutes les oppositions de phonèmes, de lieux d'articulation, de mode d'articulation et de voisement d'une langue donnée. Ces tableaux (voir figures) se présentent sur différents plans. La place nous manque pour offrir plus d'un ou deux échantillons de chaque plan. Le pouvoir distinctif d'un indice donné pour une opposition donnée est

noté par des x dans la case appropriée. La notation est arbitrairement en cinq degrés, de zéro x à quatre x. Les jugements de pouvoir distinctif sont en grande partie basés sur des travaux publiés, mais aussi sur les recherches exploratoires de l'auteur. Les exemples de consonnes sont pris à l'anglais, sauf que les affriquées sont omises à cause de l'ambiguïté d'unité qu'elles présentent. Il reste donc quatre modes: les plosives, les fricatives, les nasales et les sonantes, ce dernier mode comprenant les liquides et les semi-voyelles. Les exemples de voyelles sont pris au français de façon à inclure les indices de nasalité.

Sur le premier plan nous opposons successivement chaque mode d'articulation à tous les autres modes (figure 1). Pour quatre modes

	Plosives / Nasales	
	Plosives / Fricatives	
	Plosives / Sonantes	
	Nasales / Fricatives	
	Nasales / Sonantes	
	Fricatives / Sonantes	
Continuité / Discont.	x x x x x x	x x x x x x
Locus de Transition 1	x x x x x x	x x x x x x
Tempo des Transitions	x x x x x x	x x x x x x
Résonances Fermées	x x x x x x	x x x x x x
Durée du Bruit	x x x x x x	x x x x x x

Fig. 1. Pouvoir distinctif des indices acoustiques de mode d'articulation en anglais. Comparaison de quatre modes entre eux, formant six paires d'opposition.

cela fait six oppositions. On peut lire, par exemple, sur la ligne horizontale du milieu, que le tempo des transitions sert plus à la distinction occlusives/sonantes qu'aux autres distinctions (occlusives = plosives + nasales); et sur la première colonne verticale que les plosives se distinguent surtout des nasales par la résonance fermée et la première transition.

Sur le deuxième plan, nous opposons les lieux d'articulation entre eux, à l'intérieur de chaque mode, séparément (figure 2). On est obligé de séparer les vélares devant voyelles écartées (ge, ɲe) des vélares devant voyelles arrondies (ga, ɲa), ces dernières n'utilisant pas de locus vélaire de deuxième formant pour la perception du lieu d'articulation vélaire. Plusieurs expériences démontrent cela. La plus simple consiste à retrancher l'explosion à un enregistrement de /go/. On entend alors /bo/, parce que la deuxième transition de /go/

	b	b	d	d	m	m	n	n	v	v	ɔ	ɔ	z	z	w	w	j	j	r	r	l	l
	d	ge	ga	ge	ga	n	ɲe	ɲa	ɲe	ɲa	ɔ	z	z	z	z	j	r	l	l	l	l	l
Locus de Transition 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Locus de Transition 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fréquence du Bruit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Intensité du Bruit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tempo des Transitions	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Résonances Fermées	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	A	B	C	D																		

Fig. 2. Pouvoir distinctif des indices acoustiques de lieu d'articulation en anglais. A. Opposition des consonnes occlusives sonores entre elles. B. Opposition des consonnes nasales entre elles. C. Opposition des consonnes fricatives entre elles. D. Opposition des consonnes sonantes entre elles. ge = g devant voyelles écartées. ga = g devant voyelles arrondies.

se dirige vers le locus labial. Cela démontre aussi que l'explosion de /go/ joue un rôle prépondérant dans la perception du lieu d'articulation vélaire, ce que nous trouvons noté sur la figure 3, ligne 3, sons /ka/ et /ga/.

Sur le troisième plan, nous opposons une seule consonne, /m/, à toutes les autres (figure 3). Cela met en lumière les nombreux indices qui entrent en jeu en anglais: 6 pour le lieu d'articulation (en français, allemand, espagnol, il faudrait en ajouter un 7<sup>e</sup>, le locus de transition 1, ces langues ayant des consonnes pharyngales à locus 1 très élevé), 5 pour le mode, et 7 pour le voisement (d'après une investigation en cours).

	y	t	k	ke	b	d	ge	ga	f	ɔ	s	v	ɔ	z	z	n	ɲe	ɲa	w	j	r	l	
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Lieu d'Articulation	Locus de Transition 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Locus de Transition 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Fréquence du Bruit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Intensité du Bruit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Tempo des Transitions	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Résonances Fermées	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Durée du Bruit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Mode d'Articulation	Continuité / Discont.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Locus de Transition 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Tempo des Transitions	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Résonances Fermées	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Voisement	Durée du Bruit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Fondamentale	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Aspiration	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Intensité de Trans. 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Intensité du Bruit	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Résonances Fermées	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Durée de Fermeture	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Durée de Voyelle Suivante	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Fig. 3. Pouvoir distinctif des indices acoustiques de lieu d'articulation, de mode d'articulation, et de voisement en anglais. Opposition d'une seule consonne à toutes les autres.



	i	e	ɛ	y	ø	œ	o	ɔ	ou	ɛ̃	ø̃	ɔ̃
i	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɛ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
y	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ø	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
œ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɔ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ou	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɛ̃	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ø̃	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɔ̃	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fig. 7. Pouvoir distinctif d'un seul indice acoustique, la fréquence du premier formant, pour toutes les oppositions de voyelles en français.

	i	e	ɛ	y	ø	œ	o	ɔ	ou	ɛ̃	ø̃	ɔ̃
i	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɛ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
y	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ø	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
œ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɔ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ou	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɛ̃	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ø̃	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ɔ̃	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fig. 8. Pouvoir distinctif d'un seul indice acoustique, la fréquence du deuxième formant, pour toutes les oppositions de voyelles du français.

trième plan, il en faudrait autant qu'il existe d'indices acoustiques séparables. Nous n'avons d'ailleurs examiné ici que les oppositions de phonèmes segmentaux. Le travail complet comprendrait également les indices acoustiques des phonèmes prosodiques d'accent, d'intonation et de jonction, ainsi que ceux de la dichotomie consonne/voyelle qu'elle soit phonémique ou non.

Enfin il sera intéressant, face aux tableaux complets, de grouper les indices en familles - de comparer, par exemple, les indices de fréquence avec ceux d'intensité, de durée et de tempo; ou encore de les comparer d'après leurs corrélatifs articulatoires.

Bibliographie

1. Malécot, A.: Acoustic cues for nasal consonants; an experimental study involving a tape-splicing technique. *Language* 32: 274-284 (1956).
2. Harris, Katherine: Cues for the discrimination of American English fricatives in spoken syllables. *Language and Speech* 1: 1-7 (1958).
3. Lisker, L.: Closure duration and the intervocalic voiced-voiceless distinction in English. *Language* 33: 42-49 (1957).
4. Householder, F.: Unreleased ptk in American English. For R. Jakobson, pp. 235-244 (1956).
5. Halle, M.; Hughes, G. and Radley, J.-P.: Acoustic properties of stop consonants. *J. Acoust. Soc. America* 29: 107-116 (1957).  
Delattre, P.: Unreleased velar plosives after back-rounded vowels. *JAS* 30, 6: 581-582 (1958).
6. Liberman, A.; Delattre, P. and Cooper, F. S.: The role of selected stimulus-variables in the perception of the unvoiced stop consonants. *Amer. J. Psychol.* 65: 497-517 (1952).
7. Delattre, P.; Liberman, A. M. and Cooper, F. S.: Acoustic loci and transitional cues for consonants. *JAS* 27: 769-774 (1955).  
Harris, K.; Hoffman, H.; Liberman, A.; Delattre, P. and Cooper, F.: Effect of third-formant transitions on the perception of the voiced stop consonants. *JAS* 30, 2: 122-126 (1958).  
Hoffman, H. S.: Study of some cues in the perception of voiced stop consonants. *JAS* 30, 11: 1035-1041 (1958).  
Liberman, A.; Delattre, P.; Cooper, F. and Gerstman, L.: The role of consonant-vowel transitions in the perception of the stop and nasal consonants. *Psychol. Monogr.* 379: 1-14 (1954).
8. O'Connor, J.; Gerstman, L.; Liberman, A.; Delattre, P. and Cooper, F.: Acoustic cues for the perception of initial /wɹl/ in English. *Word* 13: 24-44 (1957).
9. Delattre, P.; Liberman, A. and Cooper, F.: Formant transitions and loci as acoustic correlates of place of articulation in American fricatives. *Studia Linguistica* (1963).
10. Delattre, P.; Liberman, A.; Cooper, F. and Gerstman, L.: An experimental study of the acoustic determinants of vowel color; observations on one- and two-formant vowels synthesized from spectrographic patterns. *Word* 8: 195-211 (1952).
11. Liberman, A.; Delattre, P.; Gerstman, L. and Cooper, F.: Tempo of frequency change as a cue for distinguishing classes of speech sounds. *J. Exp. Psychol.* 52: 127-138 (1956).

Adresse de l'auteur: Prof. Dr Pierre Delattre. University of California, Department of French, Santa Barbara, California (USA).