

L'INTENSITÉ SPÉCIFIQUE DES VOYELLES

MARIO ROSSI

Chaque voyelle possède des caractéristiques spécifiques dont on doit tenir compte dans l'analyse et l'interprétation des faits phonétiques. Lehiste et Peterson (1959:435) font remarquer à ce sujet qu'il est indispensable d'appliquer des facteurs de correction à l'intensité, à la fréquence fondamentale et à la durée des voyelles. La présente étude portera sur l'intensité spécifique des voyelles (ISP).

L'analyse de l'intensité spécifique a été abordée par plusieurs auteurs (Sacia et Beck 1926, Fairbanks *et al.* 1950, Fairbanks 1950, Lehiste et Peterson 1959, Ladefoged 1961, 1963, 1967). Les préoccupations immédiates de chacun diffèrent, mais le point de vue est fondamentalement le même: le phénomène de l'intensité spécifique est en rapport direct avec l'effort physiologique fourni ou avec le degré d'ouverture de la voyelle.

Notre but était à l'origine de définir l'intensité spécifique des voyelles du français. Chemin faisant, certains problèmes qui ont surgi au cours de nos investigations nous ont conduit à rechercher une méthode de calcul de la phonie qui rendait compte du phénomène de l'intensité spécifique. A partir de là nous avons été amené à réviser une conception fondée sur la théorie motrice du langage.

1. MÉTHODE PSYCHOACOUSTIQUE POUR LA DÉTERMINATION DE L'INTENSITÉ SPÉCIFIQUE

L'intensité spécifique peut être évaluée à partir du facteur de pondération Isp qui permet de corriger l'intensité mesurée afin d'obtenir des voyelles isophones.

La détermination de l'intensité spécifique se réduit au calcul de ce facteur de pondération qui ne se conçoit que par rapport à une voyelle étalon. Le choix de cet étalon est en partie arbitraire. Nous avons choisi la voyelle [a] postérieure du français, c'est-à-dire la voyelle la plus ouverte dont l'intensité spécifique est a priori la plus forte. Il s'agit ensuite, connaissant l'intensité de [a], de comparer chaque voyelle à l'étalon, de relever l'intensité à laquelle [i], par exemple, est isophone de [a]. La différence entre les intensités mesurées de [a] et de [i] donne le facteur de pondération qu'il faut ajouter au niveau de pression sonore (SPL) de (i) pour obtenir des valeurs

chiffrées qui soient une image de la perception de la phonie. Pour définir ce facteur de pondération, nous avons utilisé deux méthodes: (1) la méthode des limites, avec ajustement par l'auditeur et (2) la méthode constante.

1. *Le facteur de pondération obtenu par la méthode des limites.* — L'intensité du stimulus de comparaison [a] est maintenue constante à 68 db.¹ Le sujet a la possibilité de faire varier l'intensité du 2^o stimulus afin d'ajuster la phonie des deux voyelles.

A partir des résultats obtenus nous avons calculé les coordonnées de la droite de Henri. Le point d'égalisation subjective (PES) indique dans quelle mesure le stimulus étalon a été sous-estimé et réciproquement dans quelle mesure le stimulus variable a été surestimé. Le PES constitue le facteur de pondération recherché. Par ailleurs l'écart quartile et l'écart type des variations des réponses autour du PES fournissent deux estimations différentes du seuil différentiel relatif d'intensité. Si l'on compare le stimulus étalon à lui-même et que l'étalon est également sous-estimé, il convient de retrancher du PES observé pour les autres voyelles cette valeur de sous-estimation (tableau 1).

TABLEAU 1

Facteur de pondération ISP et seuils différentiels obtenus par la méthode des limites (ajustement par le sujet)

	P.E.S.	Isp	I Δ (Interquartile)	Δ I (Écart-type)	Nombre de mesures
a	- 0,5	0	1	1,50	52
ã	- 1,25	0,75	1,50	2,25	25
o	- 1,50	1	1,30	1,87	32
œ	- 1,75	1,25	1,25	1,85	34
ã	- 1,75	1,25	1,32	1,95	34
o	- 2,20	1,70	1,20	1,75	36
ε	- 2,25	1,75	1,70	2,50	36
ẽ	- 2,25	1,75	1,67	2,50	28
u	- 2,85	2,35	1,50	2,12	73
y	- 3	2,50	1,40	2	43
e	- 4,5	4	1,35	2	43
i	- 5	4,50	1,65	2,30	100
			T=16,84 M= 1,40	T=24,59 M= 2,04	T=536 M= 44

Si nous comparons nos chiffres à ceux de Fairbanks (1950:392) et de Lehiste (1959:433) en ramenant à [i] le facteur de pondération (Figure 1), nous remarquons que nos résultats ont à peu près la même distribution que ceux de Lehiste. Par contre l'ordre des résultats de Fairbanks diffère beaucoup de celui qu'obtiennent Lehiste, Peterson et Rossi. Nos résultats et ceux de Lehiste semblent infirmer la conclusion

¹ re. 0,0002 dyn/cm²; SPL mesuré au niveau des oreilles de l'auditeur.

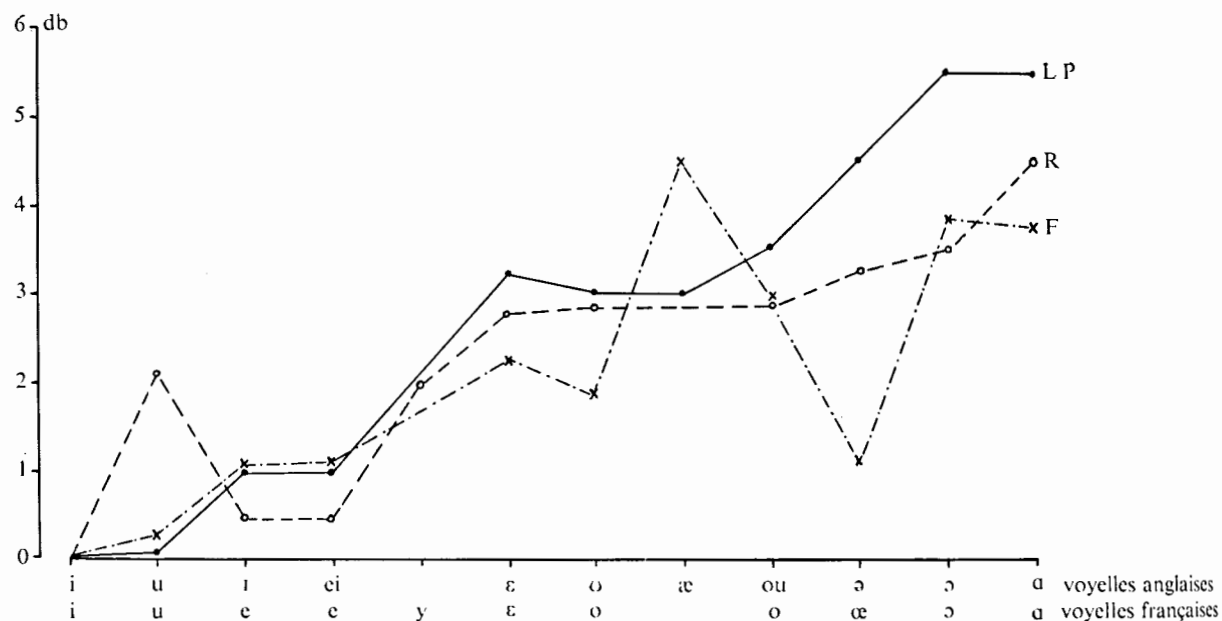


Fig. 1. Niveau d'intensité relatif (db) des voyelles au-dessus de (i) — résultats comparés de Fairbanks (F), Lehiste et Peterson (LP), Rossi (R).

de Fairbanks selon laquelle l'intensité spécifique serait fonction du degré d'ouverture de la voyelle. D'ailleurs si on se reporte au quadrilatère acoustique des voyelles utilisées dans notre expérience on remarque que la progression de ISP ne suit pas celle du degré d'ouverture ou de fermeture (Figure 2).

2. *Le facteur de pondération observé par la méthode constante.*² — Cette fois, on présente aux sujets dix séries de dix paires de stimuli; le stimulus variable varie par bonds de 2 db au-dessus et au-dessous de l'intensité de l'étalon. L'ordre des variations est aléatoire. La tâche des sujets consiste à dire si la deuxième voyelle de chaque paire a une phonie égale, supérieure ou inférieure à la première. Comme précédemment on calcule, à partir des résultats, les coordonnées de la droite de Henri. L'expérience n'a porté pour l'instant que sur les couples (a, a), (a, i) et (a, u). Le PES qui définit le facteur de pondération ISP (Tableau 2) est relativement plus grand dans la méthode constante que dans la méthode des limites.

3. *La prévision du facteur de pondération à partir de la connaissance spectrale de la voyelle.* — Au début de nos expériences nous avons enregistré les stimuli sur bande magnétique. Après un certain temps d'utilisation nous avons remarqué que le PES pour (a, i) se rapprochait de zéro. Les sujets avaient tendance à moins sur-estimer (i). Nous avons procédé à une analyse spectrale de la voyelle (i) sur bande et

² Dans cette méthode, nous avons utilisé des stimuli synthétiques, à cause de la difficulté à préparer des séries de voyelles naturelles dont l'intensité varie par bonds constants et réguliers. L'utilisation de voyelles de synthèse dans la méthode des limites permettra ultérieurement une comparaison plus solide des résultats.

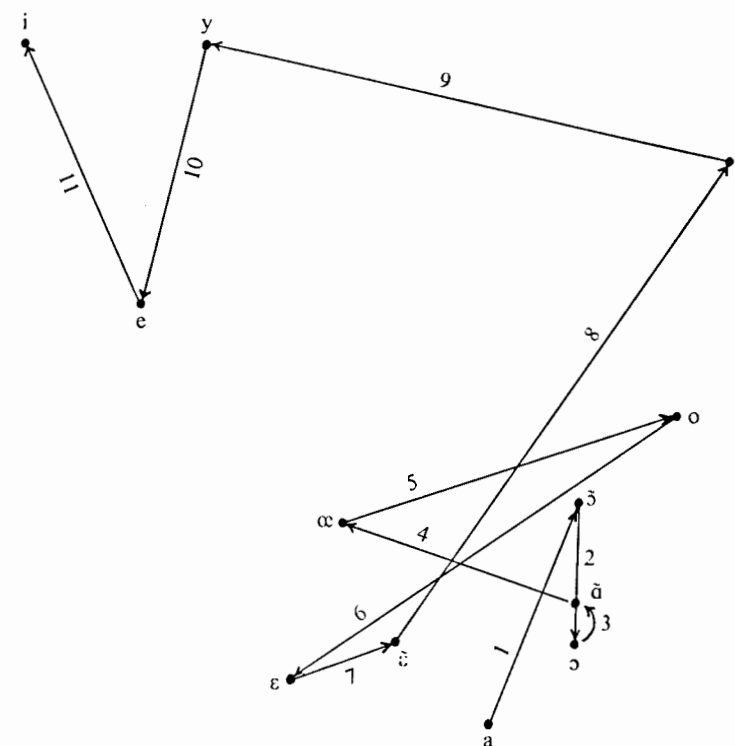


Fig. 2. Quadrilatère acoustique des voyelles naturelles qui ont servi à déterminer le facteur de pondération ISP — le deuxième formant des voyelles antérieures a été corrigé en fonction du 3^e formant d'après la formule de Fant (Fant 1960).

TABLEAU 2

Moyennes sur 14 auditeurs du point d'égalisation subjective (= ISP) et du seuil différentiel relatif d'intensité pour les couples (a,a), (a,u), (a,i).

	P. E. S.	Facteur de pondération Isp.	ΔI (interquartile)	ΔI (écart-type)	Nombre de sujets	Nombre de mesures
(a,a)	$-1 \pm 0,61$	0	$3 \pm 0,36$	$4,5 \pm 0,37$	20	2000
(a,u)	$-4,5 \pm 0,51$	-3,5	$1,9 \pm 0,31$	$2,8 \pm 0,22$	15	1500
(a,i)	$-7 \pm 0,52$	-6	$2,3 \pm 0,21$	$3,7 \pm 0,25$	13	1300

l'avons comparée à la voyelle originale. A cause de l'usure de la bande F2 avait perdu 4 db et F3, 8 db; la voyelle avait perdu de la sorte 3,5 phones Zwicker. Nous avons pensé alors que le phénomène de l'intensité spécifique pouvait être dû à la distribution de l'énergie sur le spectre et à l'intensité relative des composantes et que le facteur de pondération pouvait être calculé à partir de la phonie.

Plusieurs méthodes ont été mises au point pour l'évaluation de la phonie d'un bruit (Fletcher et Munson 1933, Beranek 1951, Stevens 1956 et 1961, Zwicker 1960 et 1967, Niese 1965). La méthode qui rend compte de façon satisfaisante de la phonie relative des voyelles est celle de Niese. Les travaux de Stevens permettent également de déduire une procédure d'estimation de la phonie correcte.

(1) Niese, pour l'évaluation de la phonie, ajoute au niveau de pression sonore pondéré A un supplément d'intensité dû essentiellement: (1) à la largeur du spectre de bruit (ΔL_s): comme mesure équivalente de la largeur de bande, l'auteur prend la différence entre SPL.A global et SPL.A de la bande critique de plus grande amplitude dans le spectre; (2) à l'intégration, selon les courbes d'égale sonorité, de SPL.A de la bande critique de plus grande amplitude (ΔL_p).

Les compléments de valeur sonore sont recherchés sur un abaque (Figure 3). On

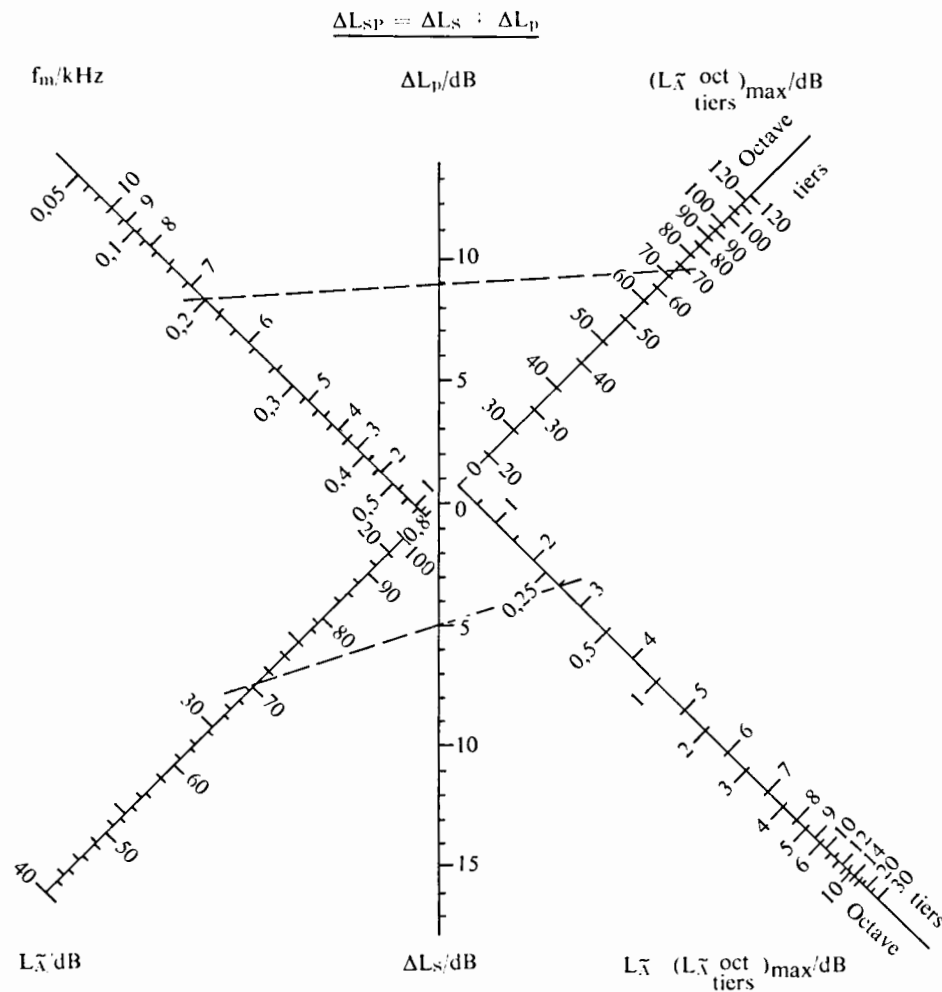


Fig. 3. D'après Niese (1965).

TABLEAU 3

Facteur de pondération calculé par la méthode de Niese: voyelles synthétiques.

Stimuli	SPL Global Lin	SPL Global A	SPL 1/3 max. A		ΔL_p	ΔL_s	SPL 1/3 max. A + ΔL_p + ΔL_s	Facteur de pondération Isp.
			SPL	F				
a	68	68	68	800	0	0	68	3,5 db,
u	68	64	61,5	400	5	5	71,5	
a	68	68	68	800	0	0	68	6,5 db.
i	68	64	59	250	7,50	8	74,5	

TABLEAU 4

Facteur de pondération calculé par la méthode de Niese: voyelles naturelles.

Stimuli	SPL global Lin	SPL global A	SPL 1/3 max. A		ΔL_p	ΔL_s	SPL 1/3 max. A + ΔL_p + ΔL_s	Facteur de pondération Isp.
			SPL	F				
a	68	63	62	630	1	2	65	0
ɔ	68	63	61	500	2	4,5	67,5	2,5
æ	68	63	59	630	1	7,5	67,5	2,5
ɔ	68	63,5	61	630	1	5,5	67,5	2,5
ũ	68	63	61	500	2	4,5	67,5	2,5
o	68	63,5	61	500	2	5,5	68,5	3,5
e	68	64	61,5	630	1,5	5,5	68	3,5
ē	68	63	57	1200	1,5	8,5	68,5	3,5
u	68	61	56	400	3,5	9,5	69	4
y	68	60	56	250 400	6	8	71	6
e	68	64,5	59		2000	3	9,5	71,5
i	68	60	55	250	7	10	72	7

trouvera dans les tableaux 3 et 4 les valeurs du facteur de pondération ISP calculées par cette méthode.

(2) Stevens fait intervenir dans la sommation des composantes d'un son un facteur F qui varie selon la largeur de bande de l'analyse. Il fait remarquer par ailleurs que le facteur F qui est un indice du degré de masquage, dépend non seulement de la largeur des bandes mais également de l'écartement des bandes; F étant plus grand lorsque les bandes sont éloignées les unes des autres (Figure 4). On peut déduire des recherches de Stevens pour l'évaluation de la phonie des voyelles une procédure différente de celle qu'il préconise pour les bruits continus en champ diffus et qui peut être condensée dans la formule:

$$S_{tot} = S_j + \sum_{k \neq j} S_k F(|I_k|)$$

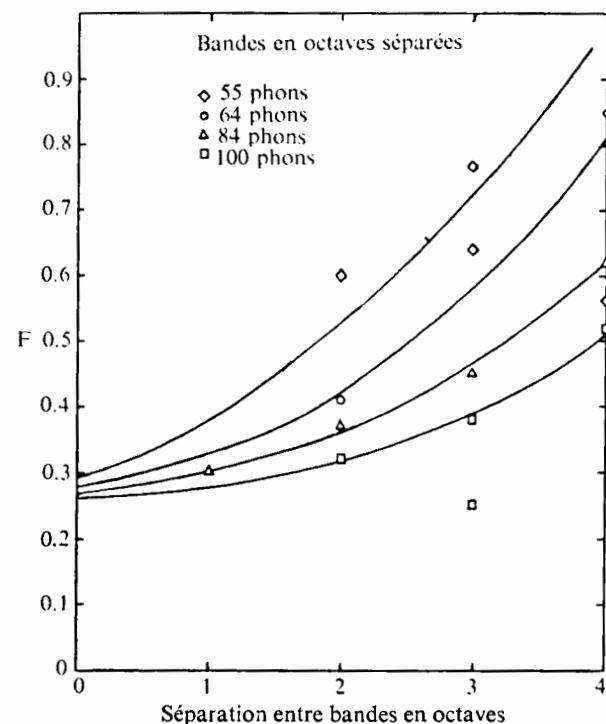


Fig. 4. D'après Stevens (1956:820).

c'est-à-dire: la sonie totale est égale à la sonie de la j ème bande critique (nombre de la bande de sonie maximale) augmentée de la somme pour k différent de j , des produits de la sonie de la k ème bande par la fonction F de l'intervalle 1, mesuré en octaves, de la k ème bande par rapport au maximum.

La fonction F est définie par le graphe de Stevens (Figure 4).

$$\text{L'intervalle } 1 = 0,3 \log_{10} \frac{f_k}{f_j}.$$

On ne prend en compte par cette méthode que les bandes critiques couvertes par $F1$ et $F2$ et éventuellement celles qui sont couvertes par $F3$, si $F2$ et $F3$ ne forment qu'un seul sommet dans le spectre transformé par les nomogrammes de Zwicker. On trouvera dans le tableau 5 les résultats obtenus par cette méthode.

2. CONCLUSIONS

1. Les valeurs absolues de ISP calculées diffèrent selon la procédure suivie: par la méthode de Niese, ISP des voyelles naturelles (méthode des limites) a tendance à être surestimé; pour les voyelles synthétiques (méthode constante) par contre ISP observé et calculé coïncident à peu près. Par la méthode dérivée des recherches de Stevens ISP des voyelles synthétiques est sous-estimé; pour les voyelles naturelles ISP

TABLEAU 5

Phonie et facteur de pondération calculé dans voyelles synthétiques et naturelles (méthode de Stevens).

Stimuli naturels	A	B	C	D	C + D
	Phonie	Facteur de pondération	Nombre de bandes critiques	Espace en octaves entre F1 et F2	
a	72,2	0	6	0	6
ɔ	72,8	0,6	7	1 1/3	8 1/3
ɔ	72,8	0,6	8	0	8
œ	73	0,8	8	1 1/3	9 1/3
ũ	73,2	1	6	1	7
o	73,9	1,7	9	1 1/3	10 1/3
ε	73,9	1,7	9	1	10
ē	74,2	2,2	10	1 1/3	11 1/3
u	74,7	2,5	10	0	10
y	75,2	3	9	2 2/3	11 2/3
e	76,4	4,2	9	2 2/3	11 2/3
i					
Stimuli synthétiques					
a	77,5	0	7	0	7
u	80	2,5	8	1	9
i	83,1	5,6	10	3 1/3	13 1/3

observé et calculé sont très voisins. Puisque la méthode de Niese tend à surestimer ISP et que d'autre part le calcul par cette procédure et l'observation par la méthode constante coïncident on doit en conclure que la méthode constante tend à surestimer ISP par rapport à la méthode des limites.

Malgré ces différences, les valeurs observées et calculées par les deux procédures ont à peu près la même distribution et le même ordre. Le calcul du r de Bravais Pearson indique une très forte corrélation entre ISP observé et calculé ($r = 0,95$, méthode Niese).

2. Si on représente les résultats observés en fonction des résultats calculés, on obtient les droites de régression de la Figure 5. La fonction qui relie le jugement des auditeurs à l'accroissement de la phonie est la fonction de puissance: $y = k \cdot x^{0.7}$ (méthode Niese) très voisine de la fonction de l'échelle de sonie définie par Lane (1960 et 1961), mais en aucune façon de celle de l'échelle autophonique. Le phénomène de l'intensité spécifique est donc bien lié directement à la phonie des voyelles et non à une sensation kinesthésique.

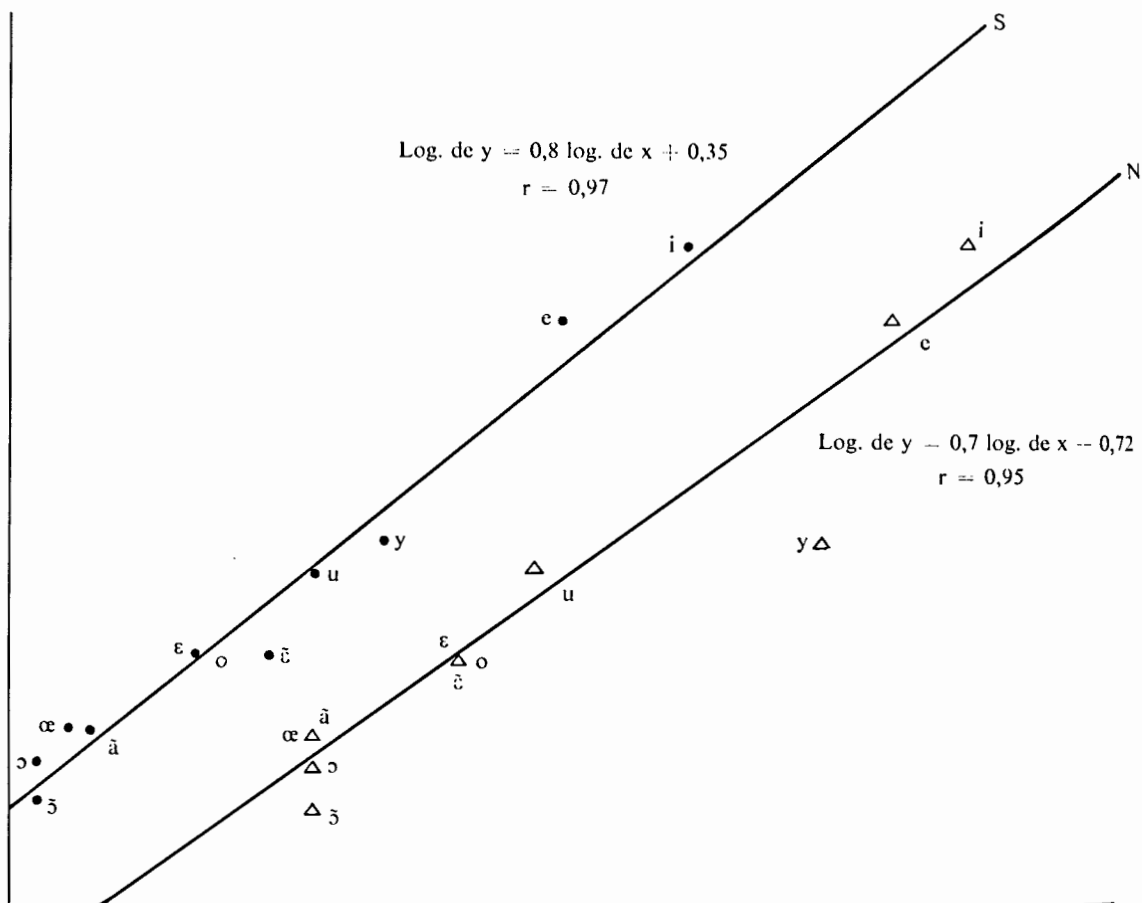


Fig. 5. ISP observé en fonction de ISP calculé (voyelles naturelles) — N: ISP observé / ISP calculé (Niese) — S: ISP observé / ISP calculé (Stevens).

3. Les procédures utilisées dans le calcul de ISP et les principes qui les sous-tendent indiquent clairement que le phénomène de l'intensité spécifique dépend de la distribution de l'énergie sur le spectre et de la largeur de bande UTILE de la voyelle:

(1) si l'énergie se trouve dans une zone favorisée par l'oreille (cf. les courbes d'égalité sonore) la voyelle reçoit un surcroît de phonie; c'est le cas de (u) et de (i). Si l'énergie se trouve concentrée dans une zone centrale du spectre autour de 1000 Hz, la voyelle ne reçoit aucun supplément de phonie: c'est le cas de (a).

(2) si l'énergie utile, couverte par F1 et F2, est étalée sur le spectre et couvre un grand nombre de bandes critiques et/ou si F1 et F2 forment deux sommets sur le spectre transformé par les nomogrammes de Zwicker on est en présence d'une voyelle à bande large (ex. ε, Figure 6a); dans le cas contraire on a affaire à des voyelles à bande étroite (ex. α, Figure 6b). Il ressort de nos calculs que la largeur de bande

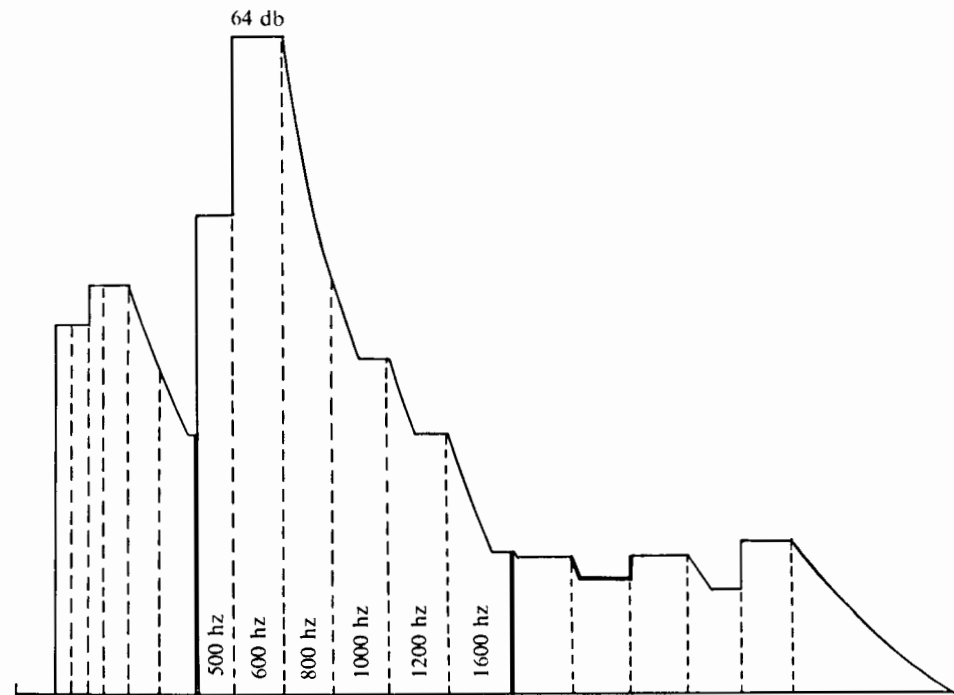


Fig. 6a Spectre de (a) transformé à l'aide des nomogrammes de Zwicker.

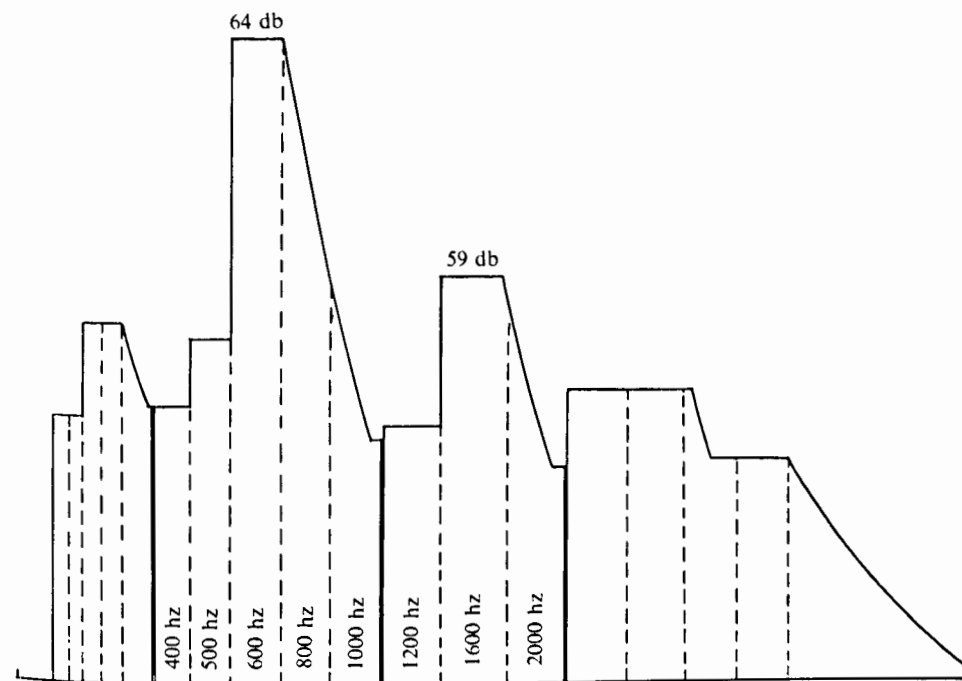


Fig. 6b Spectre de (ε) transformé à l'aide des nomogrammes de Zwicker. On remarque que F1 et F2 pour (a) ne forment qu'un seul sommet et ne couvrent que 6 bandes critiques, tandis que pour (ε) F1, F2 forment deux pics séparés. F1 comprenant 5 bandes critiques et F2, 3 bandes critiques.

utile couverte par les deux premiers formants constitue le facteur principal qui rend compte de l'intensité spécifique. On remarque que le nombre de bandes critiques contenues dans le spectre croît dans le même sens que le facteur de pondération.

On peut sur cette base distinguer deux classes de voyelles: les voyelles à bande étroite pour lesquelles le nombre de bandes critiques utiles est inférieur à 10: *a*, *ɔ̃*, *ɔ*, *æ*, *ɑ̃*; les voyelles à bande large dont le nombre de bandes critiques est supérieur à 10: *o*, *ē*, *ε*, *u*, *y*, *e*, *i*. On peut noter que le facteur de pondération observé ou calculé diffère significativement d'une classe à l'autre.

Ces remarques diverses nous amènent à reconsidérer l'opposition compact/diffus. La définition des notions de compacité et de diffusion ne fournit pas de critère univoque permettant de dire, par exemple, si (*ε*) et (*ɔ*) sont ou non compactes. L'opposition entre voyelles larges et voyelles étroites serait à notre avis plus adéquate. Le nombre de bandes critiques ou le facteur de pondération pourraient constituer un indice acoustique de cette opposition. La notion de largeur de bande aurait l'avantage enfin, comme le prouvent nos recherches en cours, de rendre compte, sans entraîner de contradiction, de la structure acoustique des consonnes.

Université de Provence

BIBLIOGRAPHIE

- Beranek, L.L., J.L. Marshall, A.L. Cudworth, and A.P.G. Peterson
1951 "Calculation and Measurements of the Loudness of Sounds", *Journal of the Acoustical Society of America* 23.3:261-269.
- Black, J.W.
1949 "Natural Frequency, Duration and Intensity of Vowels in Reading", *Journal of Speech and Hearing Disorders* 14:216-221.
- Fairbanks, G., A.S. House, and E.L. Stevens
1950 "An Experimental Study of Vowel Intensities", *Journal of the Acoustical Society of America* 22:457-459.
- Fairbanks, G.
1950 "A Physiological Correlative of Vowel Intensities", *Speech Monographs* 17:390-395.
- Fletcher, H. and W.A. Munson
1933 "Loudness, its Definition, Measurement and Calculation", *Journal of the Acoustical Society of America* 5:82-108.
- Ladefoged, P.
1961 "Subglottal Activity During Speech", in *Proceedings of the IVth International Congress of Phonetic Sciences*, Helsinki, 1961 (Mouton, La Haye) pp. 73-91.
1967 *Three Areas of Experimental Phonetics* (London, Oxford University Press) pp. 1-49.
- Ladefoged, P. and N.P. McKinney
1963 "Loudness, Sound Pressure and Subglottal Pressure in Speech", *Journal of the Acoustical Society of America* 35.4:454-460.
- Lane, H.L., A.C. Catania, and S.S. Stevens
1960 "Speakers' Scales of Vocal Effort", *Speech Intelligibility and Perception*, 59th Meeting of the Acoustical Society of America, Providence, Rhode Island, Juin, 1960.
- Lane, H.L., A.C. Catania, and S.S. Stevens
1961 "Voice Level: Autophonic Scale, Perceived Loudness and Effects of Side-Tone", *Journal of the Acoustical Society of America* 33.2:160-167.

- Lehiste, I. and J.E. Peterson
1959 "Vowel Amplitude and Phonemic Stress in American English", *Journal of the Acoustical Society of America* 31.4:428-435.
- Niese, H. von
1965 "Eine Methode zur Bestimmung der Lautstärke und Lästigkeit von Geräuschen", *Acustica* 15.2:117-126.
- Redlich J. von, and R.W. Wendahl
1960 "On the Relative Loudness Levels of Synthesized Vowels", *Speech Intelligibility and Perception*, 59th Meeting of the Acoustical Society of America, Providence, Rhode Island, juin 1960.
- Sacia, C.F. and C.J. Beck
1926 "The Power of Fundamental Sounds", *Bell System Technical Journal* 5:393-403.
- Stevens, S.S.
1956 "Calculation of the Loudness of Complex Noise", *Journal of the Acoustical Society of America* 28.5:807-832.
1961 "Procedure for Calculating Loudness: Mark VI", *Journal of the Acoustical Society of America* 33.2:1577-1585.
- Zwicker, E.
1960 "Ein Verfahren zur Bestimmung der Lautstärke", *Acustica* 10.
- Zwicker, E. and R. Feldtkeller
1967 *Das Ohr als Nachrichtenempfänger* (Stuttgart, S. Hirzel).

DISCUSSION

CARTON (Nancy)

En remerciant M. Rossi de sa substantielle communication, je voudrais lui demander si les méthodes employées tiennent compte ou non de la hauteur, et si 'l'ordre' des voyelles est le même que dans les expériences antérieures.

ROSSI

J'ai utilisé des voyelles à hauteur constante. Les expériences comparées de Lehiste et de Ladefoged semblent montrer que la variation du fondamental n'a pas d'incidence notable sur l'intensité spécifique.

Je pense que la variation du fondamental, dans certaines limites, définies par la largeur des bandes critiques, n'affecte pas sensiblement le facteur de pondération. Si le changement du fondamental affecte la forme du spectre, alors l'intensité spécifique ne peut plus être la même. La procédure de calcul que je propose permet de répondre à cette question.

Dans une étude antérieure (in *Proceedings of the VIth International Congress of Phonetic Sciences*, Prague, 1967 [Prague, Academia] 1970) j'avais, pour un dialecte italien, défini un facteur de pondération. Les chiffres que je fournissais alors ne pouvaient évidemment pas être utilisés pour le français.

DEBRIE-MAURY (Toronto)

Peut-on tirer des résultats de ces recherches des éléments d'information concernant les indices acoustiques de la nasalité?

ROSSI

Votre question est très intéressante, car elle soulève un point qui m'a posé des problèmes. L'analyse par tiers d'octave qui est une approximation d'une analyse par bandes critiques et la transformation du spectre à partir des nomogrammes de Zwicker fournit des renseignements plus précis sur la nasalité que l'analyse traditionnelle au Sonagraph.

GSELL (Paris)

M. Rossi vient de nous donner une communication d'une très haute valeur et je le félicite vivement pour ses découvertes. Il a établi un indice de pondération ISP des voyelles françaises que l'on attendait depuis longtemps, qui fera date — et que l'on peut recommander aux phonéticiens qui travaillent sur les faits prosodiques. Il a d'autre part établi l'origine psycho-acoustique du phénomène et a réussi à l'expliquer. J'aimerais cependant lui demander quelques précisions :

1. M. Rossi a choisi comme étalon [ɑ], choix qui s'est révélé judicieux, puisque [ɑ] possède des formants qui tombent dans la zone d'audition la plus favorable et a de ce fait le niveau de pression sonore le plus élevé. Cependant, vue la situation de [ɑ] dans le système français, il serait intéressant de voir si un changement d'étalon, [i] par exemple, aboutirait aux mêmes facteurs de pondération — M. Rossi a-t-il fait ce test ?

2. Les résultats de M. Rossi, s'ils concordent dans l'ensemble avec ceux de Mme Lehiste (obtenus à partir de voyelles anglaises), révèlent cependant quelques divergences significatives, notamment pour [u]. Ces divergences s'expliquent-elles par une répartition différente des bandes critiques — due aux différences de spectre des voyelles — mêmes voisines — dans les deux langues ? Faudrait-il élaborer des indices de pondération différents par langue ?

3. Enfin si M. Rossi a été amené, à partir de la notion de bande critique, à redéfinir les traits de 'compact' et de 'diffus', en a-t-il pu envisager d'autres conséquences ou d'autres applications ?

ROSSI

Vos questions présentent un grand intérêt. Vous avez mis le doigt sur des points importants. Je vais répondre dans l'ordre :

1. Je n'ai pas utilisé d'autre voyelle étalon que [ɑ] jusqu'à ce jour. Il s'agit en effet d'un problème important dont j'ai eu conscience et dont nous avons tenu compte dans notre plan de travail à venir.

Toutefois, l'erreur qui est introduite par le fait que [ɑ] est toujours le stimulus constant est corrigé si on tient compte, comme je l'ai fait, de la sous-estimation du stimulus étalon lorsqu'il est comparé à lui-même.

2. Effectivement ISP de [u] dans mon étude diffère de façon significative des résultats des autres auteurs pour la même voyelle. Il faut dire que les voyelles postérieures n'ont pas le même comportement que les voyelles antérieures. Bien que *F1*

et *F2* de [u] couvrent un nombre de bandes critiques plus grand que les deux premiers formants de [ɑ], ces deux formants ne forment généralement qu'un seul sommet pour [u] alors qu'ils en forment deux pour les voyelles antérieures. Ce fait explique que ISP observé et calculé soit inférieur à celui de [i]. C'est encore une confirmation du fait que l'accroissement de ISP n'est pas l'évolution du degré de fermeture.

3. Je n'ai pas encore envisagé toutes les implications possibles de la redéfinition des traits compact et diffus à partir de la notion de largeur de bandes. Je dois dire cependant que la notion de largeur de bande, outre qu'elle supprime les contradictions inhérentes à la notion de compacité, fournit des renseignements précieux sur la distinction entre consonnes graves et consonnes antérieures.

LAFON (Besançon)

La différence notée par vous entre [e] et [i] ainsi que [ɛ] et [o] qui ne correspondent donc pas à une règle d'aperture est-elle significative dans vos résultats ?

ROSSI

Lorsque Fairbanks compare l'intensité relative des voyelles à leur degré d'ouverture, il ne se pose pas la question de savoir si les différences entre ces intensités est significative ou non. Me plaçant sur le même plan que lui je me rends compte que nos résultats et ceux de Lehiste et Peterson infirment l'idée selon laquelle l'intensité spécifique est en corrélation avec le degré d'aperture.

Les différences relevées entre [e] et [i] ne sont pas significatives. Le facteur de pondération est d'autre part le même pour [ɛ] et [o]. Par conséquent, si l'on fait intervenir le degré de signification, mes résultats infirment encore la théorie de Fairbanks.

MUNCH (Strasbourg)

Les résultats que vous nous avez présentés concernent uniquement l'intensité spécifique des voyelles isolées. Ne pensez-vous pas qu'il serait intéressant d'envisager aussi les sons vocaliques dans la chaîne parlée ? Le résultat serait-il identique ? Nous avons, dans un travail sur l'intensité spécifique des voyelles du français, étudié les voyelles dans des phrases courtes (six syllabes). Les résultats obtenus sur un corpus de 140 phrases prononcées par deux sujets vont dans l'ensemble dans le même sens que les vôtres.

Toutefois dans notre étude la succession des voyelles ne correspond pas tout à fait à l'ordre que vous proposez. (Les voyelles fermées se caractérisent par une intensité plus faible que les voyelles ouvertes. Mais le lien entre intensité spécifique et aperture ne semble pas être dans le cas des voyelles moyennes, aussi évident.)

De même, l'écart que nous trouvons entre les extrêmes est plus important que celui que vous relevez.

Nos investigations portaient aussi sur la comparaison des voyelles en syllabes accentuées et en syllabes inaccentuées. Elles ont mis en évidence qu'il est important

de tenir compte dans l'expérimentation de la place de la voyelle par rapport à l'accent:

- (1) il y a une nette différence entre la voyelle accentuée et la voyelle inaccentuée.
- (2) l'écart d'intensité entre la voyelle la plus intense et la voyelle la moins intense est réduit dans le cas des voyelles inaccentuées.

ROSSI

La prochaine étape de nos recherches prévoit une application aux voyelles de la chaîne parlée de la méthode de calcul que nous avons mise au point, ainsi qu'une série de tests qui nous permettrait de connaître l'influence de l'entourage consonantique et de l'accent sur l'intensité spécifique.

Il est normal que l'écart de l'intensité entre les voyelles extrêmes s'atténue en syllabe atone, car dans cette position, les spectres ont tendance à se rapprocher. Le spectre des voyelles sur lesquelles nous avons travaillé correspond au spectre des mêmes voyelles sous l'accent. Puisque je montre qu'on peut prévoir le facteur de pondération à partir de l'analyse spectrale les chiffres que je donne valent pour les voyelles atones. Toutefois, il convient de choisir les valeurs trouvées par la méthode constante où la tâche du sujet se rapproche le plus de celle qu'il a à résoudre dans la perception de la parole: ce qui veut dire qu'il faut ajouter aux valeurs trouvées par la méthode des limites l'estimation semi-interquartile du seuil différentiel spécifique de chaque voyelle. Dans ce cas les valeurs trouvées par la méthode des limites, non augmentées du seuil différentiel, peuvent être une assez bonne approximation du facteur de pondération en syllabe atone. On peut d'ailleurs le contrôler par la méthode de calcul que je propose.

Vous trouvez des valeurs différentes de celles que je fournis ici: il serait intéressant de connaître à ce sujet la durée de vos stimuli, la façon dont vous avez mesuré l'intensité et les conditions de vos tests, si vous avez eu recours à un contrôle perceptif.