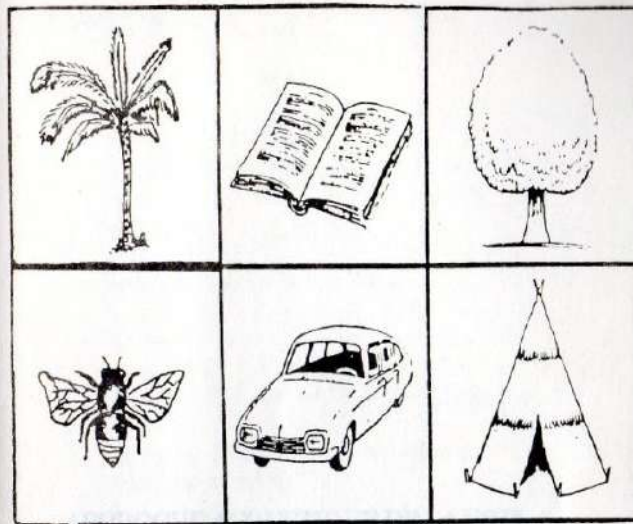


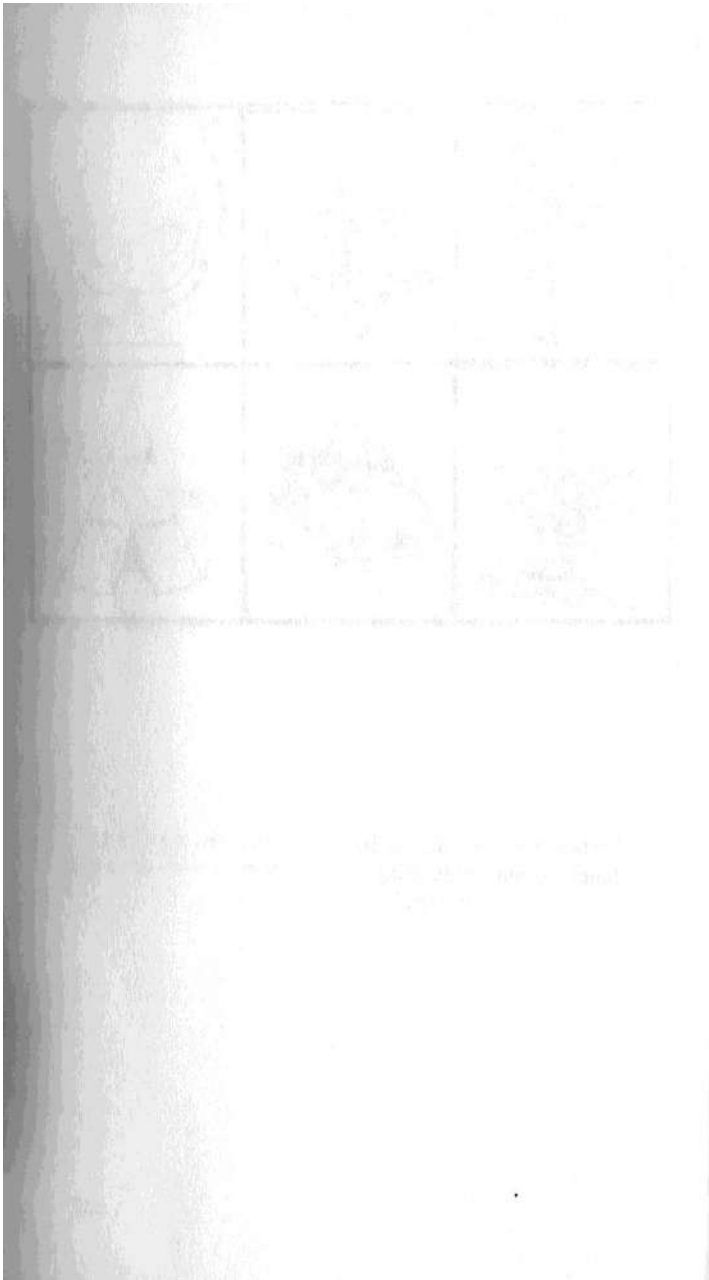
Compréhension orale : arabe.

Montrez-moi [faʁun]  
"souris"



Compréhension orale : arabe.

Montrez-moi [naʁlatun]  
"dattier"



**APPROCHE ACOUSTIQUE DE LA VOIX**

*KH.KEBAILI*

Introduction

1.1. Définition de la voix

1.2. Les sources de la voix

1.3. Le conduit vocal

1.4. Les paramètres acoustiques

1.5. Les modes de vibration

1.6. Les harmoniques

1.7. Les formants

1.8. Les paramètres de la voix

1.9. Les paramètres de la parole

1.10. Les paramètres de la communication

1.11. Les paramètres de la perception

1.12. Les paramètres de la production

1.13. Les paramètres de la compréhension

1.14. Les paramètres de la reconnaissance

1.15. Les paramètres de la compréhension

1.16. Les paramètres de la reconnaissance

1.17. Les paramètres de la compréhension

1.18. Les paramètres de la reconnaissance

1.19. Les paramètres de la compréhension

1.20. Les paramètres de la reconnaissance

1.21. Les paramètres de la compréhension

1.22. Les paramètres de la reconnaissance

1.23. Les paramètres de la compréhension

1.24. Les paramètres de la reconnaissance

1.25. Les paramètres de la compréhension

1.26. Les paramètres de la reconnaissance

1.27. Les paramètres de la compréhension

1.28. Les paramètres de la reconnaissance

1.29. Les paramètres de la compréhension

1.30. Les paramètres de la reconnaissance

1.31. Les paramètres de la compréhension

1.32. Les paramètres de la reconnaissance

1.33. Les paramètres de la compréhension

1.34. Les paramètres de la reconnaissance

1.35. Les paramètres de la compréhension

1.36. Les paramètres de la reconnaissance

1.37. Les paramètres de la compréhension

1.38. Les paramètres de la reconnaissance

1.39. Les paramètres de la compréhension

1.40. Les paramètres de la reconnaissance

1.41. Les paramètres de la compréhension

1.42. Les paramètres de la reconnaissance

1.43. Les paramètres de la compréhension

1.44. Les paramètres de la reconnaissance

1.45. Les paramètres de la compréhension

1.46. Les paramètres de la reconnaissance

1.47. Les paramètres de la compréhension

1.48. Les paramètres de la reconnaissance

1.49. Les paramètres de la compréhension

1.50. Les paramètres de la reconnaissance

1.51. Les paramètres de la compréhension

1.52. Les paramètres de la reconnaissance

1.53. Les paramètres de la compréhension

1.54. Les paramètres de la reconnaissance

1.55. Les paramètres de la compréhension

1.56. Les paramètres de la reconnaissance

1.57. Les paramètres de la compréhension

1.58. Les paramètres de la reconnaissance

1.59. Les paramètres de la compréhension

1.60. Les paramètres de la reconnaissance

1.61. Les paramètres de la compréhension

1.62. Les paramètres de la reconnaissance

1.63. Les paramètres de la compréhension

1.64. Les paramètres de la reconnaissance

1.65. Les paramètres de la compréhension

1.66. Les paramètres de la reconnaissance

1.67. Les paramètres de la compréhension

1.68. Les paramètres de la reconnaissance

1.69. Les paramètres de la compréhension

1.70. Les paramètres de la reconnaissance

1.71. Les paramètres de la compréhension

1.72. Les paramètres de la reconnaissance

1.73. Les paramètres de la compréhension

1.74. Les paramètres de la reconnaissance

1.75. Les paramètres de la compréhension

1.76. Les paramètres de la reconnaissance

1.77. Les paramètres de la compréhension

1.78. Les paramètres de la reconnaissance

1.79. Les paramètres de la compréhension

1.80. Les paramètres de la reconnaissance

1.81. Les paramètres de la compréhension

1.82. Les paramètres de la reconnaissance

1.83. Les paramètres de la compréhension

1.84. Les paramètres de la reconnaissance

1.85. Les paramètres de la compréhension

1.86. Les paramètres de la reconnaissance

1.87. Les paramètres de la compréhension

1.88. Les paramètres de la reconnaissance

1.89. Les paramètres de la compréhension

1.90. Les paramètres de la reconnaissance

1.91. Les paramètres de la compréhension

1.92. Les paramètres de la reconnaissance

1.93. Les paramètres de la compréhension

1.94. Les paramètres de la reconnaissance

1.95. Les paramètres de la compréhension

1.96. Les paramètres de la reconnaissance

1.97. Les paramètres de la compréhension

1.98. Les paramètres de la reconnaissance

1.99. Les paramètres de la compréhension

2.00. Les paramètres de la reconnaissance

Il apparaît avec la zone préfrontale du cerveau, siège de la vie personnelle et de la zone du pli courbe du cerveau, siège du schéma corporel.

D'autre part, le retrait de la face par rapport au crâne entraîne la descente de l'os hyoïde qui est le stade ultime de la verticalisation qui détermine la plicature en angle droit du pavillon pharyngobuccal sans lequel l'articulation est possible.

Cette constatation tirée d'expérience est d'autant plus vraie que l'animal ne présentant pas de pavillon pharyngobuccal en angle droit se voit dans l'incapacité de parler comme l'homme.

Le langage humain est une chaîne de signes vocaux, transmis à l'oreille et interprétés par le cortex. Cette mélodie des sons s'inscrit dans une science instrumentale qui est l'acoustique.

L'acoustique ou étude des sons s'associe à leur articulé pour donner naissance à la phonétique acoustique.

La phonétique ou étude des sons d'une langue du point de vue de leur articulation ou de leur réception auditive a été par tradition enseignée dans une optique humaniste, ce qui explique pourquoi elle fût introduite en lettres et sciences humaines.

La phonétique articulatoire fondée sur l'observation est avant tout descriptive car elle s'occupe essentiellement de la position de la langue, de l'occlusion du conduit vocal et de l'émission du son laryngé.

#### - La phonétique acoustique:

Elle définit les sons comme étant une vibration de l'air qui naît

au niveau de la bouche d'une personne qui parle, cet air est transmis par les ondes sonores à grande vitesse (environ 340 m/ seconde) dans l'air, à une autre personne qui écoute.

L'onde est transmise au tympan qui véhicule le message au cortex auditif.

La phonétique acoustique a pour but d'expliquer les effets des modifications des cavités acoustiques du conduit vocal de chaque sujet sur la composition du son des voyelles et sur la nature des transitoires (c'est-à-dire passage d'une consonne à une voyelle).

La phonétique acoustique fait appel au raisonnement à partir des sons audibles visualisés sur les appareils comme le sonographe, l'oscillographe, etc...

L'étude acoustique de la parole a fait l'objet de nombreuses recherches depuis le début du XVIII<sup>e</sup> siècle, les premiers essais de synthèse ont été réalisés par KEMPELEN (1791, HELMOLTZ (1862).

Ils énonceront tous la fameuse théorie harmonique considérée (comme stable) par opposition à la théorie des transitoires (instables) de WILLIS (1829) à FLANAGAN (1965).

Ces résultats sont rendus possibles ou réalisables pour :

- la radiographie
- la radiocinématographie
- la laryngoscopie
- les mises au point d'analogues électriques de l'appareil phonatoire
- l'ordinateur: encore rare dans certains laboratoires de phonétique acoustique.

## Origine du son

Avant de définir le son, il est nécessaire de connaître son origine. Pour cela nous citerons les grandes théories acoustiques qui montrent bien dès 1898 les controverses à l'issue de l'origine du son ou vibration des cordes vocales.

- en 1898: EWALD décrit la théorie myo-élastique la plus considérée en physiologie vocale et selon laquelle les cordes vocales en tension passive vibreraient par la pression sous-glotique.

- en 1950 HUSSON décrit la théorie neuro-chronaxique: ici aussi les cordes vocales seraient passives, la fréquence de leur vibration serait imposée par les influx moteurs du nerf récurrent.

- en 1953 cette théorie est controversée par VALLANCIEN, SMITH, VANDENBERG, CORNUT, LAFON et nous aboutissons à un renouvellement de la théorie myo-élastique sous le nom de muco-ondulatoire.

- théorie de BERMOUILLE: selon laquelle l'air atmosphérique et l'air du larynx suffisent pour former deux forces de sens contraire pour faire vibrer les cordes vocales.

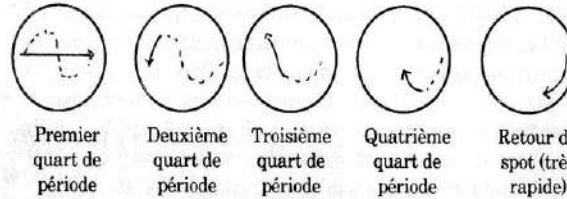
- en 1968, MAC LEOD et SILVESTRE s'inspirent de la physiologie du muscle des ailes d'insectes et décrivent la théorie neuro-oscillatoire.

Après avoir montré l'origine du son à travers les grandes théories, il nous reste à le définir.

### Qu'est-ce qu'un son?

«Un son selon le théorème de FOURIER, mathématicien, est une onde sinusoïdale complexe périodique considérée comme la somme algébrique d'un certain nombre d'ondes pures qui sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale de l'onde»

En réglant le balayage sur la fréquence du diapason, on observe une forme d'onde très pure, que l'oscilloscope dessine de la façon suivante:



Ces ondes pures sont ce que nous appelons des harmoniques désignées par N.

Visualisées sur ordinateur ou sur sonographe, ces harmoniques sont au nombre de N, on repère l'harmonique  $N_1$  qui est le fondamental relativement stable à partir de 100 Hz environ, l'harmonique  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$  etc...

Donc toute onde périodique donnée par un son, peut-être refaite à partir de la somme algébrique d'un certain nombre d'harmoniques dont on ferait varier la phase.

Ces mêmes voyelles se laissent difficilement photographier, à moins de les prendre "au vol" sur un oscilloscope à déclenchement unique





Détail de la courbe oscillographique de la voyelle [a], entonnée sur 100 Hz de fondamental. L'examen attentif des deux cycles successifs montre que ces deux cycles n'ont pas de caractéristiques exactement semblables. En d'autres termes, les voyelles parlées ne sont pas des vibrations parfaitement périodiques, mais presque périodiques. Leur périodicité est cependant suffisante pour qu'on puisse les considérer comme véritables "sons" complexes.

- Photographie de l'auteur en Agfa 1000, au 1/50<sup>e</sup> de seconde, sur son oscilloscope RFT EO 1/77, équipé d'un "canon" photographique.

D'où viennent ces harmoniques? Quelle est leur origine?

Ces harmoniques s'expliquent par une propriété qu'on appelle la résonance ou fréquence de résonance, notion fondamentale.

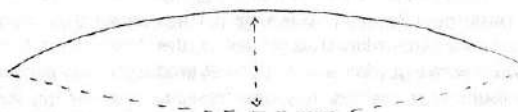
Cette fréquence dépend de la tension: à partir d'un exemple simple nous essaierons de comprendre comment l'harmonique naît.

Quand on écarte une corde de guitare de sa position d'équilibre elle résiste d'autant plus à cette traction qu'elle est plus tendue et quand on la relâche, elle part d'autant plus vite que cette résistance était grande, donc elle oscille sur un rythme plus rapide. Ce qui fait que de deux cordes semblables, c'est la plus tendue qui oscille à la fréquence la plus haute et c'est l'ajustement précis de leur tension qui permet d'ajuster leur fréquence fondamentale.

Ceci est très important pour ce qui va suivre:

En effet, cette corde de guitare n'est pas un diapason dont les branches oscillent en bloc et sans aucune souplesse; cette corde est *souple*, et peut prendre en oscillant les formes les plus complexes et les plus diverses.

Par exemple



N1 : "La"<sup>3</sup> = 440 Hz

Elle oscille en *bloc* à une fréquence bien déterminée qui est celle de la note pour laquelle elle a été accordée. L'oscillation obtenue, est comme pour tout oscillateur qui oscille en bloc, *sinusoïdale*.

Mais comme la corde est souple, à ce mouvement de base se superpose un autre mouvement, car elle peut osciller aussi *par ses moitiés* (figure du dessus). Tout se passe alors comme si deux petites cordes de *longueurs deux fois moindres* et attachées bout à bout, chacune possédant sa propre fréquence de résonance *double* de la fréquence fondamentale, oscillaient chacune pour son propre compte, l'une oscillant vers le bas pendant que l'autre oscille vers le haut et vice-versa. Comme ces deux moitiés de corde sont deux fois plus courtes que la corde entière, il est évident que les oscillations qu'elles engendrent, toujours nécessairement *sinusoïdale*, doivent avoir une fréquence double de la fréquence fondamentale de la corde entière: C'est l'HARMONIQUE 2 (dit "N2").



N2: 880 Hz

La corde peut également osciller par ses *tiers*: (figure du dessus) nous avons alors trois petites "cordes" bout à bout, *trois fois plus courtes* que la corde entière, et produisant des oscillations toujours *sinusoïdale*, à une *fréquence triple* de la fréquence fondamentale de la corde entière. C'est l'HARMONIQUE 3 (dit "N3").



N3: 1320 Hz

La corde peut également osciller par ses quarts, engendrant l'harmonique 4, toujours sinusoïdale et de fréquence quadruple de la fréquence fondamentale, - par ses cinquièmes, engendrant l'harmonique 5, etc...

Il peut y avoir un *nombre très considérable* de ces harmoniques, qui sont ici d'autant moins intenses que leur rang est plus élevé.

Que se passe-t-il donc exactement quand on "pince" une corde de guitare et qu'on la relâche? On y fait, pendant un temps très court, naître une quantité de "PARTIELS", oscillations non harmoniques, qui, du fait qu'ils n'ont pas les seuls rapports de fréquence autorisés par la nature de la corde (fréquence 1, 2, 3, etc...), s'éteignent très rapidement: c'est *le bruit de l'attaque* instrumentale, qui provoque cette sorte de grincement précédant la stabilisation du son. Puis ne subsistent que les *harmoniques* qui mélangeant intimement leurs mouvements (s'ajoutant quand ils sont de même sens et se retranchant quand ils sont de sens contraire) forment ce mouvement global d'une inextricable complexité: *l'oscillation complexe*.

Des phénomènes sensiblement équivalents se retrouvent dans les instruments à anches (harmonica, accordéon, etc...).

Donc pour une seule et même corde la fréquence fondamentale sera d'autant plus haute (rythme d'oscillation plus rapide) que la corde sera plus courte. C'est pourquoi, pour monter les notes de musique c'est-à-dire augmenter leur fréquence, on raccourcit de plus en plus une corde de guitare.

Avant d'aborder l'analyse des voyelles nous devons souligner l'absence d'ondes périodiques dans les consonnes.

En effet, les consonnes étant des sons voisés, elles présentent

toutes des images spectrales non significatives puisqu'elles sont dépourvues de formants. Leur courbe oscillographique rendent compte de leur profil: absence d'ondes périodiques, au niveau sonographique elles sont absentes. Leur présence intervient uniquement dans la notion de locus. Le locus étant un point fictif que les acousticiens n'arrivent pas très bien à déterminer car la limite ou la métastase (mort du phonème) est intimement liée à la naissance de la voyelle.

Donc pour analyser une voyelle ce qui nous intéresse avant tout c'est:

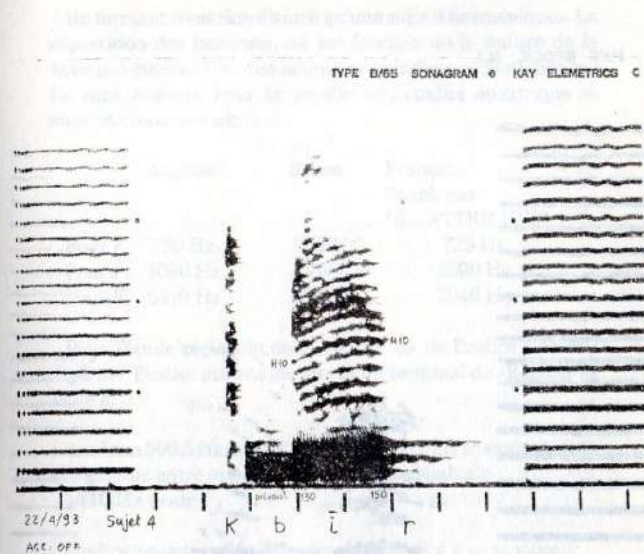
- 1°) sa forme générale
- 2°) connaître la pression sonore moyenne provoquée par toutes les harmoniques présents dans chaque bande de fréquence décelée soit par filtrage soit inscrit sur l'écran de l'ordinateur.

Donc ce qui importe dans un spectre vocalique, ce qui donne à une voyelle sa coloration, c'est uniquement les fréquences de concentration d'harmoniques et les amplitudes relatives de ces concentrations.

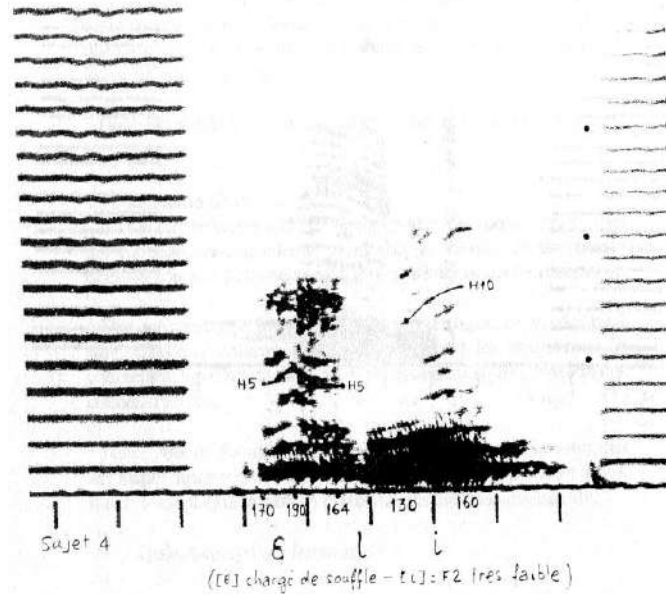
Nous venons de voir comment sont formées les harmoniques et l'importance capitale de leur répartition sur le spectre sonore, il est évident que la notion de formants est plus abordable.

#### Qu'est-ce qu'un formant?

Un formant n'est rien d'autre qu'une suite d'harmoniques. La répartition des harmoniques est fonction de la nature de la voyelle à étudier. Chaque langue a ses indices acoustiques qui lui sont propres. Pour la voyelle «a», l'indice acoustique se situerait comme suit:



O. PINE BROOK, N.J.



Un formant n'est rien d'autre qu'une suite d'harmoniques. La répartition des harmoniques est fonction de la nature de la voyelle à étudier. Chaque langue a ses indices acoustiques qui lui sont propres. Pour la voyelle «a», l'indice acoustique se situerait comme suit:

	Anglais	Russe	Français (établi par DELATTRE 1948)
Pour $F_1$	730 Hz	700 Hz	725 Hz
Pour $F_2$	1090 Hz	1080 Hz	1300 Hz
Pour $F_3$	2440 Hz	2600 Hz	2640 Hz

Pour l'étude régionale de la voyelle «a» de l'indice dialectal algérien, l'indice acoustique du «a» du terminal de «R ā b a» se situe à:

environ 500,5 Hz pour  $F_1$  (parce qu'il est interconsonantique).  
«a» se situe entre une post vélaire et une bilabiale  
1410 Hz pour  $F_2$

l'indice acoustique du deuxième «a» de «R ā b a» se situe à:  
environ 600 Hz pour  $F_1$ .

L'indice acoustique varie en fonction de la langue.

D'ailleurs le triangle acoustique de DELATTRE en 1948 rappelant la position de la langue dans la cavité buccale, et le quadrilatère articuloire de G.STRAKA en 1965, montrent assez bien que toutes les voyelles quelles que soient les langues dans lesquelles elles sont émises, à quelques différences près, sont dûes à l'accent consonantique des indices acoustiques semblables.



### Conclusion

1) Il y a une relation étroite entre l'augmentation de  $F_1$ , premier formant et l'aperture de la cavité buccale. Les valeurs les plus élevées de  $F_1$  correspondent à une plus grande aperture et inversement.

2) Le déplacement de la masse de la langue vers l'arrière correspond à une diminution de  $F_2$ . L'arrondissement des lèvres correspond à une telle variation. Les intensités des formants sont des indices acoustiques redondants puisqu'elles sont directement fonction de la répartition de  $F_1, F_2, F_3$ .

### Voyelles nasales

C'est grâce à la synthèse qu'on a pu mettre en évidence les voyelles nasales à l'aide d'analogues électriques.

Ce qu'il faut retenir, c'est que l'indice acoustique de la voyelle nasale ne se situe pas dans le domaine fréquentiel mais dans celui de l'intensité.

En effet si l'on atténue l'intensité  $I_1$  du premier formant  $F_1$ , nous obtenons un trait de nasalité, l'indice de nasalité se situant à peu près vers 250 Hz. Les caractéristiques des voyelles nasales ont été mises en évidence par les travaux de M. JOOS en (1948), S. SMITH (1951), K. STEVEN (1956).

### Le timbre

Le timbre de la voix s'explique par les cavités de résonance du larynx. Chaque individu a une physiologie qui lui est propre, c'est pourquoi chacun de nous a un timbre différent de celui de l'autre.

Sur le plan acoustique le timbre est visualisé à partir de la richesse des harmoniques. Si on veut faire varier le timbre, on fait varier l'amplitude de l'harmonique  $N_2$  qui vient juste après l'harmonique  $N_1$  qui est le fondamental comme il a été souligné plus haut.

Si l'harmonique  $N_1$  est doublé, on a un timbre différent du timbre initial et ceci peut être réalisé pour l'harmonique  $N_3, N_4$ , etc...

Le timbre dépend aussi de la stabilité du fondamental.

### Conclusion

La phonétique acoustique ou science instrumentale des sons progresse de plus en plus de nos jours grâce aux techniques de synthèse de la parole. Cette recherche à caractère vocal se donne les moyens qu'il faut pour arriver un jour peut-être à une «vocalimétrie» (E. EMERIT) et reproduire intégralement la voix de l'autre, ou du moins l'améliorer, et ceci dans une optique thérapeutique.