Revue de l'EPI n° 93 de mars 1999

Jean-Bernard Viaud

▶ **To cite this version:**

Jean-Bernard Viaud. Revue de l'EPI n° 93 de mars 1999. EPI (Association Enseignement Public & Informatique), 1999, ISSN : 1254-3985 ; http://www.epi.asso.fr. edutice-00000881

HAL Id: edutice-00000881
https://edutice.hal.science/edutice-00000881

Submitted on 31 May 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANALYSE SONAGRAPHIQUE
et Aspects de la Phonétique appliquée

Bernard CAILLAUD, Mireille LERICHE

I - INTRODUCTION [1]

On prétend ici établir une relation pertinente entre perception sonore et perception visuelle sous forme d'une « image sonore » appelée « sonagramme » obtenue actuellement à l'aide d'un logiciel d'analyse sonore (**1**). Cette dernière peut améliorer notre connaissance descriptive du monde des sons et donc développer notre perception. Certains domaines d'application seront évoqués et plus particulièrement celui de la phonétique à travers l'enseignement des langues.

II - VISUALISATION DES SONS

A - globale

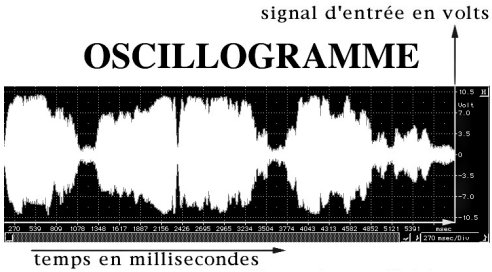

Figure 1.

1. Nous n'avons pas hésité à faire des renvois bibliographiques soit à des références historiques, soit à des références de base, soit à des références qui explicitent directement le contenu de l'article ; par ailleurs il nous a semblé nécessaire, en annexe, de signaler des logiciels d'analyse acoustique pour les ordinateurs Mac et PC, certains sites Web consacrés à l'acoustique et plus spécialement à la phonétique et un CD-audio de grande richesse et de grande rigueur scientifique.

L'oscillogramme, l'une des plus anciennes de ces représentations, montre l'évolution temporelle de l'amplitude du signal (figure 1). C'est une simple fonction du temps qui ne dévoile pas la structure interne du son (sa composition fréquentielle) et qui se révèle peu intéressante pour des objets sonores complexes et notamment pour l'étude de la parole. Il conduit cependant à la notion d'enveloppe et permet de faire la distinction entre son entretenu et son amorti.

B - analytique

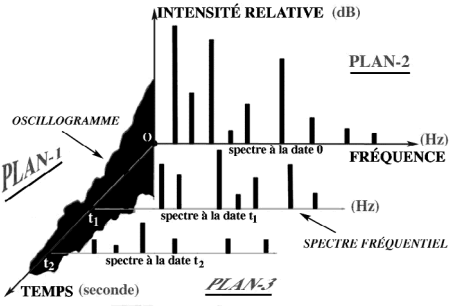

Figure 2.

Un objet sonore est généralement défini à l'aide de trois grandeurs principales (trivariance acoustique) : son intensité, sa composition fréquentielle et sa durée. Mettre en image un son consiste à trouver une représentation qui soit liée à ces trois grandeurs ce qui nécessite, donc, un espace à trois dimensions (figure 2) et sa projection possible sur trois plans : un plan dynamique ou plan enveloppe (plan 1 : niveau d'intensité sonore-temps), un plan des timbres ou plan spectral (plan 2 : niveau d'intensité sonore-fréquence) et un plan mélodique ou sonagraphique (plan 3 : fréquence-temps). Cette représentation à trois dimensions est peu facilement exploitable et on lui préfère les présentations par plan ; le plan 3 notamment est bien connu puisque c'est celui de la notation musicale qui l'occupe, bien que de façon réduite, avec l'indication de la fréquence fondamentale relative (la note du musicien).

III - SONAGRAMME ET ANALYSE SONAGRAPHIQUE

A - représentation temps-fréquence

Le plan 3 va permettre d'inscrire, en fonction du temps, représenté en abscisse, la présence, et donc l'évolution, des diverses fréquences composantes de l'objet sonore étudié. La dimension intensité sonore sera

représentée, de façon relative, par un code de valeurs de gris ou de valeurs colorées suivant une échelle définie arbitrairement par l'utilisateur. Dans le présent article la valeur la plus intense apparaît en noir. L'image correspondante sera appelée sonagramme (on trouve parfois le terme « spectrogramme » qui est moins précis).

Cette image est obtenue par transformée de Fourier appliquée sur le signal sonore initialement numérisé, mais le développement de ces questions est hors du propos de cet article. Signalons cependant que l'on peut privilégier, dans cette représentation, soit la définition fréquentielle lue sur l'axe vertical (filtrage par bande étroite - « narrow band » - figure 3), soit les variations temporelles lues sur l'axe horizontal (filtrage par bande large - « wide band » - figure 4) qui sont corrélées avec la distribution des intensités sonores (**2**).

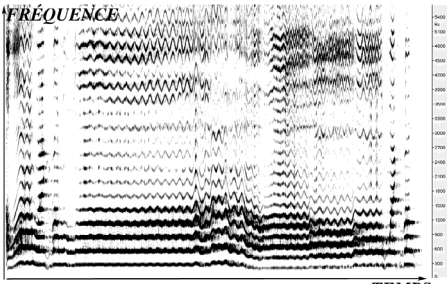

Figure 3.

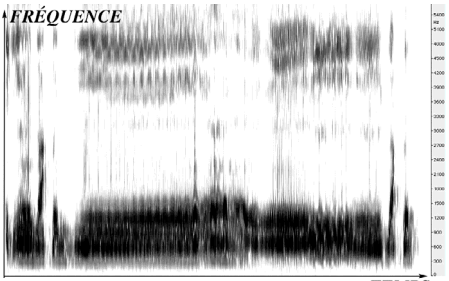

Figure 4.

B - analyse numérique des sons

L'analyse sonagraphique dont les fondements sont posés aux Etats-Unis à la fin des années trente (et qui est spécialement dédiée à l'étude de la parole (**3**) est reprise rapidement, en France, par Emile Leipp qui l'appliquera à l'étude du phénomène musical (**4**). Citons, par ailleurs, A. Moles, en 1966, à propos du sonagramme et de son application à la phonétique : « c'est lui qui probablement a donné la plus grande impulsion à la phonétique depuis 1945... donnant lieu à une typologie très complète, à un véritable alphabet sonagraphique » (**5**). L'analyse sonagraphique permet, à partir de la construction du sonagramme, de réaliser des études quantitatives sur des caractéristiques dont les plus générales sont :

- *Le spectre* : intensité, en décibel, du signal, en fonction de la fréquence, à une date déterminée (figure 5).

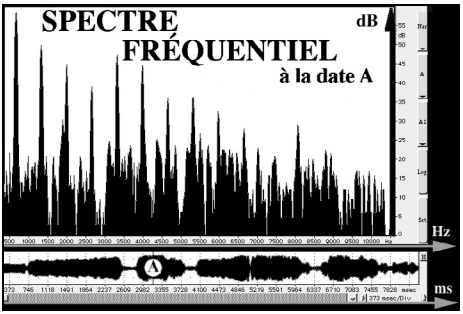

Figure 5.

- *L'intensité moyenne spectrale* **:** moyenne, sur la durée totale du signal, de l'intensité, en décibel, du signal en fonction de la fréquence.
  - *L'enveloppe* : différence de potentiel associée au signal d'entrée en fonction du temps : c'est, en quelque sorte, l'enveloppe de l'oscillogramme.
  - *L'énergie* : carré de la différence de potentiel associée au signal d'entrée en fonction du temps.
  - *l'énergie enregistrée, pour une fréquence choisie*, sur la durée totale du signal.

Elle rend ainsi plus précises les intuitions nées de la simple observation du sonagramme.

Dans le cas de l'étude de la parole elle se révèle irremplaçable.

IV - PANORAMA DES APPLICATIONS

On ne peut, ici, faute de place, étudier les différentes applications de l'analyse sonagraphique et on se limitera à un simple survol de quelques domaines (sans citer l'enseignement - en physique, musique et phonétique notamment - car c'est une évidence !) particulièrement concernés (pour un développement de ces questions voir **6** et **7**).

A - Domaine de l'acoustique physique

- Caractérisation des sources employées par le physicien, depuis le classique diapason (figure 6) jusqu'aux haut-parleurs.
- Mise en image des interactions du son avec les matériaux.
- Étude différentielle des récepteurs tels que les microphones.

- Mise en image de phénomènes tels que l'effet Larsen ou l'effet Doppler.

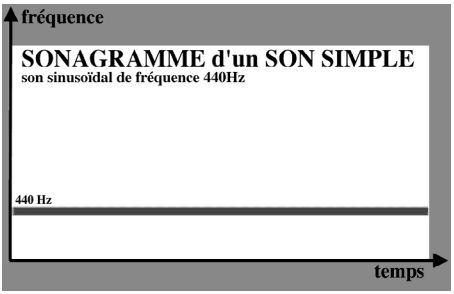

Figure 6.

B - Domaine des sources artificielles

- En acoustique musicale l'étude des instruments de musique est privilégiée et le sonagramme peut être un bon outil dans l'apprentissage de la sonorité instrumentale à acquérir par l'élève du conservatoire.
- Les sources artificielles diverses telles que les outils, les avertisseurs sonores... sont un bon sujet d'une étude orientée vers le bruit et ses nuisances.

C - Domaine des bio-sources

Les cris d'animaux en tous genres et plus particulièrement les chants des baleines, des insectes ou des oiseaux intéressent le biologiste et les sonagrammes sont alors de bons documents d'étude (**8**).

La voix humaine quant à elle, qu'elle soit parlée ou chantée (**9**), est un sujet privilégié qui concerne de nombreuses disciplines comme la musique, la psycho-acoustique, l'acoustique médicale, les recherches en reconnaissance de la parole, en signature vocale, en synthèse vocale et, si certaines de ces disciplines ont besoin de méthodes analytiques plus fines, le sonagramme reste un document irremplaçable de première approche. Nous examinerons, dans cet article, une application relative à l'enseignement des langues.

V - ÉLÉMENTS D'ANALYSE DE LA VOIX PARLÉE

On indique ici brièvement certaines des analyses particulières qui peuvent être menées sur un signal sonore numérisé en entrée d'un

logiciel dédié à l'étude de la parole (et qui s'ajoutent donc à celles précédemment signalées) ; elles s'adressent souvent aux voyelles mais peuvent s'appliquer à tout message parlé (pour une introduction à ces questions phonétiques relatives au français consulter P. Léon - **10**).

A - fréquence fondamentale : f0

Valeur de la fréquence fondamentale de l'émission glottale qui caractérise la hauteur de l'échantillon sonore. La connaissance de la fréquence f0 est nécessaire pour faire la différence entre la voix d'un homme, d'une femme ou d'un enfant : f0 moyen-homme 100 à 150 Hz, f0 moyen-femme 200 Hz à 300 Hz et f0 moyen-enfant 350 à 400 Hz

Elle est souvent associée au calcul de la variation relative temporelle de hauteur et de la variation relative temporelle d'intensité de l'objet sonore.

B - partiels harmoniques ou non-harmoniques

La présence des partiels et leur distribution, directement visibles sur le sonagramme sont, à tout instant, calculables : ils renseignent sur la nature des voyelles émises en montrant les zones formantiques, signalent la présence de vibrato et, surtout en voix chantée, donnent des indications sur la couleur de la voix. Il s'agit de l'indication visuelle la plus prégnante dans la mesure où elle souligne la variabilité temporelle de l'acte de parole.

C - formants

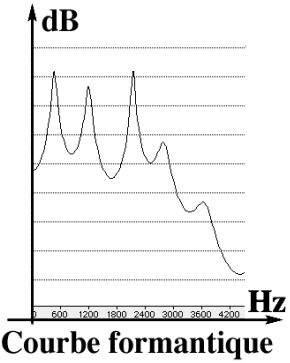

Figure 7.

Valeurs des abscisses fréquentielles des pics qui décrivent la fonction de transfert du conduit vocal et qui différencient notamment les voyelles (les formants sont le plus souvent calculés par la méthode LPC :

Linear Predictive Coding -**11**). Les formants sont au mieux au nombre de cinq (figure 7) mais les deux premiers (notés conventionnellement F1 et F2), les plus importants en intensité, sont souvent estimés suffisants pour discriminer les voyelles dans le plan du diagramme formantique.

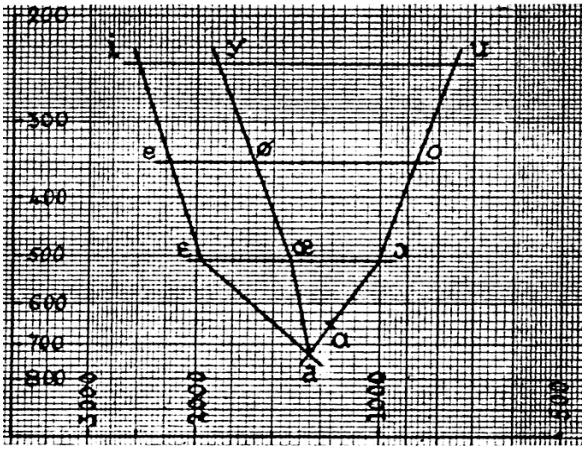

Figure 8.

À titre indicatif, et pour souligner à la fois l'actualité (**12**) et l'ancienneté de ces questions, on donne l'un des premiers diagrammes formantiques (figure 8) publié par P. Delattre en 1948 (**13**) et reproduit par B. Malmberg (**14**).

D - Voisement

Le voisement correspond à la vibration des cordes vocales dans la réalisation d'un phonème. Les cordes vocales en vibration émettent un signal assimilable, en première approximation, à un signal triangulaire harmonique de fréquence f0.

Les voyelles peuvent alors être considérées, à la suite de leur passage par le conduit vocal, comme la somme de deux composantes : une composante harmonique, généralement la plus importante, et une composante de bruit . Le rapport de l'énergie de la première à celle de la seconde est nommé HNR (Harmonic-To-Noise Ratio). Ce rapport est utilisé comme indice du degré d'enrouement (une voix enrouée comporte plus de composante de bruit qu'une voix normale) et plus généralement comme facteur de qualité d'une voix.

Les consonnes quant à elles peuvent également, pour certaines, être émises sur le mode voisé et le pourcentage d'émission voisée peut

alors être un critère discriminant entre les consonnes sonores et les consonnes sourdes.

E - Traitement d'image

On sait (se reporter ci-dessus à III-A) que, suivant les paramètres de la transformée de Fourier, on peut faire apparaître l'image sonagraphique de différentes façons qui favorisent telle ou telle lecture ce qui est déjà un aspect du traitement du signal. On peut également agir sur une image, après calcul, par sélection d'une « bande temporelle ». Il est alors possible d'étudier la partie correspondant à l'attaque (ou à l'extinction) d'un phonème ou à l'effet de passage entre une consonne et une voyelle ce qui peut être riche d'enseignement.

On peut enfin agir graphiquement sur telle ou telle partie du spectre ce qui débouche sur la synthèse sonore et sur une typologie des sons (qui renvoie à l'alphabet sonagraphique cité par A. Moles en III-B)

VI - IMAGES DES PHONÈMES

L'émission des voyelles et des consonnes est un des sujets premiers de la phonétique articulatoire et le sonagramme est alors riche de renseignements.

A - Voyelles

On donne ici (figure 9) les sonagrammes des trois voyelles « i », « u », « ou », qui seront commentés et utilisés ci-dessous.

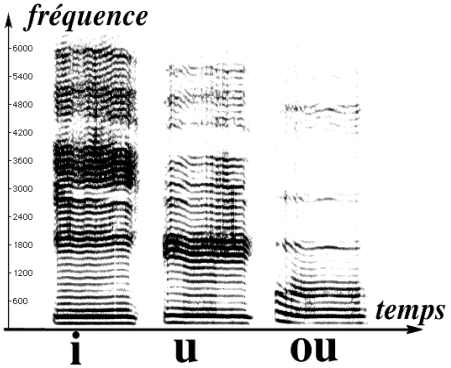

Figure 9

B - Consonnes

L'émission des consonnes s'appuie quasi nécessairement sur des voyelles. Les sonagrammes ci-dessous présentent d'une part trois occlusives sonores-« b »-« d »-« g »- (figure 10-A) appuyées sur la voyelle O, et d'autre part trois fricatives sonores-« v »-« z »-« j »- (figure 10-B) appuyées sur la même voyelle.

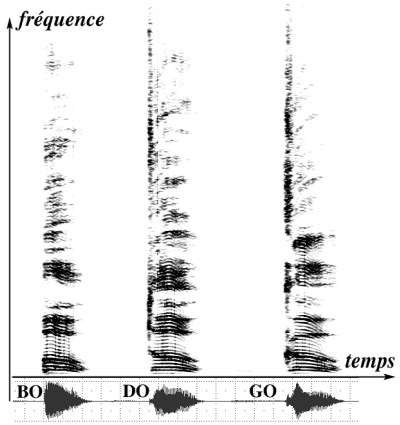

Figure 10-A.

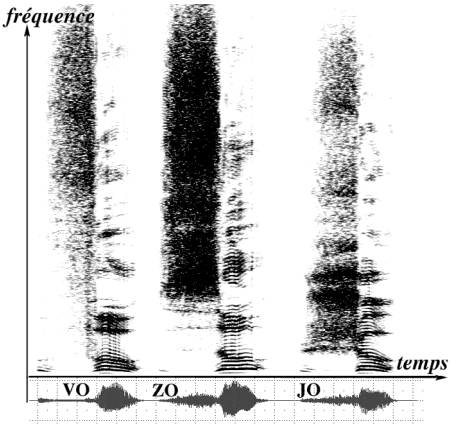

Figure 10-B.

VII - AIDE À L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES

A - Introduction

Les spécialistes de l'enseignement des langues savent depuis longtemps que les difficultés qu'éprouve un adulte (ou un adolescent) à prononcer les sons d'une langue étrangère sont avant tout des difficultés liées à la perception de ces sons. Un des premiers, Raymond Renard (**15**) a expliqué ce phénomène, que l'on peut résumer ainsi : même si l'oreille humaine est potentiellement capable de discriminer un nombre considérable de sons, l'acuité auditive d'un individu se trouve en quelque sorte restreinte dès l'enfance au cours de la phase d'apprentissage de la langue maternelle. La faculté discriminatoire de l'enfant va s'exercer en effet sur les sons les plus fréquemment perçus dans son entourage. Les sons distingués vont être retenus et répétés et vont tendre vers une signification. Seuls sont sélectionnés et retenus les sons qui servent à la communication avec l'entourage. "Ainsi se constitue dès la fin de l'enfance ce que Troubetzkoy a appelé le « crible phonologique »". Ce « crible phonologique » affaiblit notre sens discriminatoire et nous empêche de distinguer certains sons d'une langue étrangère. Par exemple, les

hispanophones apprenant le français confondent [s] et [z] car cette opposition sourde-sonore n'a pas de valeur distinctive en espagnol. Un francophone ne distinguera pas les deux phonèmes [k] de l'arabe ou de l'esquimau car le français ne connaît qu'un [k] ; les différentes réalisations qu'on peut lui donner n'ont pas de valeur distinctive et ne sont perçues que comme des variantes individuelles du même phonème.

Un adulte écoutant une langue étrangère n'en perçoit donc les sons qu'à travers le « filtre » que constitue le système phonologique de sa langue maternelle. Chez les enfants, le système phonologique de la langue maternelle n'est pas assez développé pour s'opposer à l'acquisition du système phonologique d'une langue étrangère. De cette mauvaise perception des sons résultera une mauvaise prononciation car on ne peut prononcer correctement un son qu'on a mal entendu. Ainsi, selon Troubetzkoy, « ce qu'on appelle "l'accent étranger" ne dépend pas du fait que l'étranger en question ne peut pas prononcer un certain son, mais plutôt du fait qu'il n'apprécie pas correctement ce son ». Confronté aux sons d'une langue étrangère, l'adulte soumettra son audition et son articulation aux habitudes de sa langue maternelle.

C'est pourquoi, dans l'apprentissage de la phonétique, il est primordial « d'apprendre à percevoir ».

B - Exemple d'application

L'expérience présentée sommairement ici a été réalisée avec des adultes indonésiens apprenant le français. Une de leurs difficultés phonétiques concerne le son [y] (« u »), inexistant dans leur langue et remplacé par [u] (« ou »). Ainsi « la rue » est prononcé « la roue ». Ils disent d'ailleurs ne pas entendre la différence entre ces deux sons. Il s'agit donc, d'abord, de leur faire percevoir cette différence, en plaçant le son [y] dans la série vocalique à laquelle il appartient.

La figure 9 montre le sonagramme des trois voyelles [i] [y] [u] (notation de « i, u, ou » dans l'Alphabet Phonétique International) prononcées par une voix francophone masculine avec une articulation soignée. Ces trois voyelles composent une série de même aperture (voyelles très fermées) qui se traduit (**10**) par une série acoustique présentant un point commun, le même premier formant, F1. Dans une même série, la différenciation s'opère par le deuxième formant, F2. Il s'abaisse quand on va de la voyelle antérieure [i] à la voyelle postérieure [u]. C'est ce deuxième formant qui, pour chaque voyelle, nous fait percevoir une tonalité aiguë ou basse. Cette figure (où les zones d'intensité renforcée - les zones formantiques - apparaissent en noir) permet de constater que le

formant F1 se trouve, dans les trois cas, autour de 300 Hz. Le formant F2 de [i] se situe autour 2 000 Hz, celui de [y] se trouve autour de 1 600 Hz, et celui de [u] autour de 750 Hz.

Dans un premier temps, l'image sonagraphique permet aux Indonésiens de prendre conscience de la réalité physique du son [y] (« u ») et de ce qui le distingue de [u] (« ou »), c'est-à-dire la partie haute du spectre. Il s'agit en quelque sorte de « voir » une différence qui n'est pas « entendue ». Le sonagramme transpose dans le domaine visuel une différence d'ordre auditif. Le logiciel permet d'écouter autant de fois qu'on le veut les sons enregistrés dont le sonagramme est affiché sur l'écran. Ainsi, au moment où l'on entend les sons, on voit en même temps la composition fréquentielle de chacun d'eux. De ce fait, la visualisation des sons peut contribuer à leur discrimination.

Ensuite, les apprenants sont invités à prononcer ces trois sons en essayant de se rapprocher du « modèle ». Il est évident que ce qui est ici appelé « modèle » n'est pas ***le*** modèle des sons [i] [y] [u] (« i,u ou ») , mais *un* modèle. En effet, une même personne n'articule jamais deux fois de suite le même son de la même manière, bien que la perception paraisse chaque fois identique (**10**). *A fortiori,* d'un locuteur à un autre, des différences non négligeables sont également lisibles. On obtient donc à chaque fois, pour le « même » son, un sonagramme différent. Cependant ce qui est caractéristique d'un son donné - les paramètres mesurables (formants), ainsi que les traits visuels dominants (répartition des fréquences dans le spectre et leur intensité plus ou moins importante) - est relativement stable. Les apprenants doivent donc s'efforcer de produire un son dont l'image se rapproche du « modèle » proposé : les zones formantiques doivent au moins être identiques.

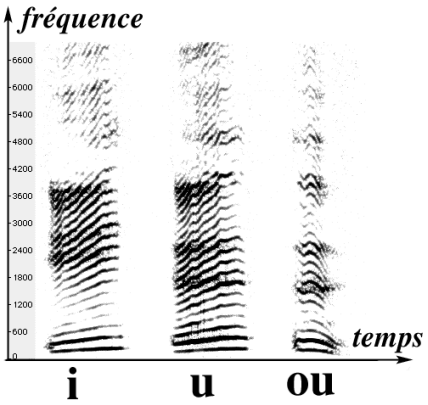

Figure 11.

La figure 11 montre ces trois sons prononcés par l'un des Indonésiens. On constate d'abord une montée progressive des fréquences, signe d'un effort articulatoire.

Le son [i] est correctement émis, quoique légèrement relâché. Le premier formant se trouve un peu trop haut (400 Hz).

Le son [y] (« u ») s'éloigne du « modèle » de la figure 9. La distribution des intensités relatives est plus uniforme, les zones de minima autour de 800 Hz, de 2 400 Hz et de 4 000 Hz sont occupées. L'émission, en fait, se rapproche du son [Ø] (« eu »), ce que tend à confirmer la mesure des deux premiers formants.

Le son [u] (« ou ») présente lui aussi des différences significatives par rapport au « modèle » : on remarque des maxima d'intensité au dessus de 800 Hz (le son [u], normalement, n'en présente pas). Le son émis est ainsi semblable au précédent : intermédiaire entre [Ø] et [y] (« eu » et « u »).

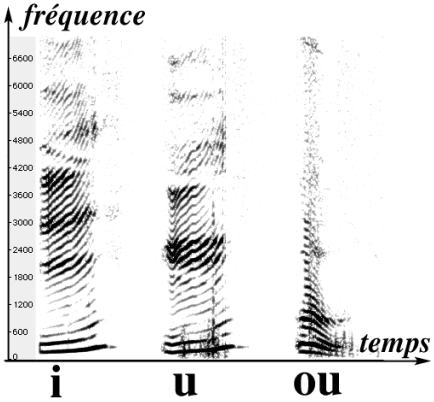

Figure 12.

La figure 12 montre à nouveau ces trois sons prononcés par la même personne. Cette fois, l'émission se rapproche du « modèle » pour les sons [i] et [u] : les maxima d'intensité correspondent bien à ceux de la figure 9. Le son [i] est même plus réussi, plus tendu, que lors du premier essai : le premier formant s'est abaissé. En revanche, le son [y] (« u »), meilleur que la première fois, n'est toujours pas satisfaisant car il se rapproche de [i] : le formant F1, trop élevé dans l'émission précédente, s'est abaissé, mais le formant F2 est cette fois nettement trop élevé.

C. Conclusion

Le sonagramme, associant le son à la représentation de sa composition fréquentielle en fonction du temps, permet ainsi aux apprenants :

- de prendre conscience de la réalité physique, acoustique, de sons qu'ils n'entendent pas ou qu'ils entendent mal. De ce fait il peut contribuer à la discrimination de sons initialement perçus comme identiques ;
- de « voir » le son qu'ils ont prononcé, c'est-à-dire, dans le cas des Indonésiens, de déterminer s'ils ont prononcé [y] ou [u] (« u » ou « ou »). En effet les apprenants ont dit à plusieurs reprises que, même s'ils les distinguent dans l'émission du modèle, ils ne parviennent pas à distinguer ensuite si eux-mêmes ont prononcé [y] ou [u]. L'analyse sonagraphique leur a montré, à chaque fois, de quel son leur émission était la plus voisine.

On peut penser que ce mode d'imagerie, rendu interactif, serait de nature à aider les apprenants dans le cadre d'un travail d'auto-correction phonétique.

À la correction phonétique proprement dite il faut bien sûr ajouter le travail sur l'accentuation et sur la courbe mélodique (intonation montante ou descendante). L'intonation, qui est une variation de la fréquence fondamentale, et l'accentuation, qui se traduit par une augmentation de la durée, de l'intensité et de la hauteur, sont visibles sur le sonagramme : celui-ci permet donc de s'entraîner à reproduire des phrases avec l'accentuation et l'intonation conformes à la langue concernée.

Bernard CAILLAUD
Professeur de Sciences Physiques
et d'Acoustique Musicale

Mireille LERICHE
Professeur de Français,
chargée de cours au C.E.U.I.E. (Université de Caen)

VIII - ANNEXES

A - Notes bibliographiques

(1) Caillaud Bernard : « Images numériques des sons », *Le micro bulletin CNRS* n° 60, 1995.

(2) Beaufils Daniel, Caillaud Bernard : « Analyse et synthèse spectrales pour l'étude des sons naturels et musicaux », *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1998.

(3) Potter Ralph K., Kopp George A., Kopp Harriet G. : *Visible speech* New-York : DOVER publications, 1966 (première édition 1947). L'ouvrage historique de référence.

(4) Leipp Emile : *Acoustique et musique*, Masson, 1971.

(5) Moles A. et Vallencien B. : *Phonétique et phonation*, Masson, 1966.

(6) Caillaud Bernard : *Analyse sonagraphique et enseignement*, en collaboration avec Philippe Caillaud, Marie-Rose Lecauchois et Bernard Louvel, CRDP Caen-CNDP, Livre + CD, 1995.

(7) Caillaud Bernard : *L'analyse sonagraphique numérique dans l'enseignement de l'acoustique,* en collaboration avec Philippe Caillaud et Marie-Rose Lecauchois, Actes des 6ème journées informatique et pédagogie des sciences physiques, Lille, 1994.

(8) Leroy Yveline : « L'évolution du monde sonore animal », in *Sons et Musique*, Bibliothèque Pour la Science-Belin, 1980.

(9) Cornut Guy : *La voix*, Que sais-je ?, n° 627, 1983-1996.

(10) Léon Pierre : *Phonétisme et prononciations du français,* Nathan-Université, 1992-1996.

(11) Lienard J. S. : *Les Processus de la communication parlée,* Masson, 1977.

(12) Borell A. : « Relation entre les aspects articulatoires et les aspects acoustiques en phonétique. Quels outils utiliser en didactique des langues », *Revue de phonétique appliquée* n° 107, p. 97-111, 1993.

(13) Delattre Pierre : « Un triangle acoustique des voyelles orales du français », *The French Review* -XXI, 6, p. 477-484, 1948.

(14) Malmberg Bertil : *La phonétique*, Que sais-je ? n°637, 1954-1994.

(15) Renard Raymond : *Introduction à la méthode verbo-tonale de correction phonétique*, Didier-Bruxelles et CIPA-Mons, 3ème édition (1979), 1989.

B - Logiciels centrés sur l'analyse de la parole

Pour Macintosh : *Soundscope, Signalyze, Praat, SpeechMaster* ***;***
Pour PC : *Speech Audio Lab, Dr.Speech 4, SpeechMaster et d'autres logiciels d'analyse sonore à l'adresse* http://granvelle.univ-fcomte.fr/phonetic/techniques/logiciel.htm.

C - Sites Internet

En français : liaison entre physique et musique+ lexique+ bibliographie : http://www.inrp.fr/Acces/JIPSP/phymus/accueil.htm. Cours de phonétique de l'Université de Lausanne : http://www.unil.ch/ling/phonetique/api.html. Lexique de phonétique : http://www.ualberta.ca/~mbeaudoi/ling/lexique.htm. Site sur la phonétique québécoise : http://www.ciral.ulaval.ca/son/

En anglais : liens relatifs à la parole et plus généralement à l'acoustique : http://sbvsrv.ifn.ing.tu-bs.de/SpeechLinks.html. Cours de phonétique : http://svr-www.eng.cam.ac.uk/~ajr/SA95/node1.html , http://www.cis.hut.fi/~panus/mthesis/diplomityo/node2.html ; http://lethe.leeds.ac.uk/research/cogn/speechlab/tutorial/images/waterfall.gif.

D - CD-audio

Les Voix du monde / une anthologie des expressions vocales, Collection Musée de l'Homme-CNRS / Le chant du monde CMX374 1010.12-

Un ensemble de 3CD accompagné d'une étude d'une centaine de pages centrée sur l'analyse sonagraphique et réalisée par le département d'éthno-musicologie du Musée de l'Homme - 1996

E - Légendes des figures

NOTE : Les captures d'écran sont réalisées à l'aide du logiciel Soundscope qui donne initialement des sonagrammes en valeurs chromatiques donc plus riches d'information que les présentes reproductions.

figure 1 : *oscillogramme numérique d'un signal donné par un microphone (différence de potentiel en fonction du temps).*
figure 2 *: trivariance d'un objet sonore.*
figure 3 *: sonagramme de la voix d'un chanteur en narrow band (de 0 à 5 400Hz).*
figure 4 *: sonagramme de la voix d'un chanteur en wide band (de 0 à 5 400Hz).*
figure 5 *: spectre fréquentiel d'un signal sonore complexe à une date spécifiée (point A sur l'oscillogramme).*
figure 6 *: sonagramme d'un son simple (c.a.d. composé d'une seule fréquence : cas du diapason donnant le La-3 à 440Hz).*
figure 7 *: courbe formantique donnant les formants de la voyelle « eu » ouvert (comme dans « neuf ») : on voit trois pics principaux dont les abscisses sont environ F1=550Hz ; F2=1 300Hz et F3=2 300Hz.*

figure 8 *: triangle vocalique publié par P. Delattre* ***(voir 13)*** *avec les notations suivantes :* ***--i*** *(« si »)* ***--y*** *(« sud »)* ***--u*** *(« pouce »)* ***---e****(« ré »)* ***--ø*** *(« peu »)* ***--o*** *(« do »)* ***--ɛ*** *(« raie »)* ***--œ*** *(« neuf »)* ***--ɑ*** *(« pâte »)* ***--ɑ*** *(« patte »)* ***--*** ***ɔ*** *(« port ») Le premier formant est en ordonnée (en valeurs décroissantes) et le second en abscisse (en valeurs croissantes).*

figure 9 : *sonagramme des voyelles i-u-ou (de 0 à 6 600Hz).*

figure 10-A *: sonagramme des consonnes bo-do-go- (de 0 à 17 000Hz).*

figure 10-B *: sonagramme des consonnes vo-zo-jo- (de 0 à 17 000Hz).*

figure 11 : *sonagramme des voyelles i-u-ou (de 0 à 6 600Hz) : premier essai de l'apprenant.*

figure 12 : *sonagramme des voyelles i-u-ou (de 0 à 6 600Hz) : second essai de l'apprenant.*