

L'ANALYSEUR DE MÉLODIE DU LABORATOIRE DE PHONÉTIQUE EXPÉRIMENTALE DE L'UNIVERSITÉ DE TORONTO

PHILIPPE MARTIN

Parmi les appareils de mesures utilisés dans les laboratoires de phonétique, il en est un destiné plus précisément à l'étude de l'intonation: l'analyseur de mélodie (pitch-meter). Cet instrument a pour but d'extraire et de mesurer la fréquence fondamentale de la parole. Cette fondamentale étant un paramètre essentiellement variable, la réponse de l'analyseur se présente sous la forme d'une tension électrique proportionnelle à la fréquence mesurée et variant dans le temps. Si le signal d'entrée n'a pas de structure harmonique, (consonnes sourdes, silences), la réponse est conventionnellement égalée à zéro.

Pour constituer un outil de recherche réellement efficace, un analyseur de mélodie doit présenter les caractéristiques suivantes:

- (1) fonctionnement automatique dans une gamme de mesure suffisamment étendue, par exemple 80 à 500 Hz.
- (2) fonctionnement correct quelle que soit la nature de la voix.
- (3) fonctionnement en temps réel, de manière à ne pas devoir limiter la durée du signal analysé.

La nature acoustique de la parole rend l'analyse particulièrement difficile malgré l'apparence de simplicité que présentent ces critères. En effet il n'est pas rare que le signal présente des caractéristiques très défavorables pour l'analyse par simples filtres: l'amplitude de la fondamentale à détecter peut être de 12 dB inférieure à celle de la deuxième harmonique, sa fréquence peut changer très rapidement entre plusieurs octaves, avec des vitesses de variation qui peuvent atteindre l'équivalent de 3000 Hz par seconde.

De nombreuses méthodes d'analyse ont été proposées depuis déjà 30 ans que se poursuivent les recherches. On en trouvera des descriptions dans Léon et Martin (1970)¹. Mais rares sont celles qui satisfont aux trois exigences citées plus haut, la condition la plus difficile semblant être le fonctionnement correct en temps réel.

La solution que nous avons adoptée et qui satisfait aux exigences citées, utilise des circuits analogiques pour l'analyse spectrale et des circuits logiques pour l'extrac-

tion et la mesure de la fréquence fondamentale. On utilise ainsi chaque type de circuits selon ses possibilités les plus intéressantes: des filtres analogiques permettent le fonctionnement en temps réel, ce qui reste encore impraticable avec leurs équivalents discrets, et les circuits logiques effectuent les calculs et décisions pour l'exploitation de l'analyse, de manière plus rapide et plus sûre que les procédés de calcul analogiques.

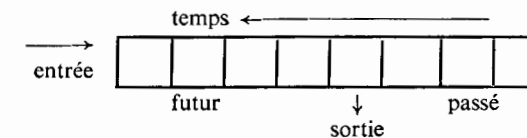
Les opérations réalisées par l'analyseur sont les suivantes:

- (1) Segmentation de la structure harmonique du signal d'entrée par quatre filtres passe-bas disposés en parallèle.
- (2) Extraction de la fondamentale par décisions logiques choisissant le filtre délivrant l'harmonique la plus basse.
- (3) Mesure de la fréquence fondamentale.
- (4) Corrections logiques de la mesure obtenue et conversion en signal analogique.

Les filtres utilisés, quatre passe-bas précédés d'un passe-haut pour rejeter les bruits de fréquence < 70 Hz, sont du type Tchebycheff de degré 7. Ces filtres ont été choisis de manière à ce que leur fonction de transfert et leurs fréquences de coupure respectives soient telles qu'il y en ait au moins un qui donne une réponse au signal d'entrée dont la fréquence corresponde à la fondamentale cherchée, et dont l'amplitude est toujours supérieure à la deuxième harmonique d'au moins 15 dB.

Un ordinateur PDP8/I, simulant les circuits logiques, mesure la fréquence de chacune des sorties préalablement digitalisées, effectue les compensations dues aux temps de réponses, qui sont différents pour chaque filtre puisqu'ils dépendent de la fréquence de coupure, et place ces valeurs dans une mémoire qui agit comme une ligne à retard.

La valeur correcte à un instant donné est alors choisie parmi les 4 valeurs mises en mémoire, de manière à faire intervenir le passé et le futur proche du signal. Ce processus de retard permet d'éliminer l'effet des transitoires qui se présentent dans un passage d'octave rapide, c'est-à-dire lorsqu'on doit changer le filtre d'extraction pour obtenir le signal voulu. L'utilisation d'une deuxième ligne à retard, concernant la fréquence extraite et mesurée, permet ensuite d'effectuer diverses corrections qui éliminent les fines variations de la fondamentale dues au bruit de fond, ainsi que des 'ratés' produits par des chutes brutales du niveau d'entrée.



Après diverses autres corrections, qui permettent d'obtenir un taux d'erreur global inférieur à 0.1 %, la conversion de la valeur fréquentielle finale sous forme analogique fournit alors le signal de sortie, qui peut être soit enregistré sur papier photosensible (visicorder, etc.), soit présenté sur un écran d'oscilloscope à mémoire.

Dans ce cas, des circuits annexes permettent l'analyse, la présentation sur écran

¹ Léon, P.R. et Martin, P. (1970) *Prologomènes à l'étude des structures intonatives*, *Studia Phonetica* 2, (Didier, Montréal, Paris, Bruxelles).

et l'effacement de la fondamentale d'une phrase prononcée devant un microphone de manière entièrement automatique, sans AUCUNE intervention manuelle.

Ajoutons que la miniaturisation en cours de réalisation, n'utilisant que les circuits logiques strictement nécessaires au lieu d'un ordinateur, permettra de réduire fortement les dimensions et le prix de l'appareil.

On peut inclure ce dispositif dans un élément "vidéo-actif" (Léon et Martin 1971)², pour l'acquisition d'éléments prosodiques dans le cadre d'un laboratoire de langues. Un programme de reconnaissance automatique de patrons prosodiques, peut être alors utilisé afin de comparer automatiquement une courbe modèle, présentée sur la partie supérieure de l'écran à mémoire, et son imitation présentée sur la partie inférieure (voir Figure 1). On réalise ainsi un système automatique à la fois de

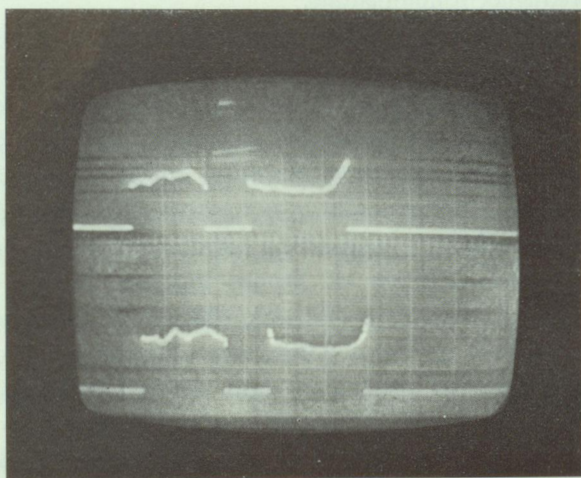


Fig. 1. Ecran du visualiseur de mélodie. Sur la partie supérieure de l'écran la courbe modèle. Sur la partie inférieure la courbe imitée.

visualisation et de comparaison de courbes mélodiques. Des études en cours ont permis d'obtenir des résultats très encourageants pour l'apprentissage du système tonal d'une langue à ton ainsi que pour l'acquisition des éléments prosodiques du français.

En résumé, l'analyseur de mélodie conçu et réalisé au laboratoire de phonétique expérimentale de Toronto apparaît comme un appareil fonctionnant automatiquement dans une large gamme de fréquences, en temps réel, et pour tous les types de voix.

Son fonctionnement se révèle plus souple, plus sûr et plus précis que les appareils équivalents actuellement en service, et en fait un outil de travail et de recherche idéal pour tout ce qui concerne l'étude de la prosodie.

*Experimental Phonetics Laboratory
University of Toronto, Ontario*

² Léon, P.R. et Martin, P. (1971) "Linguistique appliquée et enseignement de l'intonation", *Études de linguistique appliquée* 3:36-45.