



**HAL**  
open science

## Evaluation objectives des dysarthries: méthodes acoustiques et aérodynamiques

Bernard Teston

► **To cite this version:**

Bernard Teston. Evaluation objectives des dysarthries: méthodes acoustiques et aérodynamiques. P. Auzou. Les dysarthries, Masson, pp.90-108, 2001, Problèmes en médecine de rééducation. hal-00173549

**HAL Id: hal-00173549**

**<https://hal.science/hal-00173549>**

Submitted on 20 Sep 2007

**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.

# **L'évaluation objective des dysarthries : les méthodes acoustiques et aérodynamiques**

**Bernard TESTON**

Ingénieur de recherche au CNRS

Laboratoire Parole et Langage

Université de Provence

29 avenue Robert Schuman

13621 Aix en Provence

Tel 04 42 95 36 25

Fax 04 42 59 50 96

e-mail [teston@lpl.univ-aix.fr](mailto:teston@lpl.univ-aix.fr)

## **Introduction**

L'évaluation de la qualité de la parole et la perception des causes de sa dégradation à travers différents indices acoustiques a toujours été la préoccupation clinique principale des Phoniâtres. Comme dans les autres disciplines médicales, ils ont été attentifs à toutes les techniques qui seraient susceptibles de leur donner des informations complémentaires, pour aider au diagnostic et évaluer les effets des traitements chirurgicaux ou médicamenteux ou les progrès d'une rééducation. Cependant, la voix et la parole étant par essence faites pour être entendues, l'évaluation subjective "à l'écoute" reste la référence face à des méthodes d'évaluation objective très variées, souvent mal fondées et à l'efficacité contestée. Malgré cela, la nécessité de disposer de bilans objectifs dans le but de répondre à des expertises autant qu'aux attentes des patients impose peu à peu l'utilisation de telles méthodes en association avec celles plus traditionnelles.

## **1-La production de la parole**

### **Les organes articulatoires et leur contrôle**

Les sons de la parole porteurs de sens ont pour origine des phénomènes aérodynamiques et acoustiques. L'air emmagasiné dans les poumons fournit l'énergie nécessaire à aux manifestations vocales. Il est modulé par les différentes constriction du conduit vocal; celle des cordes vocales du larynx source de la voix, les constriction vélo-pharyngale, linguo-palatine et labiale qui font varier les volumes des cavité du conduit vocal dont les résonances acoustiques différencient les unités phonétiques consonnes et voyelles.

Les organes articulatoires mis en jeu dans la parole ne sont pas spécifiques à sa production. Pour parler, l'homme utilise les deux grandes fonctions physiologiques que sont la respiration et la digestion. Si cette dernière n'est utilisée que partiellement pour la production de la parole dans ses voies supérieures (mastication et déglutition), en revanche la respiration est utilisée dans sa totalité.

Les organes actifs dans la production de la parole sont dans l'ordre anatomique du tractus vocal et "de bas en haut": la musculature respiratoire, le larynx, le pharynx, le voile du palais, la langue, la mandibule et les lèvres (Figure 1).

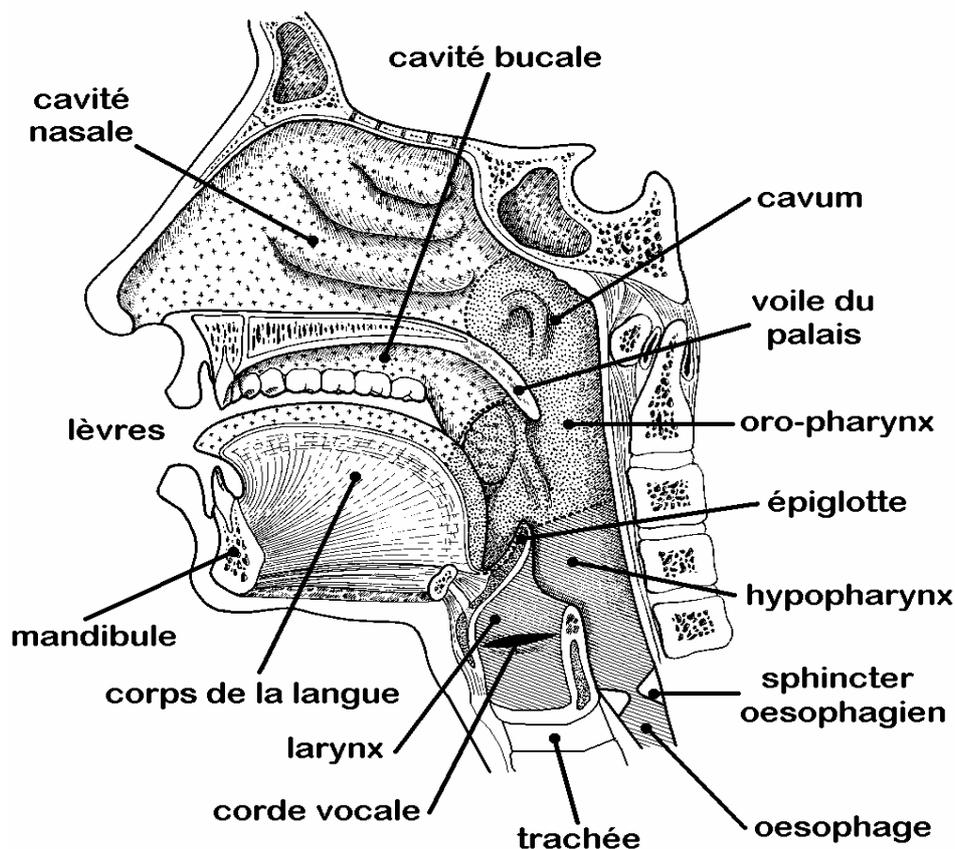
### **Le modèle acoustique**

Les vibrations du larynx se manifestent sous la forme d'un signal périodique complexe constitué par une fréquence fondamentale ( $F_0$ ) et ses multiples entiers appelés harmoniques. La représentation de l'amplitude de ses composantes fréquentielles s'appelle le spectre acoustique (Figure 2). La  $F_0$  qui définit la hauteur ou mélodie de la voix, est fonction de la pression pulmonaire et surtout du contrôle neuro moteur du larynx. L'intensité de la voix est directement fonction de la pression pulmonaire.

Le signal laryngien excite le conduit vocal constitué par un tube compris entre la glotte et les lèvres dont les différentes constriction vont moduler les modes de résonance acoustiques. Les trois premiers mode vont renforcer dans le signal laryngien les harmoniques situés autour de leurs fréquences de résonance, qui sont variables en fonction de la position de la langue, des lèvres et de la mandibule. Les zones d'harmoniques amplifiés dans le spectre s'appellent les formants (Figure 2). Le rapport  $F_1/F_2$  varie en fonction de la position de la langue d'avant en arrière et de son élévation dans la cavité buccale. Il définit ce que l'on appelle le triangle vocalique des voyelles d'une langue (A, E, I, O, U, OU)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Par soucis de simplification pour les lecteurs non linguistes, nous représentons la segmentation phonétique par des symboles alphabétiques.



*Figure 1 : Coupe schématique du conduit vocal*

La fréquence des formants est fonction de la hauteur de la langue à la constriction lingo-palatine, de la distance entre cette dernière et le larynx (F1 et F2) et de l'arrondissement et la protrusion des lèvres (F3). La cavité nasale est de volume fixe, elle est plus ou moins couplée à la cavité pharyngale par l'ouverture du voile du palais (AN, IN, ON, UN). Son action acoustique est moins franche que celle des autres cavités et plus complexe qu'une simple résonance. Les consonnes sont réalisées par des occlusions labiales, et lingo-palatines (consonnes occlusives sourdes : P, T, K, ou sonores : B, D, G) et par des constriction avec création de bruits par des turbulences aérodynamiques (consonnes constrictives sourdes : F, S, CH, ou sonores : V, Z, J).

### **Le modèle phonologique**

Toutes ces voyelles et ces consonnes et leurs variantes définissent le système phonologique, caractéristique d'une langue, c'est à dire les unités élémentaires de la parole; les phonèmes. Les différents phonèmes sont caractérisés par des indices acoustiques contenus dans leurs spectres ou dans leurs durées. Ces indices définissent une fois perçus, des traits phonologiques distinctifs qui nous permettent de différencier les phonèmes. Ces phonèmes au nombre de 34 pour le français s'associent en syllabes, les syllabes en mots, les mots en phrases et les phrases en discours. Les phonèmes, qui constituent les mots, donnent l'information sémantique de la couche verbale. C'est l'information segmentale. Un autre type d'information est contenu dans la prosodie du discours, c'est à dire l'intonation (variation de la  $F_0$ ) l'intensité et la durée (rythme, pause et débit). C'est l'information suprasegmentale.

La production de la parole est l'acte neuromoteur volontaire le plus complexe de l'activité biologique humaine. C'est un système dynamique, dont le comportement à un moment donné dépend de ses états antérieurs. Ce système est donc dépendant d'une variable paramétrable fonction du temps qui est un geste articulatoire. A l'origine de la différenciation phonémique il y a donc des gestes articulatoires. On peut donc définir les phonèmes par des groupes de gestes. C'est ce que propose la phonologie articulatoire dans laquelle les gestes ne correspondent pas à des traits phonologiques ou à des phonèmes. Dans ce cadre, la phonologie peut être considérée comme un ensemble de relations parmi les gestes, événements physiques réels, qui caractérisent les systèmes de production de la parole [1].

### **Les méthodes d'observation des gestes articulatoires**

Les moyens d'observation des gestes sont très divers dans leurs principes et leurs techniques et diffèrent en fonction de la nature des articulateurs. On peut distinguer trois niveaux pour l'observation des gestes.

D'abord, au niveau du contrôle neuromoteur des muscles qui actionnent les organes articulateurs principalement par des méthodes d'analyse électromyographiques qui donnent des informations sur l'activité musculaire.

Ensuite, au niveau du mouvement proprement dit de ces organes articulateurs (lèvres, langue, mandibule, voile, larynx) observés directement au moyen d'images vidéocinématographiques (pour les organes visibles) ou indirectement au moyen de capteurs de mouvement (Electropalatographie et articulographie électro-magnétique).

Enfin, au niveau des phénomènes que ces mouvements induisent; d'abord les paramètres aérodynamiques (débits d'air oral et nasal et pressions intra-orale et sous-glottique), modulés par les constriction du conduit vocal, ensuite le signal acoustique qui est la manifestation sonore des précédents et l'ultime conséquence des gestes articulatoires. Pour des raisons de facilité d'application en investigations de routine, seules, ces deux dernières méthodes sont utilisées en clinique avec une certaine efficacité.

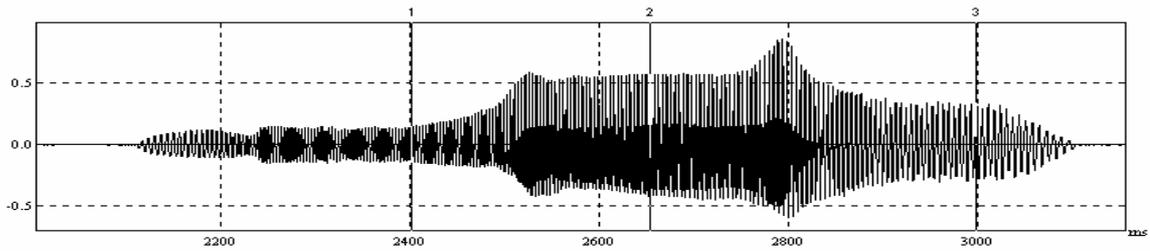
### **2-L'évaluation des dysarthries**

Parler implique la réalisation de nombreux gestes articulatoires simultanés très précis et bien coordonnés, mettant en œuvre de nombreux muscles caractérisés par un grand nombre d'unités motrices. Comme toute activité motrice, leurs réalisations impliquent quatre phases : l'intention, la programmation, la réalisation et le contrôle des gestes. Très schématiquement, l'intention et la programmation s'élaborent dans les structures neurolinguistiques et les zones motrices du cortex cérébral de l'hémisphère gauche (pour les droitiers et la grande majorité des gauchers). La réalisation est faite par les commandes neuromotrices et leurs coordinations et ajustements au niveau des structures cérébrales du tronc et du cervelet. Enfin, le contrôle est réalisé par des informations sensorielles traitées au niveau du thalamus et des noyaux gris centraux, structures profondes sous-thalamiques des deux hémisphères cérébraux.

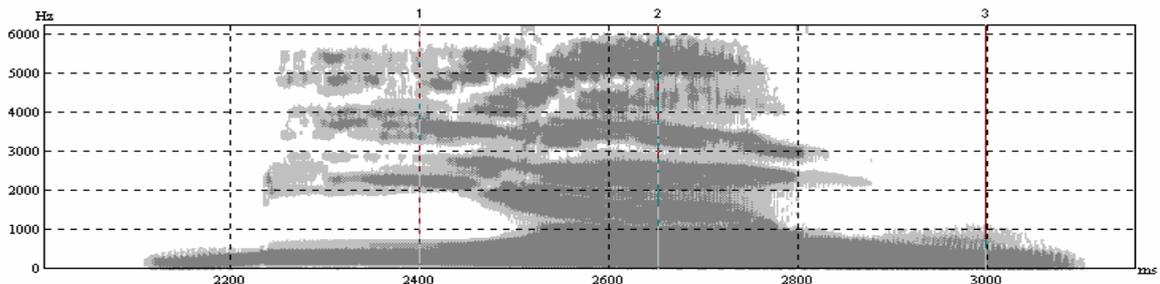
Qu'une de ces fonctions soit atteinte par un dysfonctionnement parfois imperceptible et cette belle bio-mécanique si complexe et à l'équilibre si subtil qu'est la production de la parole peut en être affectée particulièrement sous la forme de dysarthries.

me

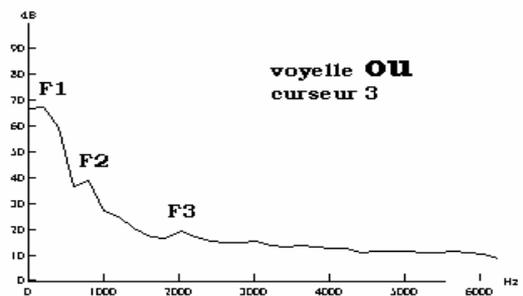
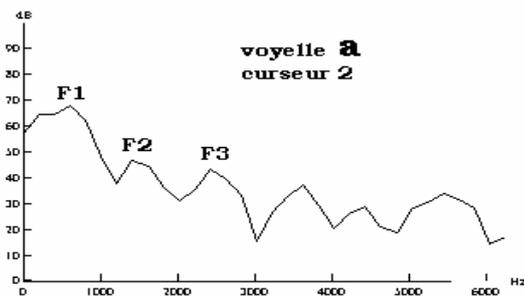
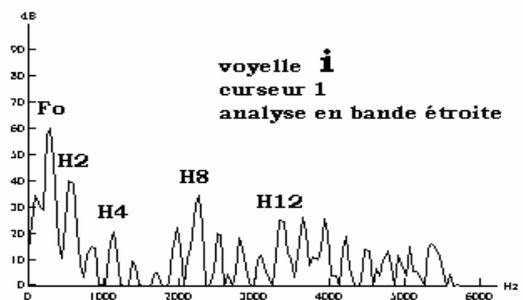
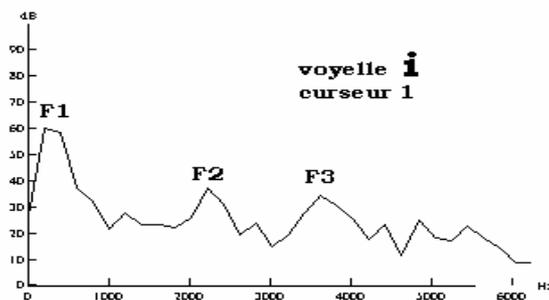
On appelle dysarthries les troubles de la parole provoqués par des dysfonctionnements du contrôle musculaire des organes articulateurs, qui trouvent leur origine dans des lésions du système nerveux central ou périphérique. Il s'agit de désordres purement moteurs des mouvements des muscles mis en jeu dans la prononciation sans atteintes des fonctions mentales.



Signal acoustique du mot **miaou**. Curseur 1 sur le **i**, 2 sur le **a** et 3 sur le **ou**  
(l'axe des abscisses est en millisecondes)



Sonagramme en large bande du même signal (l'axe des ordonnées représente les fréquences en Hertz (formants), leur intensité est donnée par le degré de noirceur de la trace)



Spectres des voyelles **i**, **a** et **ou** en large bande qui permet de mieux visualiser les formants. Le spectre du **i** en bande étroite permet de mieux visualiser la  $F_0$  et ses harmoniques. Les ordonnées représentent l'échelle des amplitudes des formants en décibels (dB).

Pour **i** :  $F_1=300$  Hz,  $F_2=2.200$ ,  $F_3=3.500$ . Pour **a** :  $F_1=750$  Hz,  $F_2=1.500$ ,  $F_3=2.200$ . Pour **ou** :  $F_1=250$  Hz,  $F_2=900$ ,  $F_3=2.000$ . Les abscisses représentent l'échelle des fréquences en Hertz (Hz).

**Figure 2** : Exemple d'analyses acoustiques ; spectres et sonagramme, de différentes voyelles

Les dysarthries sont schématiquement caractéristiques de certains symptômes associés aux grandes familles d'affections neurologiques ayant une influence plus ou moins grande sur la production de la parole : rigidité, incoordination, paralysie et spasmes [3].

Les dysarthries du larynx, ont une influence sur la qualité de la voix dont la dégradation porte le nom de dysphonie.

### **L'évaluations perceptive**

L'évaluation perceptive des dysarthries se fait à l'écoute du patient en portant son attention sur des aspects de sa production qui se rapporte d'une manière générale à l'intelligibilité (voir Auzou et al, Özsancaç, et Parais, dans ce même volume). Dans la parole, on s'attache particulièrement à la netteté et la précision des voyelles et des consonnes, à la réalisation de groupe de consonnes (coarticulation). La prosodie est étudiée à travers la facilité du discours, la longueur des pauses, les changements de rythme et dans son maintien au niveau mélodique ou accentuel.

La voix est surtout évaluée au niveau de sa qualité générale (Grade), sa raucité (Roughness), son souffle (Breath) de sa force (Astheny) de son forçage (Strain) (échelle GRBAS) [5], et de son timbre, et sa stabilité à moyen terme (tremor). Les corpus sont souvent enregistrés pour une évaluation différée.

Ces évaluations perceptives, même pour le grade de dysphonie réduit à une échelle à quatre niveaux (échelle GRBAS), sont entachées d'une variabilité importante inter et même intra auditeur. L'évaluation d'un échantillon de voix peut varier d'un niveau pour le même auditeur particulièrement éduqué, à différents moments, et dans les mêmes conditions surtout entre les niveaux extrêmes (0 et 1 ou 2 et 3).

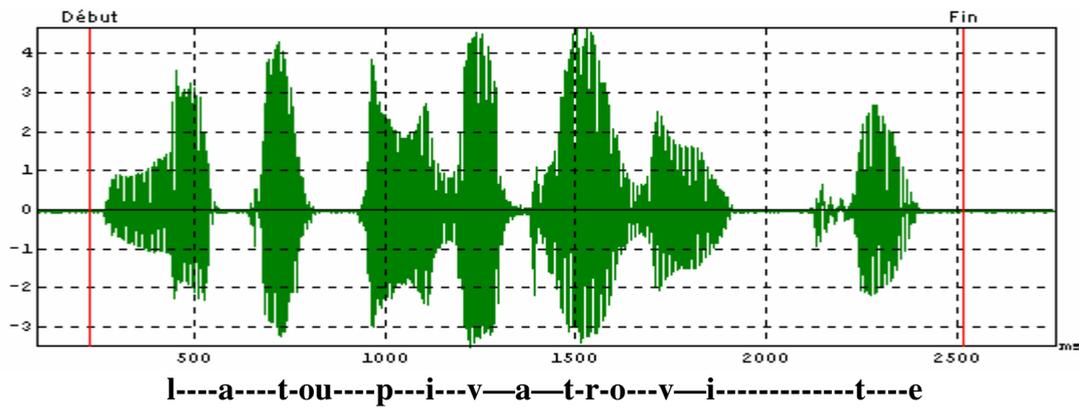
La variabilité inter auditeur est encore plus importante par le fait qu'ils sont de culture et d'écoles cliniques différentes et que chaque Phoniatre définit à l'usage, et parfois inconsciemment, ses propres critères subjectifs. Ce problème n'est pas propre à cette pratique mais il est général à toutes les évaluations auditives.

L'évaluation inter auditeur, à l'écoute absolue, c'est à dire sans référence de comparaison, peut atteindre plus de 50% d'erreur. Les scores s'améliorent énormément avec des jurys d'écoute (c'est à dire lorsque plusieurs auditeurs donnent simultanément une évaluation consensuelle) mais, ces derniers sont très lourds à mettre en oeuvre et impossibles en pratique clinique de routine. Les scores s'améliorent également si l'évaluation se fait en mode comparatif. Cette méthode est surtout valable pour la comparaison avant et après traitement. Pour être pratique et efficace, elle doit être réalisée en écoute comparative immédiate avec possibilité de passage instantané entre les échantillons de parole. Des programmes sur micro-ordinateurs existent déjà avec ces possibilités, pour en faciliter la mise en oeuvre. Dans les cas d'évaluation primaire, la comparaison ne peut être faite qu'avec une référence. Le choix de cette dernière paraît bien difficile à établir. La encore il paraît être essentiellement individuel en dehors de tout exemple ou norme nécessairement marquées par la variabilité linguistique.

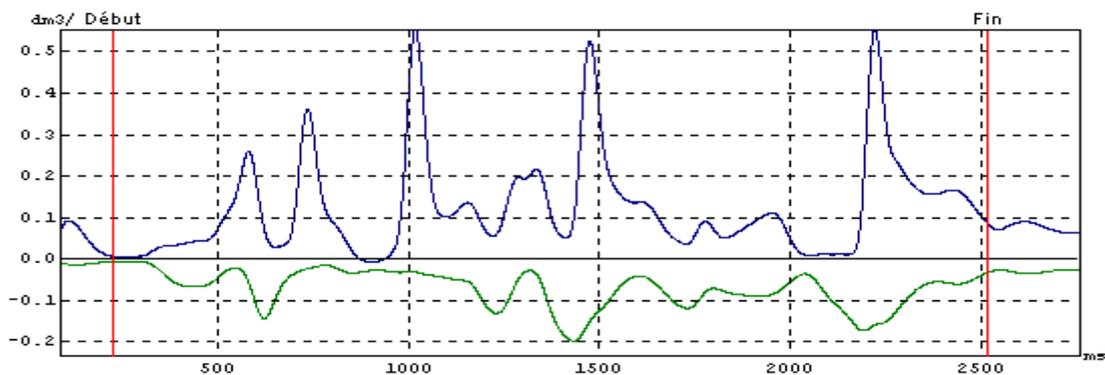
## **3-Les méthodes d'évaluation objectives**

### **Les méthodes aérodynamiques**

Le domaine de l'aérodynamique dans la production de la parole est fondamental par le fait qu'il est à l'origine de toutes ses manifestations sonores. C'est en effet la colonne d'air pulmonaire qui, modulée par les différentes constriction du conduit vocal est la source du signal vocal. Ces méthodes instrumentales d'investigation de la parole sont les plus anciennes, [8]. Les paramètres aérodynamiques sont constitués par les débits à la bouche (oral) et aux narines (nasal) et les pressions intra-orale et sous glottique.



Signal acoustique de la phrase : “La toupie va trop vite”, prononcée par un patient parkinsonien. L'axe des abscisses représente le temps en millisecondes.



Courbes de variation du débit d'air oral et du débit d'air nasal. L'axe des ordonnées est en décimètre cube par seconde (dm<sup>3</sup>/s). Le débit oral expiré est représenté en partie positive. Par contre, le débit nasal expiré est représenté en partie négative, ceci pour mieux le mettre en relation avec le débit d'air oral sur le même tracé.

574 [3247] ms	Expiré
Volume d'air oral (dm <sup>3</sup> )	0.260
Volume d'air nasal (dm <sup>3</sup> )	0.142
Total (dm <sup>3</sup> )	0.401
% nasalité	35.2

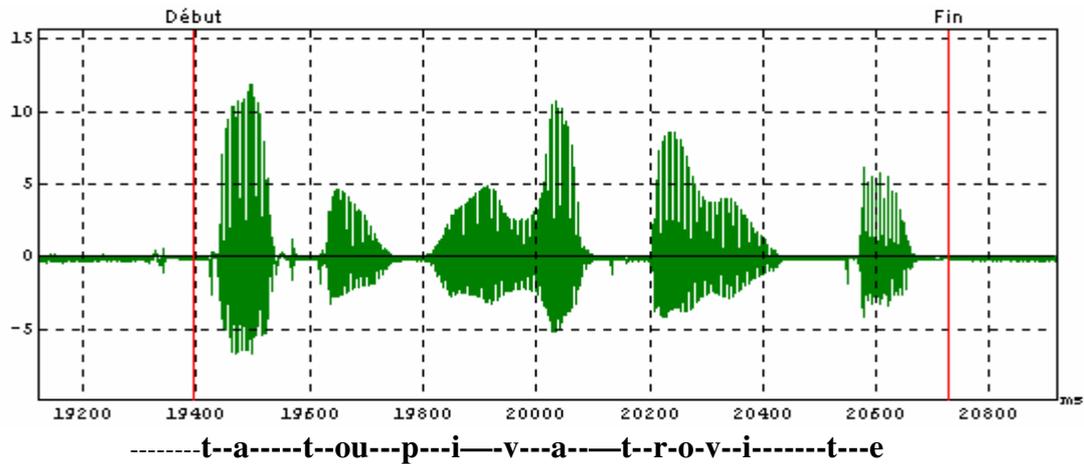
Tableau des volumes d'air expiré par la bouche et les narines au cours de l'élocution de la phrase.

Cette phrase est typique pour évaluer d'une part l'existence d'un déficit vélaire. Chez un sujet normal, le débit d'air nasal est presque nul sur une telle phrase car elle ne contient aucun élément phonétique nasalisé. D'autre part elle contient de nombreux phonèmes occlusifs consonnes (p,t) et voyelles (v) qui permette de vérifier une bonne articulation labiale (p,v) et lingo-alvéolaire (t).

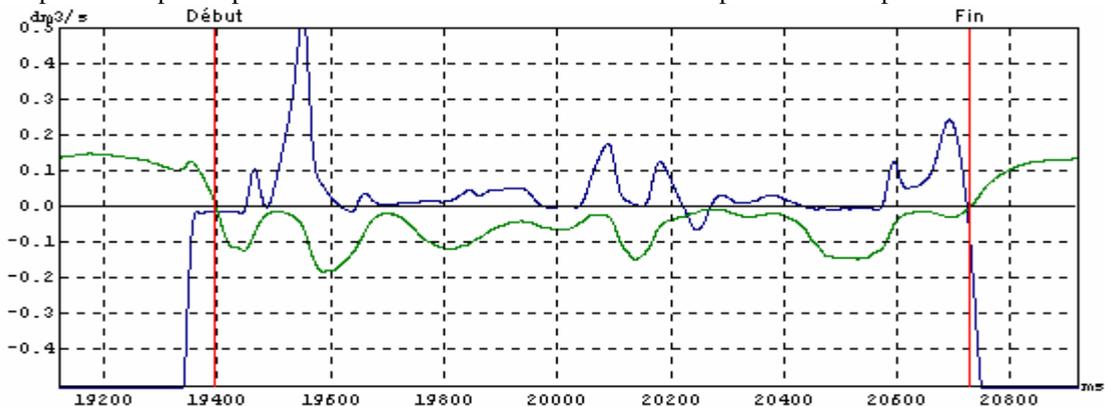
On constate sur cette phrase une importante fuite nasale surtout sur les occlusives sourdes p et t. 35 % du débit expiré est nasal. Par contre le débit d'air oral nous montre une articulation labiale presque normale avec une bonne définition des explosions des consonnes occlusives p et t.

**Figure 3-A:** Etude aérodynamique d'une phrase prononcée par un patient parkinsonien.

La connaissance des variations de ces paramètres en fonction des segments phonémiques prononcés donnent des informations très riches sur les mouvements des organes articulateurs du conduit vocal [12 et 13]. Il est cependant illusoire d'attendre une relation linéaire entre les variations de débits et de pression et les gestes articutoires.



Signal acoustique de la phrase : “ ta toupie va trop vite ”, prononcée par un patient atteint de SLA. L’axe des abscisses représente le temps en millisecondes.



Courbes de variation du débit d’air oral et du débit d’air nasal. L’axe des ordonnées est en décimètre cube par seconde (dm<sup>3</sup>/s). Le débit oral expiré est représenté en partie positive. Par contre, le débit nasal expiré est représenté en partie négative, ceci pour mieux le mettre en relation avec le débit d’air oral sur le même tracé.

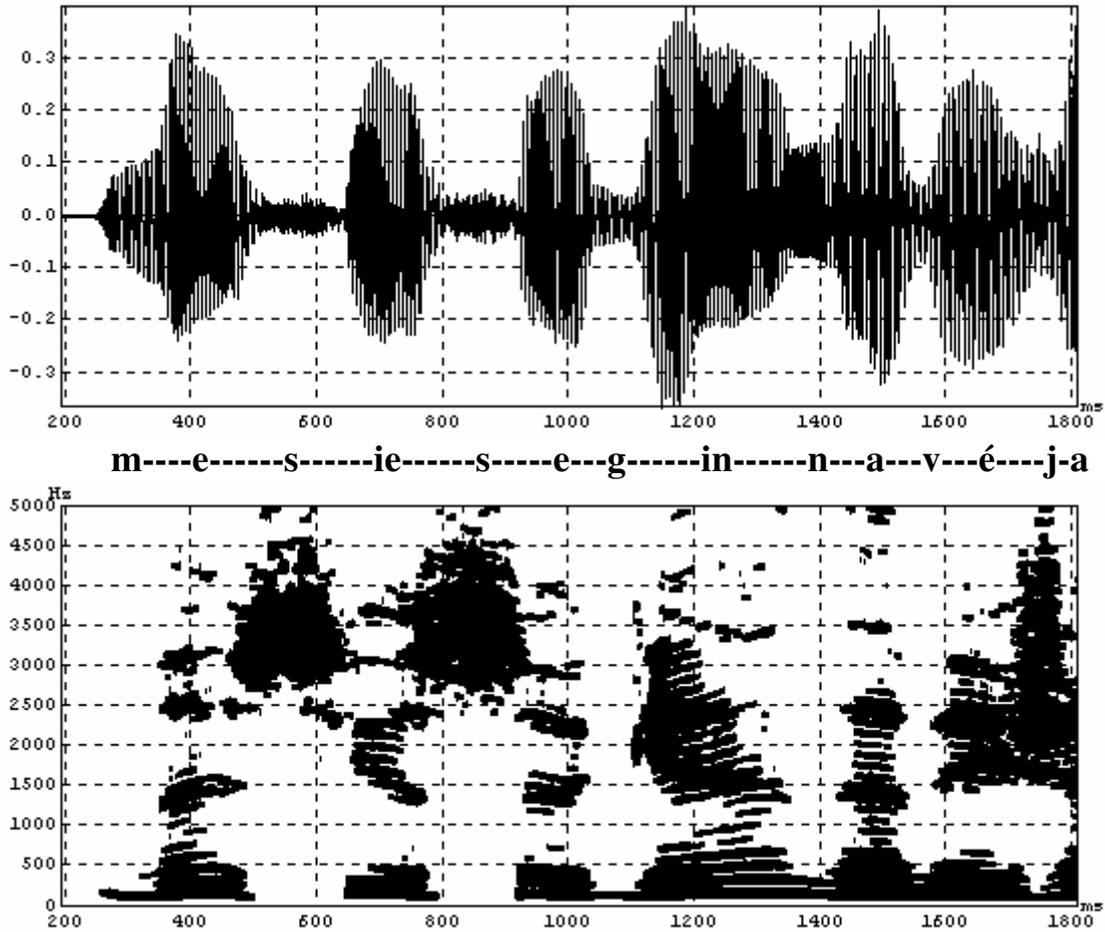
5904 [967] ms	Expiré
Volume d’air oral (dm <sup>3</sup> )	0.025
Volume d’air nasal (dm <sup>3</sup> )	0.046
Total (dm <sup>3</sup> )	0.071
% nasalité	64

Tableau des volumes d’air expiré et inspiré par la bouche et les narines au cours de l’élocution de la phrase.

*On constate une fuite nasale encore plus importante que pour le cas précédent puisque 65% de l’air expiré pendant l’élocution de cette phrase est émis par le nez. Ce fait laisse supposer une béance vélaire. Le patient en compensation retient son débit vocal en utilisant très peu d’air. D’autre part, l’évolution du débit oral montre qu’il articule fort mal les consonnes occlusives. Ceci est peut être du à une atteinte labiale mais aussi à une compensation pour limiter la fuite nasale.*

**Figure 7-B :** Etude aérodynamique sur une phrase prononcée par un patient atteint de SLA

Cependant, ils permettent des mesures quantitatives des prises et groupes de souffle et une remarquable description chronologique des gestes articulatoires. Ils sont indispensables dans l’étude des phénomènes consonantiques complexes et de la coarticulation.



Phrase : “ Monsieur Seguin n’avait ja ” (mais eu de bonheur avec ses chèvres) prononcée par un sujet normal. En haut, le signal acoustique, en bas son analyse sonographique en bande étroite avec en abscisse le temps en millisecondes, l’axe des ordonnées représente les fréquences en Hertz (formants), leur intensité est donnée par le degrés de noirceur de la trace.

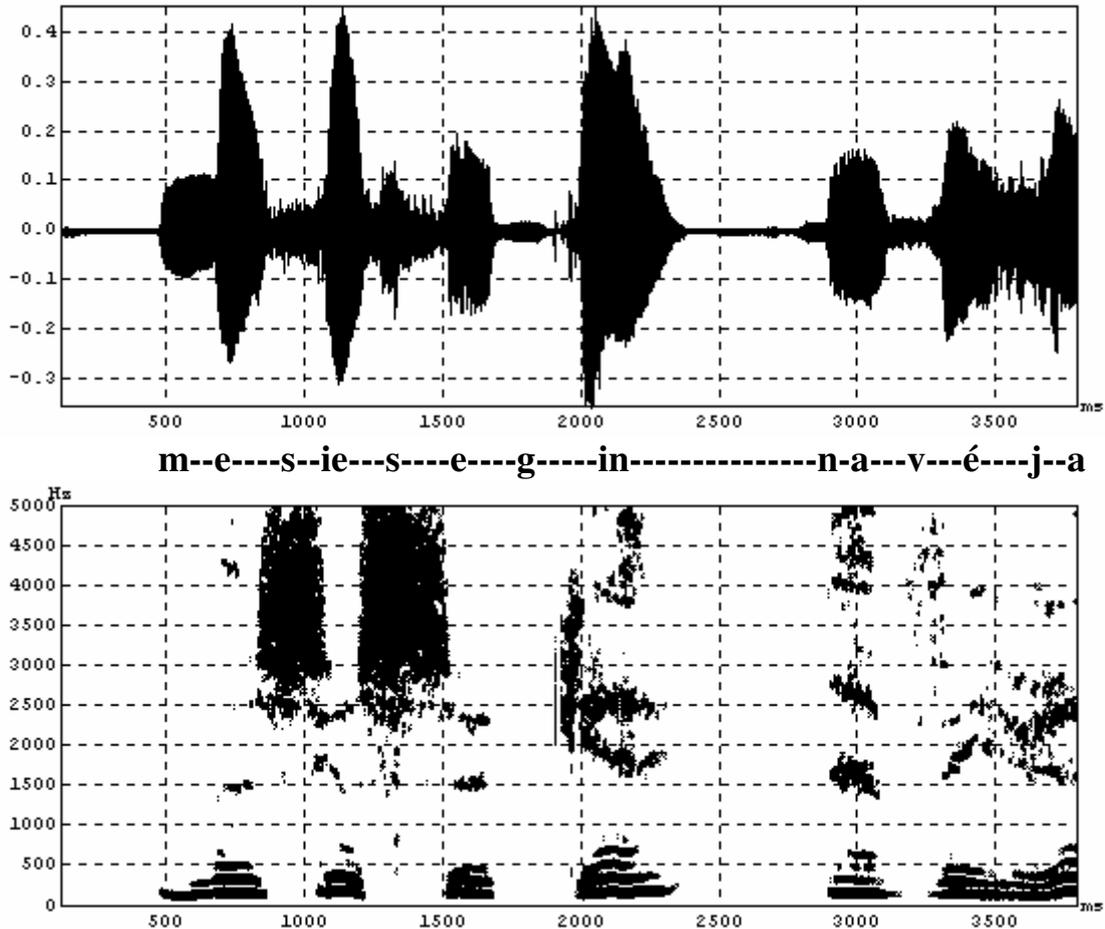
*On constate une élocution continue de 1,7 seconde de durée. La voix est bien timbrée avec de nombreux harmoniques, les formants des voyelles sont bien marqués. On distingue bien la structure acoustique (bruit aigu) des consonnes.*

**Figure 4-A :** Signal acoustique et sonagramme d’une phrase prononcée par un sujet normal.

L’étude des paramètres aérodynamiques donne des indications très riches sur la réalisation des consonnes, tant sur leur dynamique que sur leur synchronie par l’étude du débit d’air buccal pour les occlusives et constrictives et du débit d’air nasal pour l’évaluation du déficit vélaire (Figure 3-A et 3-B).

Ces méthodes, dont la pratique n’est pas très compliquée, nécessitent une bonne connaissance des mécanismes articulatoires et se prêtent mal à une investigation automatique, si ce n’est pour des mesures globales de fuites vélaire par exemple. Les systèmes de mesures aérodynamiques ne sont pas très nombreux. On peut citer le masque de Rothemberg très diffusé aux USA et l’Aérophone de Frokjer Jensen commercialisé par Kay Elemetric.

Ces systèmes sont entachés de plusieurs défauts. Seul le système EVA proposé par la société SQLab permet des mesures nasales et une faible gêne articulatoire [11].



Même phrase et même présentation que la figure 3-A prononcée par un patient parkinsonien (mais avec une échelle de temps double).

On constate une durée de la séquence de 3 secondes avec des ruptures d'élocution. Les durées des consonnes sonores (*g, v, j*) sont plus longues, elles sont dévoisées et plus bruitées. D'une manière générale la voix est mal timbrée, soufflée, avec peu d'harmoniques.

**Figure 4-B :** Signal acoustique et sonagramme d'une phrase prononcée par un patient parkinsonien.

### Les méthodes acoustiques

Les méthodes d'investigation acoustique sont basées sur l'étude du signal de parole selon les deux aspects de l'information linguistique, segmentale ou suprasegmentale. Dans le premier cas, on étudie particulièrement la durée des segments phonétiques, leur timbre (Formants) et leur qualité vocale. Dans le second cas on étudie le rythme et le débit de la parole, son intensité et sa mélodie.

L'étude du timbre est réalisée au moyen de l'analyse acoustique. Il s'agit de la décomposition d'un signal de parole en ses différentes composantes fréquentielles sous la forme d'un spectre (Figure 2). On distingue l'analyse en bande large, pour l'étude des formants de l'analyse en bande étroite pour l'étude plus fine des harmoniques. La durée du signal analysé sur un spectre étant inversement proportionnelle à la largeur de bande d'analyse, l'analyse en large bande est utilisée pour les phénomènes articulatoires rapides (bruits d'explosion de consonnes etc..).

La représentation de l'évolution des spectres en fonction du temps s'appelle un sonagramme. Pendant longtemps le SONAGRAPHE a été le seul analyseur qui permettait des études spectrales et des mesures de durée sur le signal de parole (Figure 4-A et 4-B).

On doit à Ilse Lehiste [6] la première description de formes spectrales aberrantes de segments phonétiques produits par des patients neurologiques.

L'analyse spectrale dans un premier temps, doit permettre au clinicien de mieux appréhender les caractéristiques pathologiques du signal mal ou pas perçues à l'écoute de la voix du patient. Pour cela les études acoustiques sont souvent menées parallèlement à des études perceptives [7 et 14]. Les études purement spectrales sont rares, elles sont généralement associées à des études de durées [9] et sur des familles de pathologies bien différenciées [3].

Un indice acoustique particulier est souvent utilisé dans l'étude des dysarthries, il s'agit du voice onset time (VOT) ou temps d'établissement du voisement entre l'explosion d'une consonne occlusive et l'apparition des vibrations du larynx qui la suivent (Figure 5). Le VOT est utilisé surtout dans les langues anglo-américaines, car il a une importance phonologique particulière en tant que trait distinctif, donc dans leur intelligibilité [2]. Ceci n'est pas le cas en français.

De nos jours, les investigations acoustiques sont réalisées toujours avec des sonagrammes mais sur ordinateurs au moyen de programmes informatiques dédiés utilisant des techniques de traitement numérique du signal, dont il existe une grande variété sous la forme d'éditeurs de signaux. L'analyse par Transformée de Fourier rapide (FFT) est la plus utilisée, l'analyse par prédiction linéaire étant réservée à l'étude des formants.

Les aides à l'exploitation des données acoustiques sont de plus en plus importantes grâce aux progrès des éditeurs de signaux sur ordinateurs. Cependant là encore, les évaluations spectrales nécessitent des connaissances phonétiques approfondies et, de nature essentiellement analytiques, elles se prêtent mal à l'automatisation.

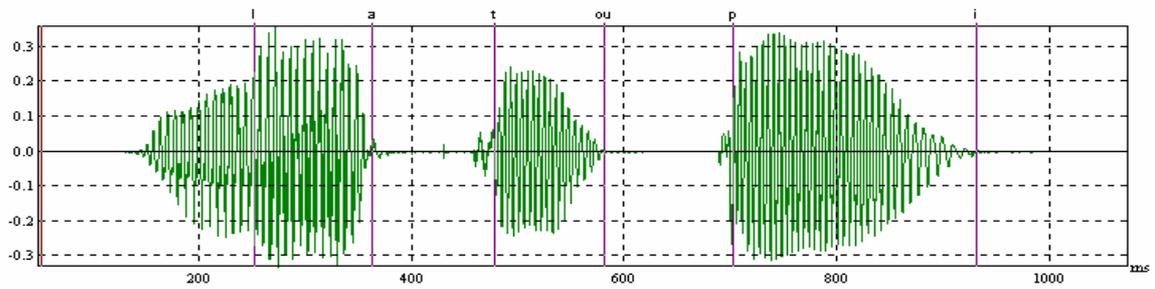
Les paramètres prosodiques ; mélodie, intensité et durée, sont également des informations acoustiques qui peuvent s'avérer très riches pour l'évaluation des dysarthries.

La mélodie est représentée par les variations de la fréquence fondamentale de la voix ( $F_0$ ) elle s'exprime en Hertz sur une échelle musicale généralement en demis tons.

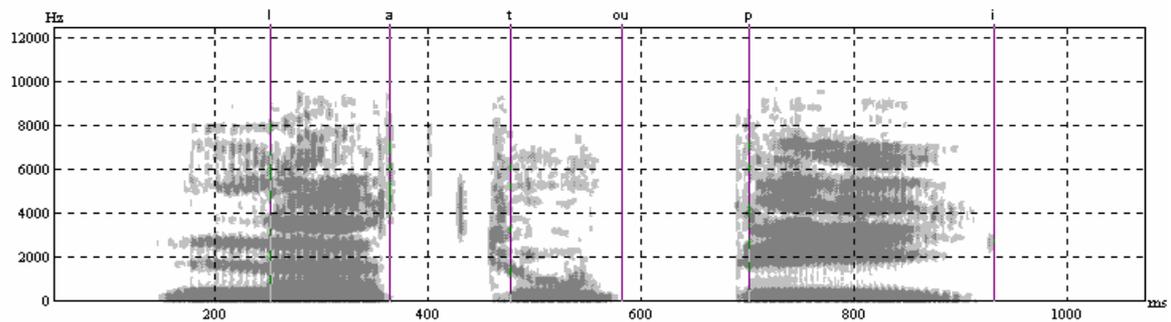
L'intensité est la représentation des variations de l'énergie acoustique c'est à dire la puissance de la voix. Elle s'exprime en décibels (dB), unité d'évaluation de la puissance des sons (Figure 6). Pendant longtemps, on a étudié les paramètres prosodiques grâce au Sonagraphe, mais ce système était mal adapté à la mesure précise de l'intensité et de la  $F_0$ .

Cette dernière surtout, nécessite des méthodes de mesure spécifiques sous forme de programmes dédiés. Nous donnons plus de détails sur l'évaluation prosodique dans un exposé particulier ( L'évaluation objective de la prosodie, Teston et Viallet dans le même ouvrage).

La qualité vocale peut être évaluée objectivement en fonction des mêmes critères que l'échelle GRBAS citée précédemment., On peut considérer schématiquement que la raucité est corrélée avec la stabilité du vibrateur laryngien, le souffle avec le rapport signal /bruit, l'asthénie avec l'intensité et le forçage avec une  $F_0$  plus haute. La richesse harmonique, l'absence de bruit (la " clarté "), la stabilité et la dynamique de la voix. Peuvent être mesurés à partir d'analyses acoustiques. Certaines évaluations sont automatisées telle que le temps maximal de phonation (TMP) (Figure 7)

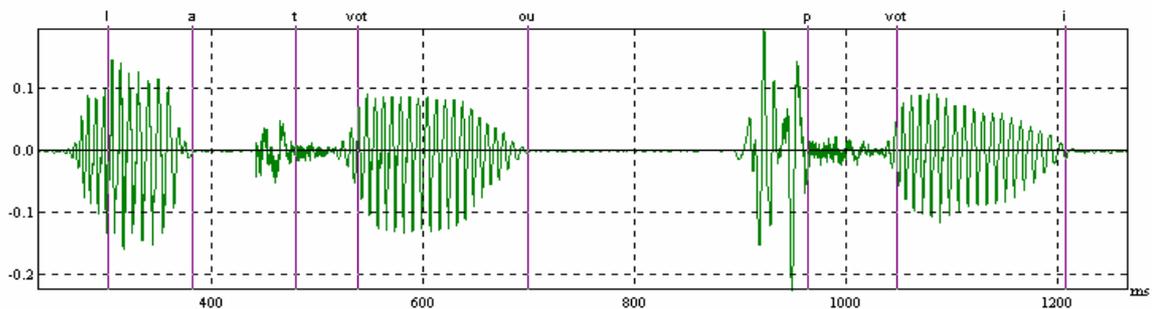


Signal acoustique de la phrase “ **la toupie** ” prononcée par un sujet normal. On constate que les explosions du **t** et du **p** sont immédiatement suivies des voyelles **ou** et **i**.

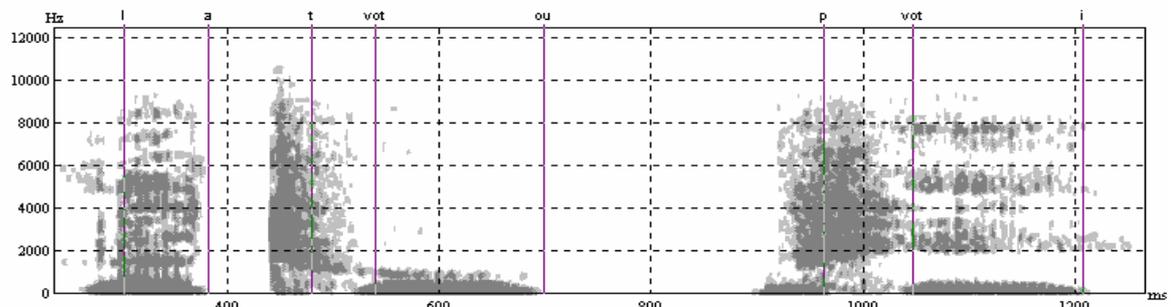


Sonogramme en bande large de la même phrase.

On constate une bonne sonorité des voyelles et les barres d'explosion de **p** et **t** bien marquées.

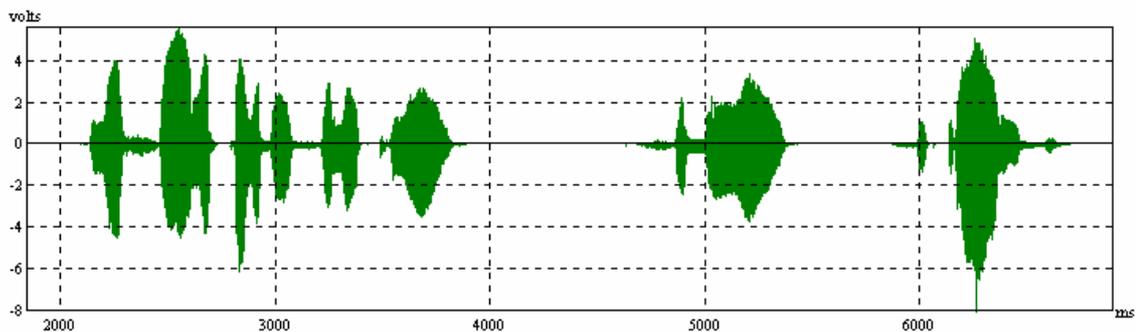


Signal acoustique de la phrase “ **la toupie** ” prononcée par un patient ataxique (le même que la figure ). On constate un temps d'établissement du voisement (VOT) de l'ordre de 50 ms après l'explosion du **t**, et 70 ms après celle du **p**. On note une grande énergie des explosions de ces consonnes .



Sonogramme en bande large de la même phrase. Les explosion et les durées d'établissement du voisement sont très bruitées. La voix est très soufflée, les voyelles faibles et mal timbrée.

**Figure 5** : Mise en évidence du temps d'établissement du voisement ou VOT (voice onset time).

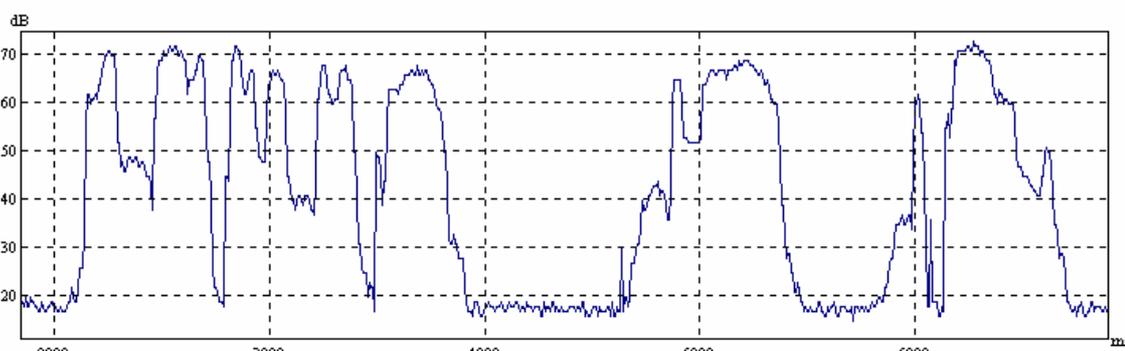


**l-e-s-i-é-lé-p-arde-sule--t-oi-----s-i-b--l-e-----si--tan-dr-e**

*Signal acoustique de la phrase : “Le ciel est par dessus le toit, si bleu, si tendre”,  
déclamée par un sujet normal. L’axe des abscisses représente le temps en millisecondes.*



*Courbe des variations de la F0 de la voix qui définissent la ligne mélodique de la phrase.  
L’axe des ordonnées est en Hertz (Hz).*

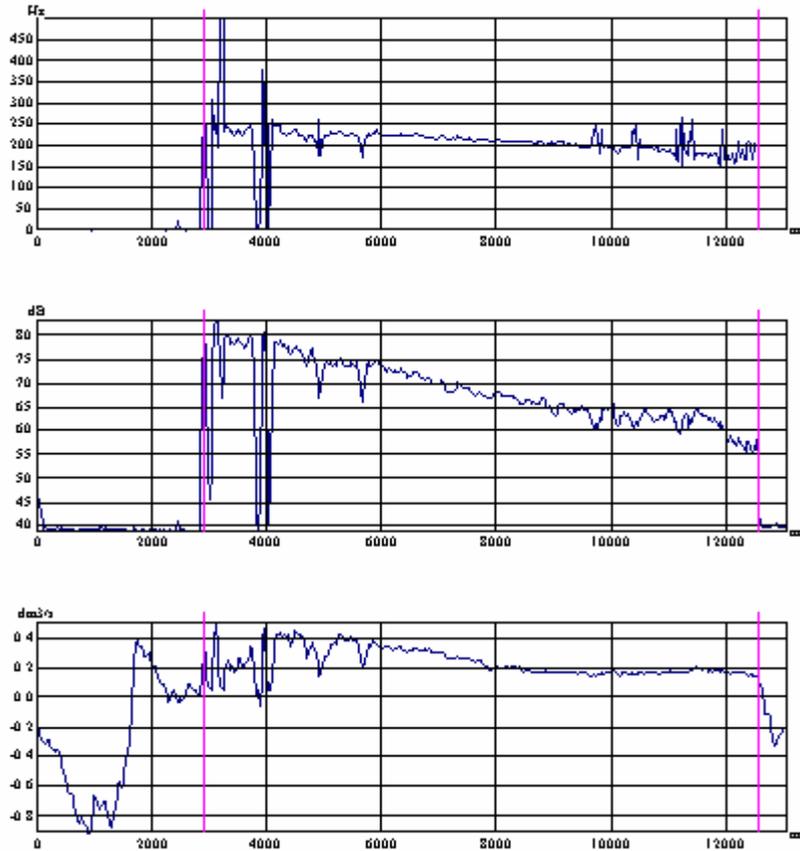


*Courbe de variation de l’énergie acoustique de la voix qui définit la ligne d’intensité de la phrase.  
L’axe des ordonnées est en décibels (dB). La valeur de l’intensité est calculée toutes les 10 ms.*

**Figure 6 :** Exemple des variations prosodiques d’une phrase décrites par les trois paramètres ; durée, mélodie et intensité.

## Conclusion

Malgré leurs imperfections, personne ne peut contester les progrès dont ont bénéficiés les évaluations objectives des dysarthries ( et des dysphonies) ces dix dernières années. Les méthodes acoustiques ont gagné en efficacité et en simplicité d’interprétation. Les méthodes aérodynamiques ont également fait de nombreux progrès, en particulier au plan de la mise en œuvre.



Emission d'une voyelle " a " tenue le plus longtemps possible, avec de haut en bas :  
 Courbe mélodique (Fo) (axe des ordonnées en Hertz [Hz]). Courbe d'intensité moyenne (RMS) du signal  
 acoustique (axe des ordonnées en décibels [dB]). Courbe du débit d'air oral (axe des ordonnées en décimètre cube  
 par seconde [dm<sup>3</sup>/s]). Les axes des abscisses représentent le temps en millisecondes.

Temps de Phonation	Fo moyenne	Intensité moyenne	Volume expiré	Quotient Phonatoire
9.72 s	208 Hz	68 dB	2.29 dm <sup>3</sup>	0.235 dm <sup>3</sup> /s

Tableau statistique sur la durée du temps de phonation mesuré entre les deux curseurs (marqué par les étoiles \*)

*On constate un très difficile départ du voisement avec un retard important de plus d'une seconde par rapport au début du débit d'air oral. Les 3 premières secondes de l'émission vocales sont marquées par plusieurs désonorisations. Ensuite, malgré une bonne stabilité du débit oral les vibrations du larynx restent instables et leur intensité chute fortement jusqu'à l'extinction de la voix. Le quotient phonatoire est élevé(0.235 dm<sup>3</sup>/s) pour une intensité d'émission faible (68 db).*

**Figure7 : Temps maximal de phonation d'un patient ataxique**

Cependant, les évaluations objectives peuvent et doivent encore s'améliorer dans trois directions. D'abord dans la réalisation de bases de données homogènes pour en déduire des bases de connaissances indispensables à une meilleure interprétation des dysfonctionnements de la parole. Ensuite, par une mise en relation plus poussée entre les mesures effectuées et les phénomènes physiopathologiques. Enfin, par la définition de standards d'évaluation plus précis et consensuels. La tâche à effectuer est encore grande mais elle est bien engagée et progresse inéluctablement.

## Références

- [1]-Browman, C., Goldstein, L. Articulatory gestures as phonological units ”, *Phonology*, 1989, 6, 201-251.
- [2]-Farmer, A. Stop cognate production in cerebral palsied speakers. *Folia Phoniatica*, 1977, 29, 154-162.
- [3]-Gentil, M. Acoustic characteristics of speech in Freidriech’s disease. *Folia Phoniatica*, 1990, 42, 125-134.
- [4]-Gentil, M. Pollak, P. Perret, J. La dysarthrie parkinsonienne, *Rev. Neur.*, 1995, 151, 105-112.
- [5]-Hirano, M. Objective evaluation of the human voice: Clinical aspects. *Folia Phoniatica*, 1989, 41, 89-144.
- [6]-Lehiste, I. Some acoustic characteristics of dysarthric speech, *Bibliotheca Phonetica* 1965, 2, 1-124.
- [7]-Mulligan, M., Carpenter, J. Riddel, J. et al. Intelligibility and the acoustic characteristics of speech amyotrophic lateral sclerosis. *J. S. H. R.*, 1994, 37, 496-503.
- [8]-Rousselot, P. J. *Principes de Phonétique expérimentale*, Welter, Paris, 1897-1901, 638 p.
- [9]-Seikel J. A., Wilcox K. A., Davis J. Dysarthria of motor neuron disease : longitudinal measures of segmental durations. *Journal of communication disorders*, 1991, 24, 393-409.
- [10]-Smitheran. J, Hixon, T.A. A clinical method for estimating laryngeal airway resistance during vowels production. *Journal of speech and hearing disorders*, 1981, 46, 138-148.
- [11]-Teston B., Galindo B. A diagnostic and rehabilitation aid workstation for speech and voice pathologies, *Eurospeech 4*, European. Speech Communication Association, Madrid, 1995 : 1883-1886.
- [12]-Warren, D. W. Aerodynamics of speech. In Laas, N. McReynolds, L. (Eds), *Speech Language and Hearing*, Vol ; 1, Normal processes, Philadelphia,PA :WB Saunders, 1982.
- [13]-Warren, D. W. Regulation of speech aerodynamics. in N. J. Lass, *Principles of Experimental Phonetics*, College Hill Press, San Diego, 1996, 71-76.
- [14]-Weismer, G. Acoustic description of dysarthric speech : perceptual correlates and physiological inferences. *Seminar in speech and language*, 1984, 5, 293-314.