



L'étude instrumentale des gestes dans la production de la parole: Importance de l'aérophonométrie.

Bernard Teston

► To cite this version:

Bernard Teston. L'étude instrumentale des gestes dans la production de la parole: Importance de l'aérophonométrie.. P. Auzou. Les Dysarthries, SOLAL, pp.115-117, 2007. <hal-00173547v2>

HAL Id: hal-00173547

<https://hal.science/hal-00173547v2>

Submitted on 4 Dec 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.



HAL Authorization

L'étude instrumentale des gestes dans la production de la parole ; importance de l'aérophonométrie.

Bernard Teston
Ingénieur de recherche au CNRS
Laboratoire Parole et Langage, UMR 6057
Université de Provence
29 avenue Robert Schuman
13621 Aix en Provence cedex 1

Courriel : teston@lpl.univ-aix.fr

Introduction

La production de la parole est l'acte neuromoteur le plus complexe de l'activité biologique humaine, et du monde vivant connu. Elle met en jeu un très grand nombre de muscles aux mouvements particulièrement précis, caractérisés par de très nombreuses unités motrices, et dont la synchronisation doit être parfaitement contrôlée pour créer l'objet sonore porteur de sens.

La production de la parole est un système dynamique, dont le comportement à un moment donné dépend de ses états antérieurs. Le système est donc dépendant d'une variable paramétrable fonction du temps qui dans ce cas est un geste articulatoire.

La phonologie articulatoire est basée sur la définition des phonèmes en terme de gestes, qui sont les unités d'action et les bases de contraste des items linguistiques, les atomes de la description phonologique. Les phonèmes sont donc définis par des groupes de gestes. Ainsi, 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.

Il existe deux classes de gestes dans la production de la parole.

D'une part les mouvements des organes articulateurs constituant le conduit vocal, qui permettent de produire la parole.

D'autre part, les mouvements qui, pendant le discours, apportent dans des proportions variables un complément d'information au message parlé et ne participent pas directement aux mécanismes de sa création. Nous les appelons, par simplification, mouvements d'accompagnement de la parole. Ils sont généralement des mouvements de mimiques de la face, des mouvements de la tête et des segments des membres supérieurs. Ils suivent surtout les variations prosodiques du discours et sont caractérisés par une vitesse de réalisation relativement faible. La technique de choix pour l'étude de ces mouvements est la vidéocinématographie qui permet de les décomposer image par image et ainsi « d'arrêter le temps » pour les étudier.

Les gestes articulatoires sont en revanche beaucoup plus rapides car ils conditionnent la réalisation des structures phonémiques. L'amplitude de leurs mouvements ainsi que leur déroulement doivent être connus avec plus de précision. Le fait que les principaux organes articulateurs soient invisibles, car internes au conduit vocal, a imposé aux chercheurs d'imaginer, outre l'imagerie, de nombreux dispositifs de mesure pour appréhender indirectement leurs mouvements (Teston- 7). Dans la suite de cet exposé, il ne va être question que de gestes articulatoires.

I. Les gestes articulatoires

1. La phonologie articulatoire

La phonologie articulatoire est dérivée du modèle de la dynamique des tâches dont le but principal est l'étude des mouvements, de leurs compensations et de la chronologie de ces compensations.

Dans la production de la parole, les gestes sont définis en termes de constriction dans le conduit vocal et sont, pour la dynamique des tâches, des mouvements ayant une trajectoire vers une cible spatiale. Pour générer ces trajectoires, il faut connaître pour chaque variable pertinente l'état instantané du système, la position de la nouvelle cible et les valeurs d'amortissement du système (Demolin-2).

La phonologie articulatoire proposée par Browman et Goldstein (1) est le seul modèle qui introduit explicitement par sa nature spatio temporelle, un aspect dynamique en phonologie qui peut être alors considérée comme un ensemble de relations parmi les gestes, événements physiques réels, qui caractérisent les systèmes et les modèles de production. Dans cette perspective, il est donc essentiel de pouvoir observer, enregistrer et mesurer les gestes articulatoires.

Comme toute activité motrice, la réalisation des gestes articulatoires implique quatre phases ; l'intention, la programmation, la réalisation et le contrôle. 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 de gaucher). La réalisation est faite par les commandes neuro motrices et leur 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.

2. Les organes articulateurs et leur contrôle

Les organes articulateurs 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 conduit vocal (de bas en haut): la musculature respiratoire, le larynx, le pharynx, le voile du palais, la langue, la mandibule et les lèvres. Les sons de la parole ont pour origine des phénomènes aérodynamiques et acoustiques, à partir de l'air mis en pression dans les poumons et modulé par les différentes strictions et les variations de longueur du conduit vocal ; la constriction laryngienne, source de la voix, les strictions vélo-pharyngale, linguo palatine et labiale qui différencient les segments phonologiques des langues, consonnes et voyelles (Fig. 1). Outre les nombreuses voyelles orales et nasales auxquelles il faut associer schématiquement des tons, le conduit vocal peut émettre une grande variété de consonnes ; plosives, fricatives, éjectives, trilles, flaps, clicks et quelques autres.

Avec un tel instrument à sa disposition, l'homme est donc capable de produire un grand nombre de sons différenciés, de l'ordre de 150, dans lesquels il pioche pour établir des codes phonologiques très variés lui permettant de communiquer par la parole. Ceci explique l'infinie variété des langues du monde.

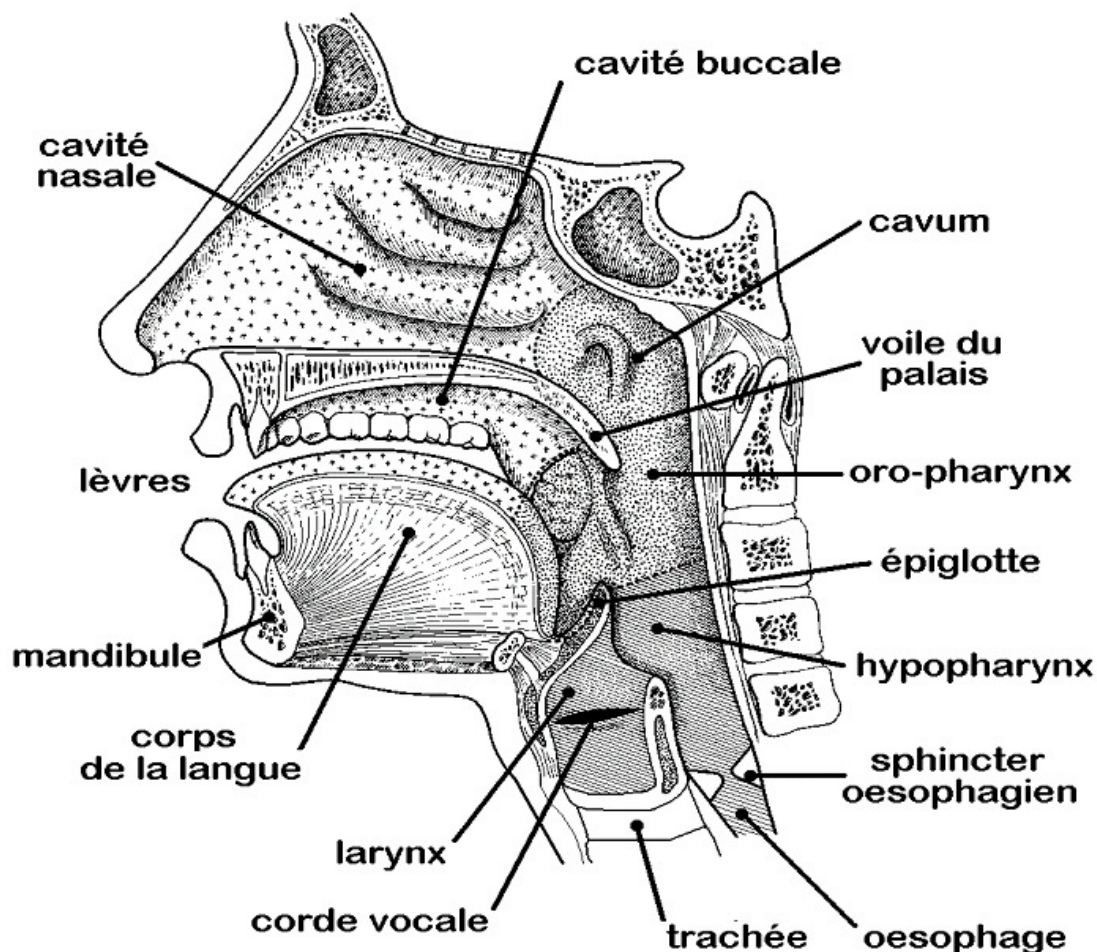


Fig. 1. Coupe schématique du conduit vocal et des principaux organes impliqués dans la production de la parole.

II. 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 observer les gestes à trois niveaux distincts.

D'abord, au niveau du contrôle neuromoteur des muscles qui actionnent les organes articulatoires 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 articulatoires (lèvres, langue, mandibule, voile, larynx) observés directement au moyen d'images vidéocinématographiques ou indirectement au moyen de capteurs de mouvement.

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 l'ultime conséquence et la finalité des gestes articulatoires.

1. Les méthodes électrophysiologiques

Les techniques d'électromyographie (EMG) consistent à capter les potentiels d'action des fibres musculaires qui constituent le signal électro physiologique EMG lorsqu'elles se

contractent, et fournissent un travail. Son évolution dans le temps permet de suivre le travail musculaire. Ces techniques à priori séduisantes sont utilisées de routine en clinique pour les affections neuromotrices mais ne sont pas accessibles aux chercheurs non médecins. De plus elles sont difficiles à maîtriser tant au plan technique de la capture des potentiels EMG que de leur interprétation. Il existe deux méthodes de capture des potentiels EMG. D'une part au moyen d'électrodes de surface qui sont sensibles à l'activité globale du muscle le plus proche ou le plus énergétique situé à proximité sous la peau. D'autre part au moyen d'électrodes implantées directement dans le muscle dont on veut mesurer l'activité. Cette dernière méthode beaucoup plus sélective est plus délicate à mettre en œuvre. Bien que l'amplitude des signaux EMG (valeur efficace) soit proportionnelle en première approximation à l'énergie développée par le muscle, cette relation n'est pas linéaire, elle dépend trop de l'état des électrodes. On peut donc difficilement interpréter les variations du signal EMG d'une manière autre que qualitative et surtout en fonction toute relative avec l'amplitude d'un geste. Cependant, les variations de potentiels EMG peuvent donner des informations très riches sur la chronologie des événements musculaires et sur les relations agonistes-antagonistes des acteurs gestuels. Même s'ils sont la manifestation de l'origine de tous les gestes, les potentiels EMG ne peuvent constituer une méthode d'étude des gestes articulatoires en soit. Ils ne doivent être considérés que comme un complément aux méthodes traditionnelles d'observation des mouvements.

2. Les méthodes d'imagerie

Elles sont utilisées pour étudier les mouvements des organes articulateurs visibles sur la face des sujets ou cachés dans le conduit vocal.

En vidéo traditionnelle on enregistre les mouvements des lèvres de face et de profil dont on peut mesurer précisément l'aperture. Il est possible également d'enregistrer les mouvements du voile ou des parois pharyngales au moyen d'un endoscope souple par voie nasale.

La vidéocinéradiographie a remplacé le radio cinéma pour l'étude de profil des mouvements des organes articulateurs sous rayons X. Pour des raisons juridiques et d'éthique qu'il est illusoire d'espérer remettre en cause à l'avenir, il n'est plus possible maintenant d'utiliser cette technique d'imagerie basée sur l'utilisation de radiations ionisantes. Ceci est bien dommage car cette technique est une méthode de choix pour l'observation et la mesure des gestes articulatoires. Il faut donc utiliser d'autres méthodes et exploiter au maximum les anciens enregistrements.

Les problèmes d'enregistrement, de synchronisation et de mesures vidéométriques sont les mêmes que pour les mouvements d'accompagnement, cependant pour l'observation des gestes articulatoires il est nécessaire de filmer les images avec la meilleure résolution temporelle possible.

Nous mentionnons dans cette rubrique la technique qui est appelée à remplacer en imagerie la vidéocinéradiographie. Il s'agit de l'imagerie par résonance magnétique nucléaire plus communément appelée IRM. Cette technique d'investigation médicale « radiologiques » permet des mesures d'une grande précision sur l'anatomie du conduit vocal non seulement sur le plan sagittal, mais également coronal et axial, ce qui permet de définir pour la première fois les volumes précis des différentes cavités du conduit vocal. Le problème essentiel de cette technique non invasive pour les sujets se situe pour l'instant dans sa faible résolution temporelle qui est au maximum d'une dizaine d'images par seconde associée à la grande difficulté de disposer de telles machines car elles sont rares et occupées à plein temps pour leurs missions hospitalières. Cependant, cette technique est en train d'évoluer rapidement et donne déjà de remarquables informations.

3. Les méthodes kynésiographiques

Ces méthodes consistent à transcrire sur un graphique les variations d'un mouvement après en avoir appréhendé la manifestation au moyen d'un capteur. Pour répondre aux mêmes préoccupations qui sont les nôtres, Rousselot a développé plusieurs capteurs kynésiographiques mécaniques qui lui ont permis de décrire les principaux phénomènes articulatoire dès la fin du 19^{ème} siècle. Depuis, on en a imaginé beaucoup d'autres, mais seules, l'électropalatographie et l'électromagnétométrie sont parfois utilisées.

3.1. L'électropalatographie

L'électropalatographie ou EPG est une technique très particulière qui permet de visualiser les contacts de la langue sur le palais en phonation. Elles donnent donc la topographie des lieux d'articulation lingo-palatins. Son principe consiste à disposer des électrodes sur un palais artificiel réalisé pour chaque sujet après une prise d'empreinte. Un dispositif électronique permet de détecter le contact de la muqueuse linguale avec les électrodes et un programme informatique permet de visualiser en temps réel les contacts palatins et de faire des traitements tels que suivis de contacts, symétrie, antériorité, postériorité, centre de gravité, etc. De mise en œuvre aisée, L'EPG est une très bonne méthode pour l'étude des gestes linguaux bien qu'en dehors de tout contact, elle ne donne aucune information sur la trajectoire de la langue. L'inconvénient majeur qui empêche une plus grande diffusion de cette technique se situe dans la nécessité de réaliser un palais artificiel. La fabrication de ces dispositifs avec des techniques de prothèses odontologiques coûte cher. De plus, dès qu'un problème dentaire apparaît (plombage, dents de sagesse, croissance des enfants etc...) il est nécessaire de les refaire.

3.2. Les méthodes électromagnétiques

L'articulographie électromagnétique (EMA) est une technique de mesure de distance au moyen de champs magnétiques. Son principe est utilisé dans de nombreux domaines industriels et scientifiques. Les premières tentatives peu convaincantes d'utilisation dans notre spécialité datent de plus de vingt ans. Cependant, la prohibition des investigations d'imagerie sous rayons X lui a donné une impulsion nouvelle depuis une décennie en Europe et aux USA. Le principe de base de ces machines repose sur la mesure des distances entre des bobines qui créent un champ magnétique et un petit capteur que l'on fixe sur l'organe en mouvement. Les bobines fixées sur un casque solidaire du crâne sont placées orthogonalement au plan sagittal de la tête du sujet ainsi que les capteurs. Ces derniers permettent de mesurer les mouvements des lèvres, de la mandibule, de la langue et même du voile. Dans les meilleures conditions ces appareils ont une précision de mesure des mouvements de l'ordre du millimètre et peuvent également donner des indications cinétiques telles que l'accélération. On peut utiliser autant de capteurs que nécessaire. Dans la pratique on dépasse rarement cinq capteurs. Ces derniers sont de petites bobines (2 mm) qui doivent être solidarisées avec l'organe mouvant par collage. Si c'est relativement simple sur les lèvres, et les dents, il n'en est pas de même sur la langue. Les sujets supportent mal les fils des capteurs en bouche et surtout, sur la langue on n'est jamais sûr de la bonne orthogonalité des capteurs par rapport au plan sagittal. L'utilisation de ces systèmes réclame une bonne pratique et un support technique compétent ce qui explique que seuls quelques centres maîtrisent ce type de mesure. A notre avis, cette technique donne de bons résultats quantitatifs sur certains organes mais manque de certitude sur d'autres. Elle peut donner en tout cas de bonnes informations sur la chronologie des événements articulatoires. Il est certain que de nombreux chercheurs ont trop attendu de cette méthode et un certain désintérêt paraît insensiblement gagner le microcosme. Pourtant elle peut, à notre avis, être encore bien améliorée. Elle a surtout été développée par la société CARSTENS sous l'impulsion de neurologues allemands.

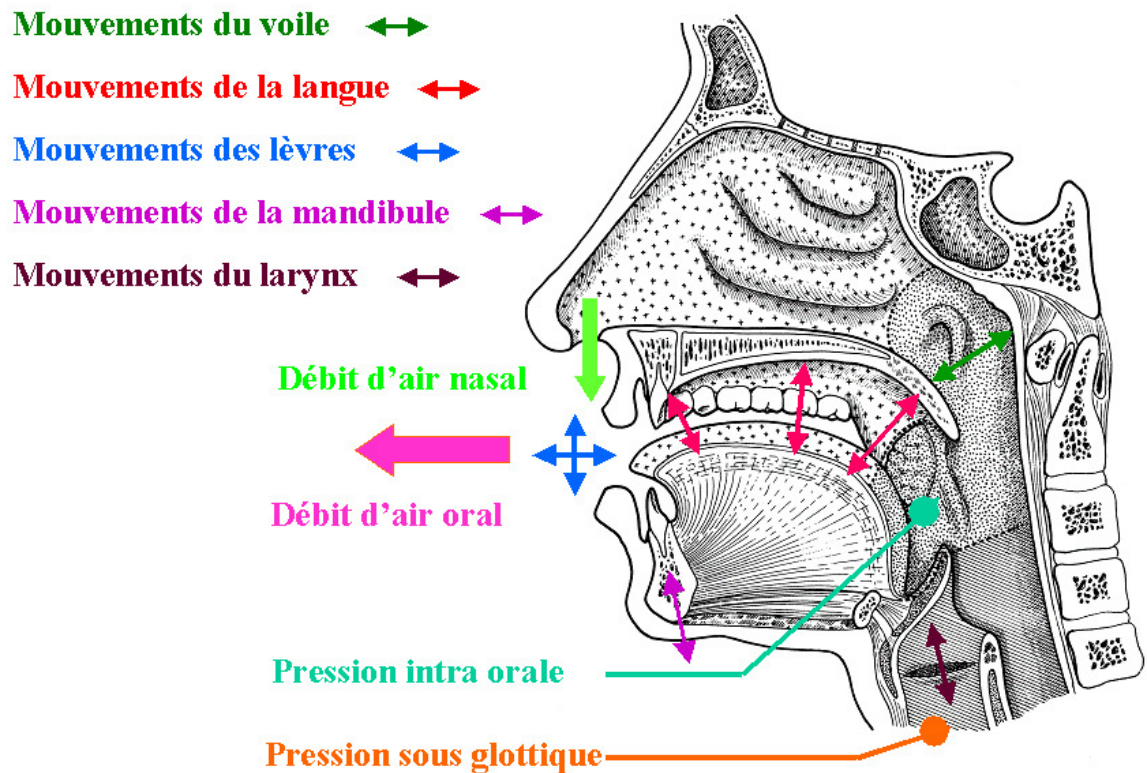


Fig. 2 Dynamique et lieux de constriction des principaux organes articulateurs du conduit vocal et situation anatomique des paramètres aérodynamiques.

III. 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 la création de tous les sons porteur du code linguistique d'une langue. C'est en effet, l'air mis en pression dans les poumons, qui fournit l'énergie nécessaire à l'émission des sons du discours. Ce sont des phénomènes aérodynamiques qui sont à l'origine des vibrations de la glotte source de la voix. Ce sont toujours des phénomènes aérodynamiques qui sont à l'origine des bruits des consonnes plosives (explosion) et fricatives (turbulences d'écoulement de l'air) au niveau des constriction du conduit vocal (glottale, linguo palatale, labiale).

1. L'air moteur de la parole

La parole est un objet sonore complexe, ces sons et bruits sont le résultat d'une utilisation rigoureuse et précise du courant d'air généré par les poumons. Le rôle essentiel du contrôle de la respiration lors de la production de la parole a été mis en évidence dans un grand nombre de travaux. Alors que la respiration dite "végétative" ou normale est un phénomène "automatique", la respiration dans l'acte de parole est contrôlée et organisée de façon très fine. L'expiration doit permettre de fournir et de maintenir une pression sous glottique stable pendant toute la durée de la phrase. Le contrôle de l'expiration s'effectue par le jeu des muscles de la respiration essentiellement les intercostaux et le diaphragme dont le rôle n'est pas limité qu'à la phase inspiratoire.

Pour aboutir à un mouvement précis et compte tenu des multiples contraintes qui s'exercent sur l'écoulement de l'air pulmonaire dans le conduit vocal, à cause des résistances situées au niveau de ses constriction, une procédure de contrôle harmonise les différentes composantes de l'activité musculaire respiratoire qui régule et coordonne l'ensemble des influences

kinétiques. Ce sont les coordinations pneumo phoniques qui sont si souvent dégradées dans les dysarthries.

Le groupement fonctionnel des muscles, contrôlés par un tel système, est connu comme "structure coordinative". Dans le cas de la phonation, il semble que la structure coordinative respiratoire initiée en début de phrase (ligne de base correspondant aux groupes de souffle) réagisse localement aux résistances apportées à l'écoulement de l'air au niveau de la glotte et au niveau de la cavité buccale (distinction de voisement, et division voyelle consonne).

2. Les paramètres aérodynamiques :

Ils sont au nombre de quatre (Fig. 1). Le principal paramètre physiologique de la production de la parole est la pression de l'air contenu dans les poumons ou pression sous glottique (PSG). Elle s'exprime en hectoPascal (hP) relativement à la pression atmosphérique, le Pascal étant l'unité internationale de pression. On trouve dans les études antérieures aux années 80 des unités telles que le millibar (mB) ou le centimètre d'eau (cm H₂O) qui sans être officielles ont des valeurs très proches de l'hectoPascal. On peut également rencontrer l'unité de pression anglo-saxonne « Pound Square Inch » ou PSI qui vaut approximativement 75 hectoPascal.

La pression intra orale (PIO), ou pression supra glottique, est la pression qui règne dans la cavité oro pharyngale. Elle s'exprime également en hectoPascal. La différence entre la PSG et la PIO est le moteur de la source vocale. La pression intra orale est un indicateur de l'ensemble des états des constriction du conduit vocal et à ce titre joue un rôle fondamental dans leur contrôle.

Un débit étant un déplacement d'air d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression, la pression intra orale génère à travers les constriction labiale et lingo palatine le débit d'air oral émis à la bouche. Elle génère également à travers la constriction vélo pharyngale le débit d'air nasal émis aux narines. Ces débits s'expriment en litre ou décimètre cube (dm³) par seconde ou encore leur sous multiple le centimètre cube (cm³). L'amplitude de ces débits dépend de la pression différentielle aux bornes de la constriction et de la résistance qu'elle oppose à l'écoulement de l'air qui la traverse.

3. L'aérophonométrie

L'aérophonométrie l'ensemble des techniques de mesures des paramètres aérodynamiques dans la production de la parole.

La connaissance des variations de ces paramètres en fonction des segments phonémiques prononcés, donne de bonnes informations sur les mouvements des organes articulateurs du conduit vocal (Warren-8). On doit là encore à Rousselot les premières codifications des principaux paramètres aérodynamiques et la description de la majorité des mécanismes articulatoires des langues. Il est cependant illusoire d'attendre une relation linéaire entre les variations de débits et de pression et les gestes articulatoires. Cependant, ils en permettent une remarquable description chronologique et sont indispensables dans l'étude des phénomènes consonantiques complexes et de la coarticulation (Fig. 4). La bonne pratique des méthodes aérodynamiques nécessite des précautions rigoureuses, mais n'est pas très compliquée. Malgré cela elles n'ont pas l'importance que leur richesse informative sur les mécanismes articulatoires pourrait laisser supposer. Les causes en sont principalement un manque d'instruments adaptés et par corollaire une méconnaissance des différents patrons aérodynamiques associés aux unités phonologiques. Si la mesure des pressions n'est pas très problématique et l'étude de leur décours relativement facile, il n'en est pas de même pour les débits. Par la nature et la conformation du conduit vocal, la caractéristique principale des débits que l'on rencontre dans la parole est une très grande variabilité spatiale et temporelle. De plus, la présence de turbulences importantes à la sortie des orifices du conduit vocal

entraîne de grandes difficultés pour obtenir des mesures fiables. On peut considérer à priori que la mesure du débit oral en phonation peut être réalisée avec des dispositifs de mesure des débits respiratoires (les pneumotachographes). Des chercheurs n'ont pas hésité, dans le passé, à mener ainsi de nombreuses recherches avec des résultats médiocres car les débits expirés en phonation ont des amplitudes bien plus faibles et des variations bien plus rapides que les débits respiratoires

Les appareils de mesures aérodynamiques spécifiques à la production de la parole 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, bien que n'étant pas idéal, semble présenter globalement les meilleures solutions pour effectuer des mesures aérodynamiques, grâce à une faible gêne articulatoire et la possibilité de mesures de débit aux narines (Fig. 3) (Teston-6).

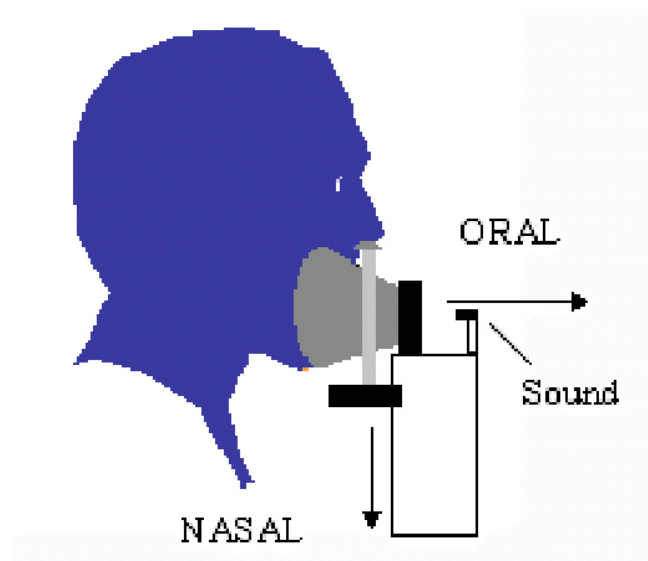


Fig. 3. Schéma du dispositif de mesure en phonation des débits d'air à la bouche et aux narines du système EVA 2.

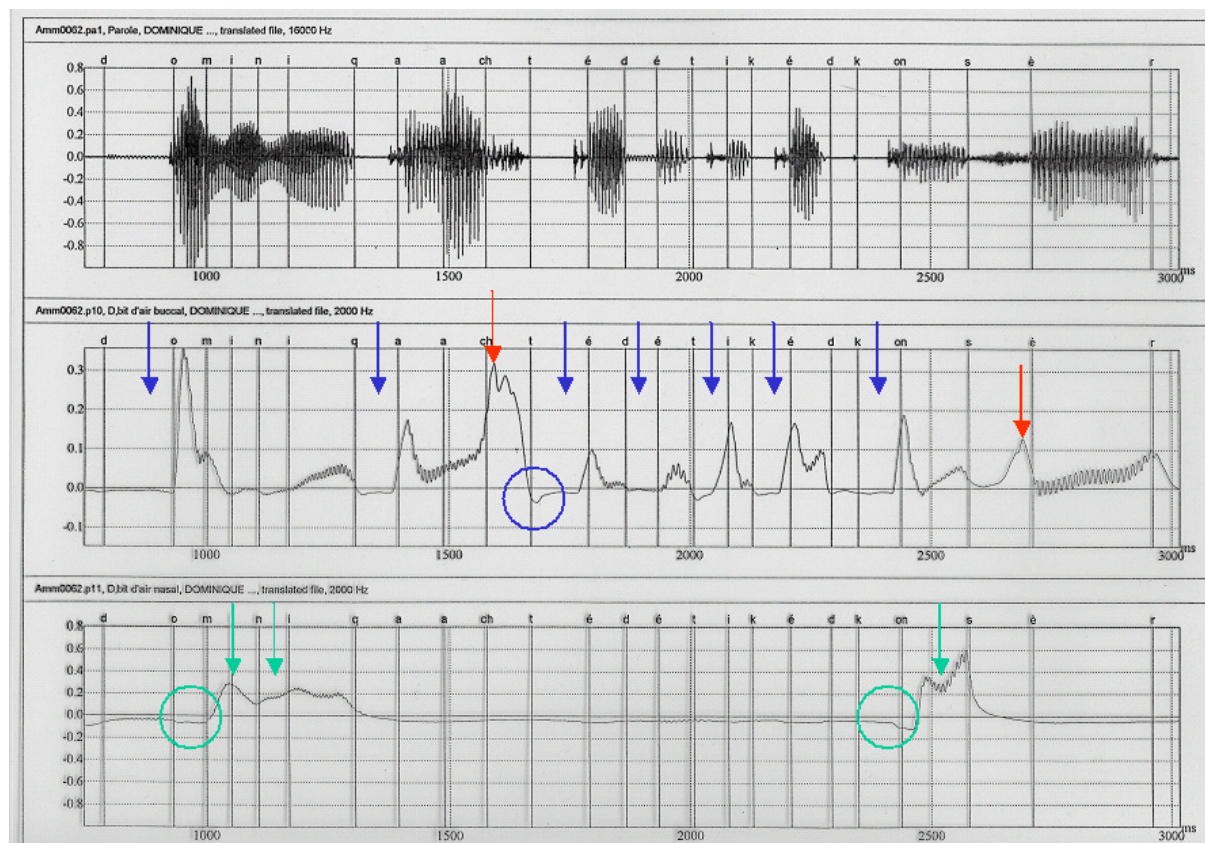


Fig. 4. Enregistrement de la phrase « Dominique a acheté des tickets de concert » au moyen de l'aérophonomètre du système EVA 1 (Teston-6) par un sujet français standard adulte.

De haut en bas : Signal de la pression acoustique de la phrase, débit d'air oral en dm^3/s , débit d'air nasal en dm^3/s . L'axe des abscisses est en millisecondes.

Le déroulement du débit d'air oral nous permet d'observer des temps de montée rapide sur les explosions des consonnes plosives **d**, **t** et **k**. L'explosion du premier **d** à l'initiale est très énergique. Le second **d** est très atténué avec une absence totale d'explosion à cause des contraintes de coarticulation du **t** qui le précède et du **t** qui le suit. Le troisième **d** est inexistant car assimilé par la coarticulation du **k** qui le suit. Sa seule manifestation est un faible bruit, sur le signal acoustique, du décollement de l'apex de la langue.

On observe un maximum de volume d'air expiré pendant la consonne fricative **ch** qui est la plus « débitante ». Le débit est beaucoup plus faible sur la consonne fricative **s**. Les faibles dépressions du débit d'air oral que l'on observe sur les consonnes **m** et **n** après le **ch** (cercle) et avant le **t**, ne sont pas des aspirations mais de l'air déplacé par les mouvements des lèvres dans l'embouchure.

On observe sur le déroulement du débit d'air nasal, qu'il ne s'établit qu'à l'occasion de la réalisation des consonnes et voyelles nasales **m**, **n** et **on**. On constate que le voile reste ouvert durant les voyelles qui suivent les consonnes **m** et **n**. On constate également une légère dépression marquée par un cercle avant le début de l'établissement du débit d'air nasal. Elle indique la détente du voile qui initie le geste d'abaissement du vélum et le début de l'ouverture de la constriction velo-pharyngale.

4. Applications cliniques de l'aérophonométrie

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. On distingue schématiquement trois grandes familles de dysarthries ; les dysarthries hypokynétiques, caractéristiques des syndromes parkinsoniens, les dysarthries ataxiques caractéristiques des atteintes cérébelleuses et les dysarthries paralytiques caractéristiques de la SLA (maladie de Charcot). Il est parfois difficile de les distinguer, beaucoup de dysarthries étant mixtes. Nous avons constaté précédemment que la lecture des courbes de variation des paramètres aérodynamiques pouvait donner des informations très détaillées sur la dynamique des

principaux organes articulateurs (Warren-9,Gröne-3 et Jiang-4). A partir de la connaissance de la production standard d'une langue et malgré la grande variabilité de la production verbale, il est possible d'obtenir à partir d'enregistrements aérodynamiques des informations objectives très riches sur l'état de leurs dysfonctionnements articulatoires.

4. 1. Evaluation aérodynamique de la motricité labiale et vélaire (Fig.5)

Cette évaluation est axée sur l'enregistrement simultané du signal de parole, du débit d'air oral et du débit d'air nasal (de haut en bas) au cours de la production de la phrase type : « Ta toupie va trop vite ». Chez un sujet normal, le débit d'air nasal est quasi 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 linguo alvéolaire (t).

Les courbes de variation du débit d'air oral et du débit d'air nasal sont calibrées en décimètre cube par seconde (dm³/s). Le temps est calibré en milliseconde Le **débit oral** expiré est présenté en partie positive. Par contre, le **débit nasal** expiré est inversé et représenté en partie négative, ceci pour mieux le mettre en relation avec le débit d'air oral sur le même tracé.

Les enregistrements sont effectués au moyen d'un aérophonmètre EVA 2(Fig. 3).

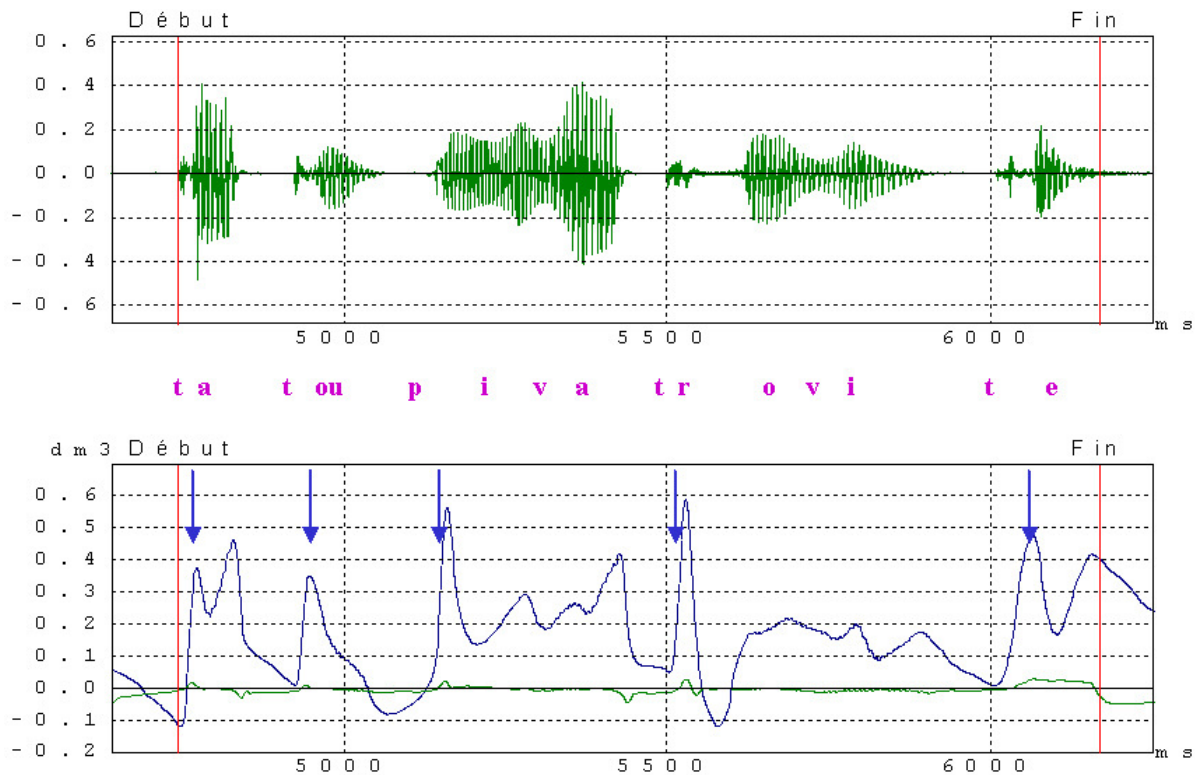


Fig. 5-A. Phrase: «ta toupie va trop vite » prononcée par un sujet normal.

On observe une grande modulation du signal de **débit oral**. Sa valeur est forte sur les crêtes des explosions des consonnes plosives **t** et **p** caractérisées par des temps d'établissement très courts (flèches). On observe également de petites dépressions sur le **p** et le **tr** qui sont dues aux mouvements labiaux comme dans la Fig 3. Le **volume d'air oral** expiré au cours de la phrase est de 0,248 dm³. Le **débit nasal**, est très faible. On ne peut observer que quelques faibles mouvements du voile aux ouvertures et fermetures des constriction orales. Le **volume d'air nasal** expiré au cours de la phrase est de 0,006 dm³. Il ne représente que 2,4 % d'un volume d'air total expiré de 0,254 dm³, ce qui démontre une très bonne occlusion vélaire. La durée d'élocution est de 1,426 seconde.

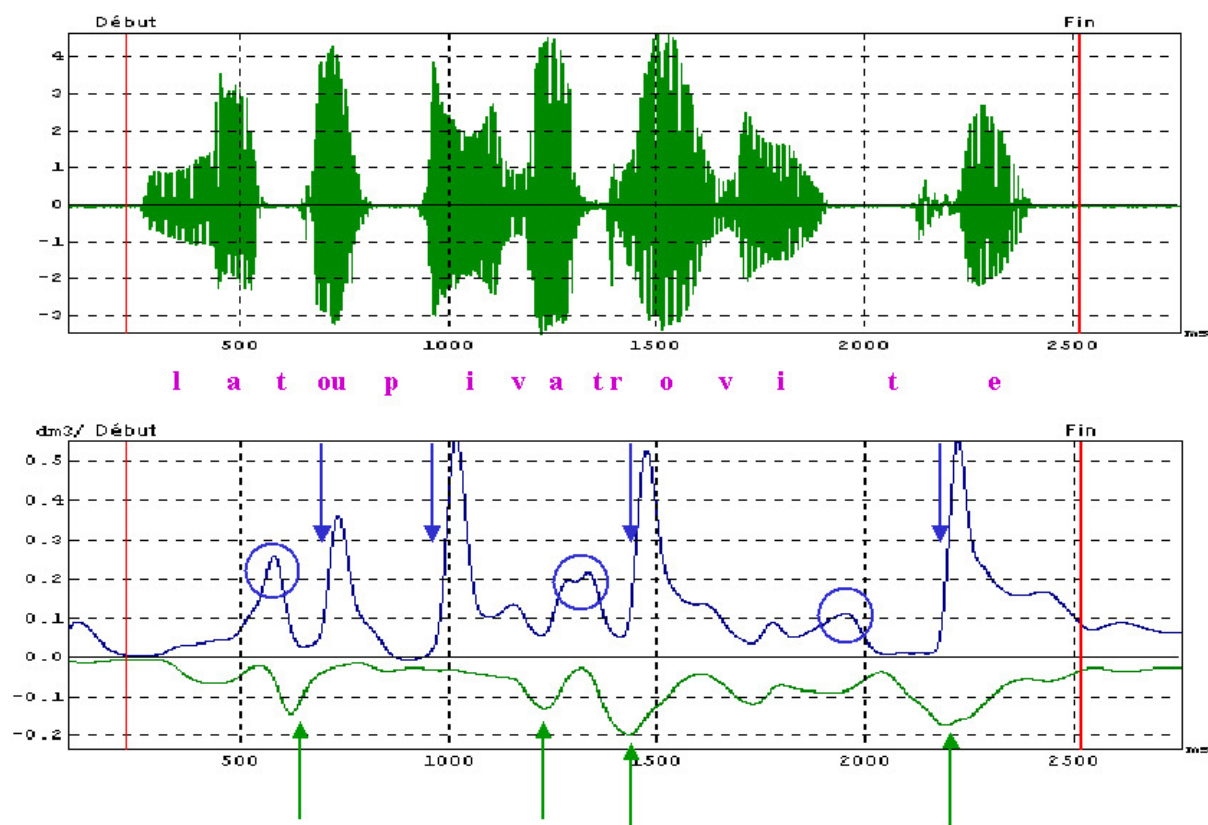


Fig. 5-B. Phrase: «la toupie va trop vite » prononcée par un patient souffrant d'un syndrome parkinsonien. On observe également une bonne modulation du signal de **débit oral**. Sa valeur est forte sur les crêtes des explosions des consonnes plosives **t** et **p** caractérisées par des temps d'établissement très courts (**flèches**) comme chez le sujet normal. On observe en revanche de petites sautes de débit (**dans les cercles**) en début de fermeture des **t** et du **tr**. Ce phénomène est la manifestation d'un retard d'occlusion de la consonne par rapport à l'ouverture de la glotte. C'est la manifestation d'une médiocre coordination pneumo phonique. Le **volume d'air oral** expiré au cours de la phrase est de 0,260 dm³. Le **débit nasal**, est beaucoup plus important que dans l'exemple précédent. Il atteint des valeurs maximales sur les occlusions orales des consonnes **p,t et v** (**flèches**). Le **volume d'air nasal** expiré au cours de la phrase est de 0,142 dm³. Il représente 35 % d'un volume d'air total expiré de 0,401 dm³, ce qui démontre une très mauvaise occlusion vélaire. Le voile ne se ferme jamais au cours de la réalisation de la phrase. La durée d'élocution est de 2,284 secondes.

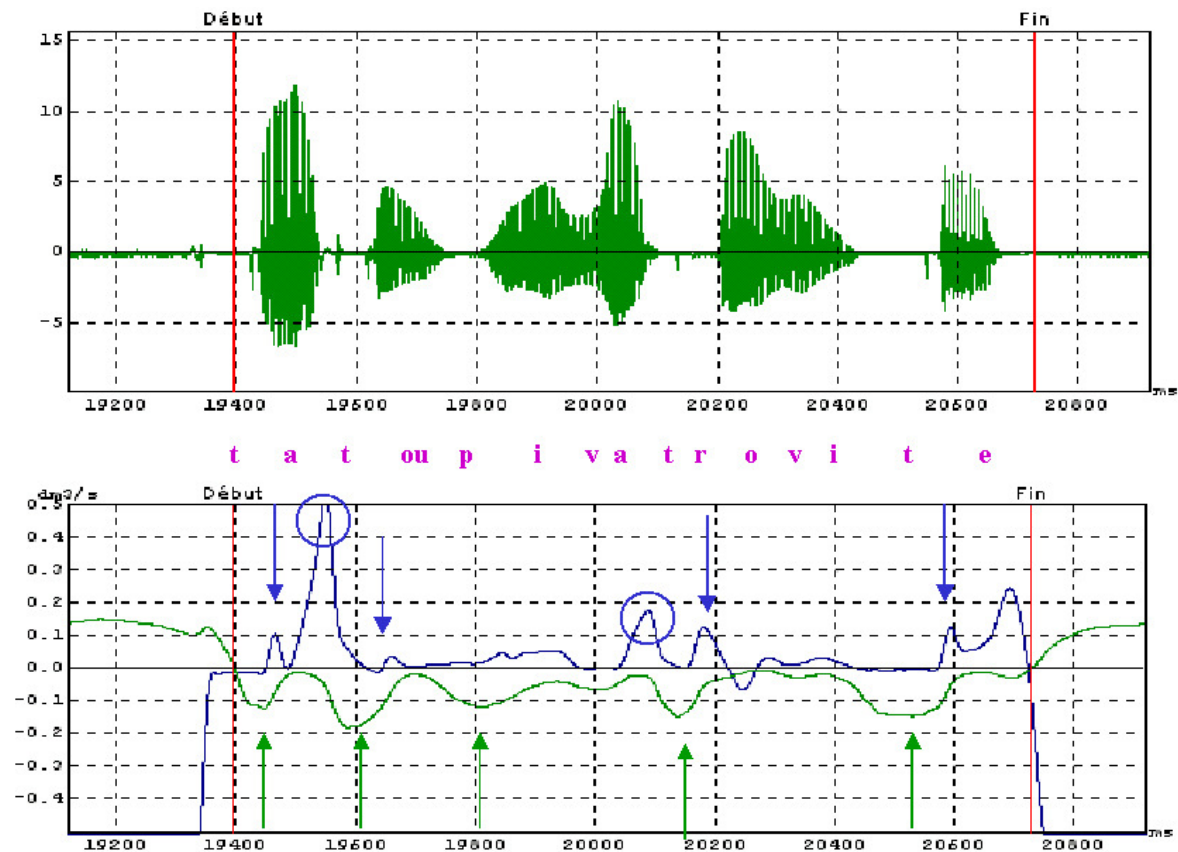


Fig. 5-C. Phrase: «*ta toupie va trop vite* » prononcée par un patient souffrant de SLA.

On observe, contrairement aux exemples précédents une déstructuration presque totale du signal de **débit oral**. Les explosions des **t** sont à peine réalisées (**flèches**). L'occlusion du **p** est absente et le **débit oral** est faible sur les voyelles ce qui dénote une faible aperture labiale. Ceci est la manifestation d'une mauvaise articulation labiale et linguo alvéolaire.

On observe des bouffées de débit plus importantes que dans l'exemple précédent (**dans les cercles**) en début de fermeture des **t** et du **tr**. Ce phénomène est la manifestation d'un retard d'occlusion de la consonne par rapport à l'ouverture de la glotte. C'est la manifestation d'une mauvaise coordination pneumo phonique. Le **volume d'air oral** expiré au cours de la phrase est de 0,250 dm³. Le **débit nasal**, est beaucoup plus important que dans le cas précédent. Il atteint des valeurs maximales sur les occlusions orales des consonnes **p** et **t** (**flèches**). Le **volume d'air nasal** expiré au cours de la phrase est de 0,460 dm³. Il représente 64 % d'un volume d'air total expiré de 0,710 dm³, ce qui démontre une très mauvaise occlusion vélaire. Malgré des problèmes articulatoires importants, les noyaux syllabiques de la phrase sont bien réalisés. Le voile ne se ferme jamais au cours de la réalisation de la phrase. La très faible dynamique labiale est peut être due en partie à une compensation du patient pour limiter sa grande fuite nasale. La durée d'élocution est de 1,322 seconde.

4.2. Evaluation de l'efficacité glottique (Fig.6)

Cette évaluation est axée sur l'enregistrement simultané du signal de parole, de son intensité de la pression intra orale et du débit d'air oral (de haut en bas) au cours de la production d'une suite de « pa, pa, pa.. », répétés dans la phrase porteuse « Papa ne m'a pas parlé de beau Papa ».

Sur une syllabe « pa », on mesure ; le débit d'air oral moyen en dm³ par seconde, ainsi que l'intensité moyenne en dB sur la durée d'émission de la voyelle « a » suivant la consonne « p ». La valeur du pic de la pression intra-orale en hectoPascal, est mesurée pendant l'occlusion du « p » qui précède la voyelle. Cette valeur peut être considérée comme celle de la pression sous glottique car la glotte est ouverte pendant l'occlusion labiale du « p » (Smitheran-5). On en déduit des indices d'efficacité glottique et laryngée, et la résistance laryngée, qui donnent une bonne évaluation de l'hypertonie (ainsi que du forçage vocal), ou de l'hypotonie laryngée.

La répétition de 6 « p » par phrase permet d'évaluer la possibilité du locuteur de maintenir une pression sous glottique constante pendant un groupe de souffle et d'avoir un indice puissant sur ses coordination pneumo phonique. Cet aspect est particulièrement important dans les dysarthries en particulier parkinsoniennes.

Tout les calculs sont réalisés automatiquement à partir du positionnement d'un marqueur sur la valeur crête de la pression intra orale qui précède le « pa » choisi par le manipulateur.

Les enregistrements sont effectués au moyen d'un aérophonomètre EVA 2(Fig. 3).

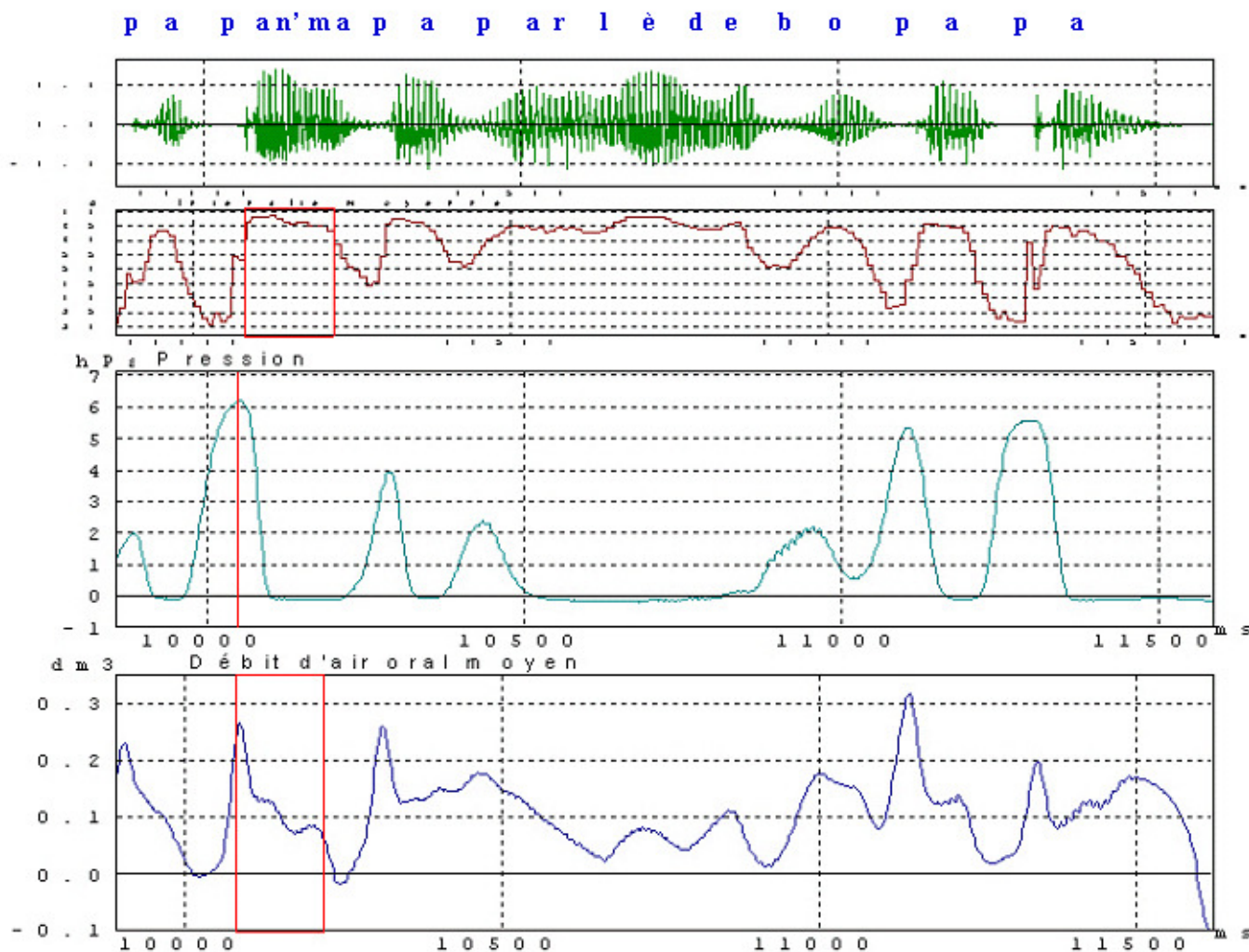


Fig. 6-A. Phrase « Papa ne m'a pas parlé de beau Papa » prononcée par un sujet normal.

La valeur de la **pression intra orale** sur l'occlusion de la consonne est de 6 hPa. L'**intensité** moyenne de la voyelle est de 79 dB. Le **débit d'air oral** moyen de la voyelle est de 0.16 dm³/s. Efficacité glottique est de 29 (Intensité/PIO) et le rendement laryngien est de 16 (Intensité/PIO x Débit). La résistance glottique est de 2.6 (Débit/Pression).

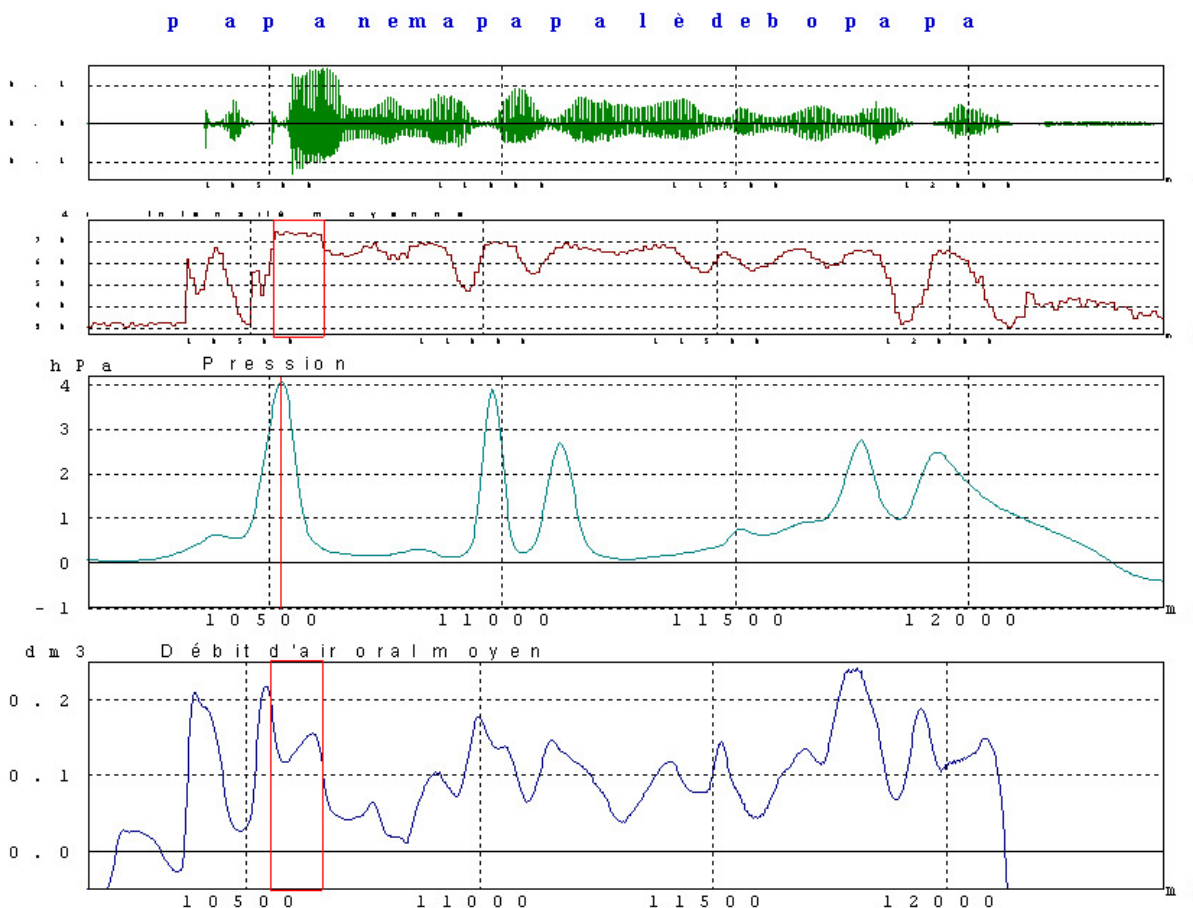


Fig. 6-B. Phrase « Papa ne m'a pas parlé de beau Papa » prononcée par un patient parkinsonien.

La valeur de la **pression intra orale** sur l'occlusion de la consonne est de 4 hPa. L'**intensité** moyenne de la voyelle est de 72.5 dB. Le **débit d'air oral** moyen de la voyelle est de 0.14 dm³/s. Efficacité glottique est de 21 (Intensité/PIO) et le rendement laryngien est de 15 (Intensité/PIO x Débit). La résistance glottique est de 3.5 (Débit/Pression).

Ces résultats montrent une activité laryngienne globalement plus faible que dans l'exemple précédent associée à une résistance plus forte.

Références

1. Browman, & C., Goldstein, L., « Articulatory gestures as phonological units », *Phonology*, vol. 6, 1989, 201-251.
2. Demolin, D., « Dynamique des systèmes phonologiques- Aspects formels et expérimentaux », *XXIIèmes Journées d'Etude sur la Parole de la Société Française d'Acoustique*, Martigny, 15-19 Juin 1998, 53-70.
3. Gröne B. Physiologische, aerodynamische und akustische Verfahren in der Dysarthriediagnostik. In: Ziegler W, Vogel M, Schröter-Morasch H, Gröne B (Hrsg.): *Dysarthrie*. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme, 2002, 73
4. Jiang J, O'Mara T, Chen H. J, Stern J. I, Viagos D, Hanson D. Aerodynamic measurements of patients with Parkinson's disease. *Journal of Voice*, 1999, 13, 583-591.

5. 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.
6. Teston, B., " A new air flowmeter design for the investigation of speech production", *Proc. Eurospeech 3*, European. Speech Communication Association, Berlin, September, 1993, 405-409.
7. Teston, B. L'observation et l'enregistrement des mouvements dans la parole : Problèmes et méthodes. ORAGE (1998 décembre 9-11 : Besançon). In Santi, S.; Guaitella, I.; Cavé, C., Konopczynski, G. (eds.) *Oralité et Gestualité. Communication multi-modale, interaction*. Paris: L'Harmattan. 1998, p. 41-58.
8. 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.
9. Warren D. W, Rochet . P, Hinton V. A. Aerodynamics. In: McNeil M. R. (ed.): *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders*. New York: Thieme 1997, 81.