

ETUDE AERODYNAMIQUE DU SOUFFLE PHONATOIRE UTILISE DANS LA LECTURE D'UN TEXTE EN FRANCAIS

Bernard TESTON et Denis AUTESSERRE

Institut de Phonétique de l'Université de Provence 1
U.A. 261 du CNRS, Aix-en-Provence, France

RESUME

La respiration vitale comporte une alternance de phases d'inspiration et d'expiration qui se produisent avec des durées et des amplitudes bien connues.

Comment la respiration est-elle modifiée chez un sujet soumis à une tâche de lecture ?

Les résultats obtenus montrent que la répartition des pauses respiratoires est en grande partie guidée par la ponctuation du texte.

Quelles sont les nouvelles relations qui s'établissent entre les durées et les volumes d'air des phases successives d'inspiration et d'expiration ? Nos résultats démontrent plutôt un contrôle souple qu'atteste une grande plasticité d'adaptation du système respiratoire aux contraintes d'organisation linguistique de l'énoncé.

INTRODUCTION

L'étude instrumentale des phénomènes aérodynamiques mis en jeu lors de la respiration et modifiés lors de la production de la parole, s'inscrit en France dans une longue tradition, plus que centenaire, jalonnée par les travaux d'Etienne MAREY, de l'abbé ROUSSELOT, de Marguerite DURAND et de Georges STRAKA. La présence, à la Faculté d'Aix, d'un kymographe acquis par Georges LOTE, a permis, dès la création d'un enseignement de phonétique expérimentale par Georges FAURE et Mario ROSSI, d'initier plusieurs générations à la recherche en phonétique physiologique. Dans un passé plus récent, la mise au point d'appareils de plus en plus perfectionnés nous a conduit à entreprendre de nouveaux travaux, avec une orientation plus quantitative, mais concernant toujours les modifications à court terme des phénomènes aérodynamiques : variations des débits d'air buccal et nasal, pression intra-orale (1).

La réalisation, toute récente, à l'Institut de Phonétique d'Aix, du dernier pneumotachographe appelé "Aérophonètre III" élargit notre champ d'investigation aux phénomènes aérodynamiques de plus grande extension temporelle, plus directement en relation avec la ventilation pulmonaire : débits et volumes d'air inspirés et expirés lors de la respiration en phonation, durées relatives des prises d'air et des groupes de souffle (2).

Avant même d'entreprendre une analyse détaillée de la parole spontanée, but essentiel de ce programme de recherches, il nous a paru plus prudent, dans un premier temps, d'éprouver les possibilités de l'appareillage nouveau, en partant de l'étude de plusieurs lectures à haute voix d'un même texte : les marques de ponctuation y constituent autant de jalons susceptibles d'orienter le nombre et la répartition des prises de souffle. Nous aurons, alors, à répondre à trois questions essentielles :

1. Quelles sont, par rapport à une respiration calme, les modifications de durée, de débit et de volume apportées aux phases successives d'inspiration et d'expiration, pendant la lecture d'un texte suivi ?
2. Cette réorganisation de la ventilation pulmonaire est-elle dépendante, et jusqu'à quel point, de l'organisation linguistique et du contenu du texte ?
3. Par là-même, et en dépit de la variabilité interindividuelle, est-il possible de prévoir les besoins en souffle nécessités par la lecture de ce texte ?

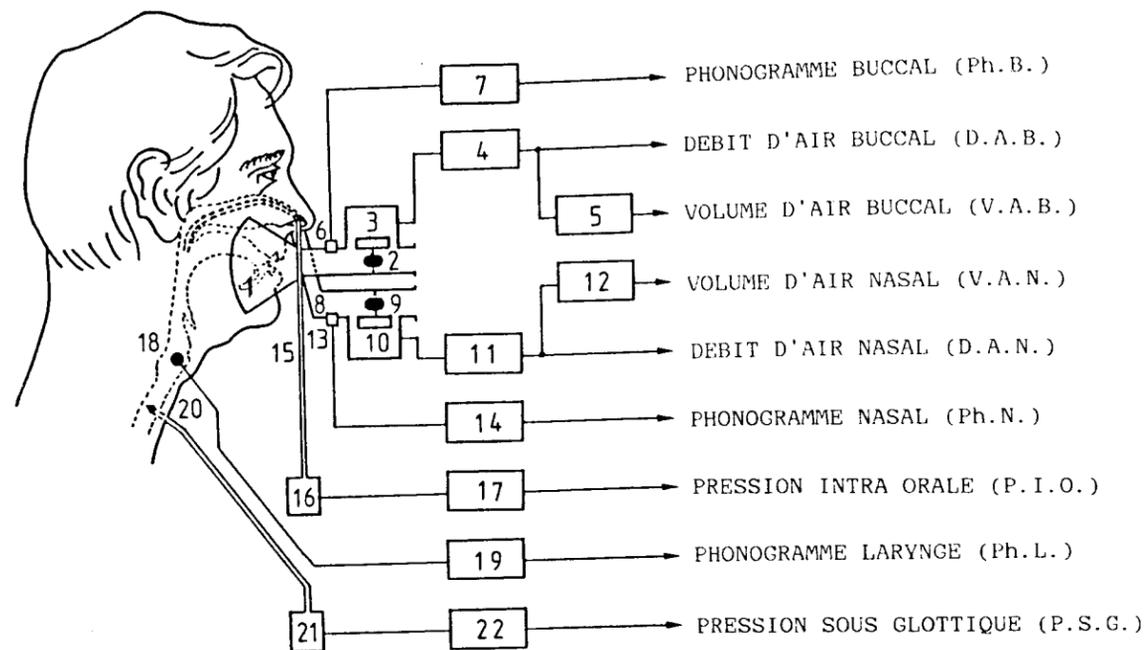
Nous n'avons pas la prétention de fournir des réponses définitives à ces questions : nous apportons plus simplement des résultats, ayant trait au français, et susceptibles de s'ajouter à ceux déjà obtenus pour d'autres langues (3) et (4). Ainsi, nous contribuerons à améliorer la connaissance des processus de production du langage articulé, dont les phénomènes aérodynamiques constituent le point de départ obligé : au commencement était le souffle !

PROCEDURE EXPERIMENTALE CHOIX DES CRITERES D'INTERPRETATION

1. - Appareillage et paramètres enregistrés

L'aérophonètre III (Fig. 1) se distingue des autres pneumotachographes utilisés dans les études de la respiration par sa très faible constante de temps : ceci a pour effet de fournir une bonne définition des variations à court terme des débits et des volumes d'air pendant la phonation.

De plus, et contrairement à la procédure habituellement suivie, les signaux aérodynamiques buccaux et nasaux ont été recueillis séparément à la sortie des orifices correspondants (Fig. 1). Ils sont donc représentés sur des lignes différentes lors de leur enregistrement oscillographique (Fig. 2). Ainsi, on recueille le débit d'air buccal (DAB) - ligne 1 -



1. Embouchure buccale. - 2. Pneumotachographe buccal. - 3. Capteur de pression buccale (+- 2 mB). - 4. Conditionneur du signal du débit d'air buccal (DAB). - 5. Intégrateur du volume d'air buccal (VAB). - 6. Microphone buccal. - 7. Conditionneur du signal du phonogramme buccal. - 8. Conduit de prélèvement nasal. - 9. Pneumotachographe nasal. - 10. Capteur de pression nasal (+- 2 mB). - 11. Conditionneur du signal du débit d'air nasal (DAN). - 12. Intégrateur du volume d'air nasal (VAN). - 13. Microphone nasal. - 14. Conditionneur du signal du microphone nasal. - 15. Sonde nasale de prélèvement de la pression intra-orale (PIO). - 16. Capteur de pression intra-orale (+- 70 mB). - 17. Conditionneur du signal de pression intra-orale. - 18. Laryngophone. - 19. Conditionneur du signal du larynx. - 20. Sonde trachéale de prélèvement de la pression sous-glottique (PSG). - 21. Capteur de pression sous-glottique (+- 70 mB). - 22. Conditionneur du signal de pression sous-glottique.

Figure 1

et le volume d'air buccal (VAB) expiré (VABE) - ligne 2 - ou inspiré (VABI) - ligne 3 - à l'aide d'une embouchure buccale souple, spécialement adaptée à la morphologie faciale de chaque locuteur. D'autre part, deux embouts, introduits dans les orifices narinaires, assurent l'enregistrement du débit d'air nasal (DAN) - ligne 5 - et des volumes d'air nasal (VAN) expiré (VANE) - ligne 6 - ou inspiré (VANI) - ligne 7 -.

Les signaux acoustiques sont captés à l'aide d'un microphone placé à l'intérieur de l'embouchure buccale : le phonogramme buccal correspondant (Ph.B.) - ligne 4 - permet la délimitation temporelle des séquences phoniques (la vitesse de défilement est de 50 mm/s).

En plus de cet enregistrement oscillographique, deux enregistrements magnétiques simultanés sont conservés sur les deux pistes d'un magnétophone Revox : le "son buccal" et le "son laryngé". Ce dernier est recueilli à l'aide d'un laryngophone (en vue d'analyses ultérieures de la courbe mélodique).

2. - Sujets et corpus

Dix sujets adultes, cinq hommes et cinq femmes, dont l'âge est compris entre 25 et 45 ans, ont été enregistrés. Une fois les embouchures buccale et nasales mises en place, il leur est demandé de se

relaxer au maximum puis d'effectuer plusieurs cycles de respiration calme (RC). Lorsqu'ils se sentent tout à fait détendus ils peuvent aborder la lecture à haute voix d'un passage du roman de Claude Simon "La route des Flandres" (Editions de Minuit, 1960, p. 63). Ils terminent l'épreuve en revenant graduellement à leur respiration calme. L'extrait choisi comprend deux longues phrases séparées par un point : "Ils regardèrent le cheval ... retroussées. Il n'y avait que l'œil ... humide". A l'intérieur de ces deux phrases le lecteur est en partie guidé par la présence de deux points après "écumé" et de virgules à l'intérieur des phrases principales. Ces virgules individualisent des membres de phrase encore trop longs et le lecteur sera conduit à ménager des pauses et des prises de souffle supplémentaires, en dehors de ces marques de ponctuation. Ceci va introduire une assez grande diversité dans les lectures (cf. plus bas : résultats), chaque sujet ayant à répéter le texte cinq fois et toujours dans les mêmes conditions, précédé et suivi de cycles de respiration calme.

Les sujets sont convoqués, à quelques jours d'intervalle, pour réaliser plusieurs respirations profondes (RP) d'abord à leur convenance, puis à la demande et, successivement : buccale, nasale, nasobuccale (inspiration par le nez, expiration par la

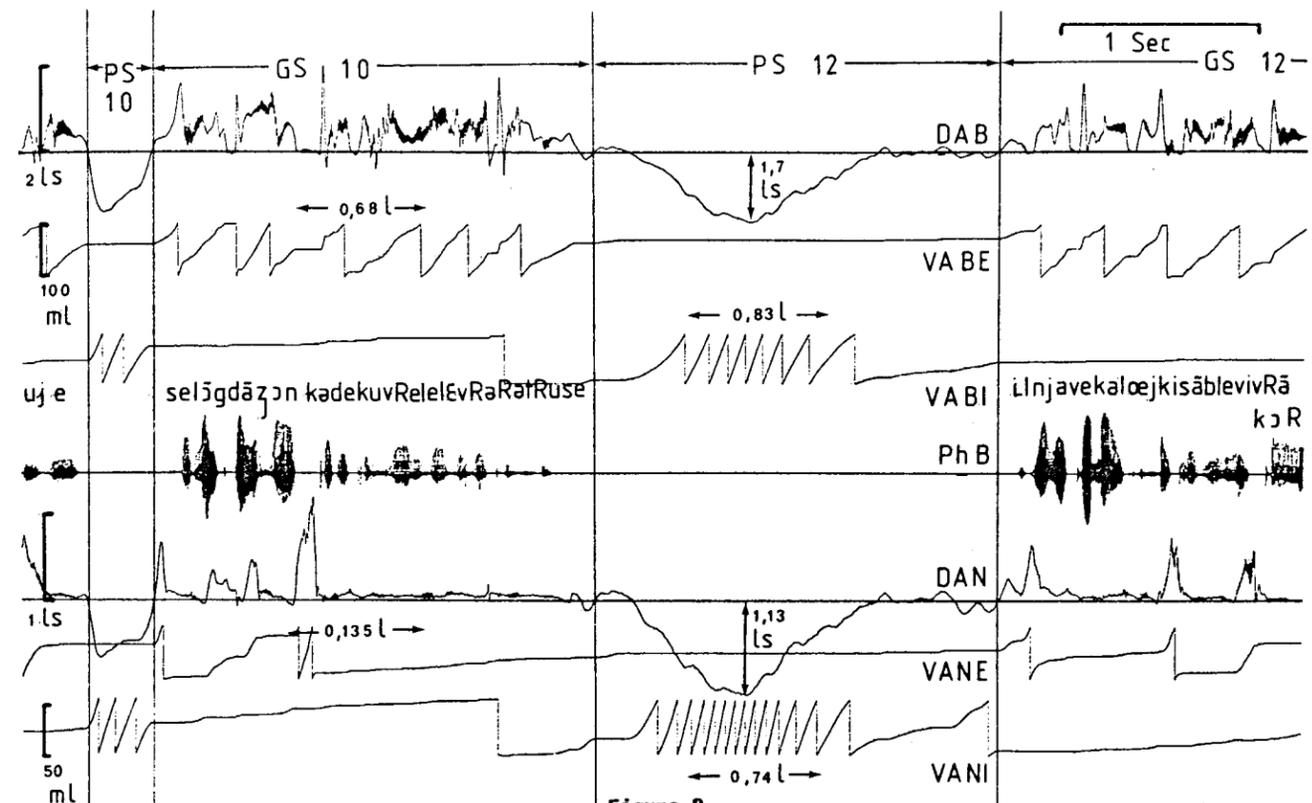


Figure 2

bouche). Enfin, une dernière épreuve consiste à prendre une inspiration forcée puis à émettre la voyelle /a/ tenue à intensité et hauteur constantes, pendant toute la phase d'expiration. L'expérience est répétée dix fois, seuls les meilleurs résultats sont pris en compte. Ils permettent de déterminer la capacité vitale en phonation (CVP) et le temps maximum de phonation (TMP).

3. - Dépouillement des données et mesures

3.1. - Délimitation temporelle :

La délimitation des phases alternées d'inspiration et d'expiration, lors de la respiration vitale (calme et forcée) ou en phonation, est effectuée à partir des lignes de base des tracés de débit d'air buccal et nasal (DAB et DAN). Ceci présuppose un bon repère des zéro correspondants. Lorsque l'expérience en phonation se poursuit plus longuement (lecture d'un texte ou parole spontanée), il est nécessaire de contrôler le zéro du DAB en se référant à de nouveaux repères tels que la partie finale de la tenue des consonnes occlusives non voisées (/p/ et /t/), de préférence en initiale de syllabe accentuée de type CV où V est une voyelle ouverte. De même, le zéro du DAN, plus difficile encore à stabiliser sera ajusté de proche en proche sur le tracé correspondant, durant la réalisation de séquences orales de type CV comportant des consonnes non voisées et des voyelles fermées telles /i/. Le début de toute phase d'inspiration, ou prise de souffle, est déterminé par la première inflexion des courbes de DAB ou DAN lorsqu'elles ne

est pas simultanées. La fin de la prise de souffle est définie par le dernier retour à zéro du DAB ou du DAN. Les phases d'apnée intercalées entre inspiration et expiration, sont prises en compte avec la phase d'expiration qui suit (puisqu'elles influencent le débit).

De nombreux problèmes de délimitations des groupes de souffle (GS) peuvent surgir lors de la respiration associée à la phonation. Il convient de distinguer soigneusement à partir du signal acoustique (Ph.B) le temps de phonation et le volume d'air exhalé correspondant, ainsi que les durées et les amplitudes des phases d'expiration. Ceci revient à isoler les segments silencieux à partir du signal acoustique aux bornes des groupes de souffle, et à repérer les pauses silencieuses internes, opération délicate en présence de consonnes ou d'agréments consonantiques non voisés.

3.2. - Mesure des paramètres temporels :

Nous procédons à des mesures manuelles opérées sur des segments précédemment isolés :

- Durées totales des phases d'expiration (TE) et d'inspiration (TI).
- Durées partielles des temps de phonation (TEP) et des pauses silencieuses (S).
- Durées qui s'écoulent entre le début de la phase d'inspiration et le moment d'inflexion maximale du DABI et du DANI, (TIMB) (TIMN).
- Durées totales des voyelles /a/ tenues : temps maximum de phonation (TMP).

3.3. - Mesure des paramètres aérodynamiques :

Deux séries de mesures sont effectuées manuellement. Celle des débits en litres/sec et celles des volumes en millilitres BTPS ("Body Temperature and Pressure Saturated" condition corporelle de température et de pression pour un gaz saturé en vapeur d'eau). Ceci pour tenir compte des facteurs de correction thermodynamique entre l'air inspiré et expiré (5).

Les débits sont :

- le débit d'air buccal inspiré (DABI) et expiré (DABE).
- le débit d'air nasal inspiré (DANI) et expiré (DANE).

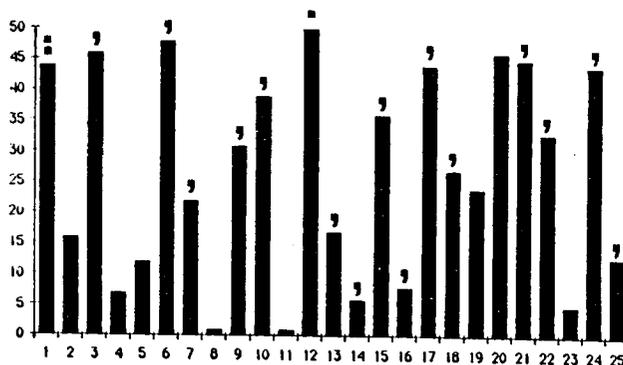
Les volumes sont :

- en fin de phase d'inspiration; volume d'air total inspiré (VATI) somme du volume d'air buccal inspiré (VABI) et volume d'air nasal inspiré (VANI).
- en fin de phase d'expiration; volume total expiré (VATE) somme du volume d'air buccal expiré (VABE) et du volume d'air nasal expiré (VANE).
- durant la phonation; volume total d'air expiré (VATEP) somme de VABEP et de VANEP.

ANALYSE DES RESULTATS

La répartition des pauses avec prises de souffle pour les 5 réalisations des 10 sujets se distribue comme suit :

"Ils regardèrent le cheval toujours étendu sur le flanc au fond de l'écurie (1), on avait jeté une couverture dessus (2) et seuls dépassaient ses membres raides (3), son cou terriblement long (4) au bout duquel pendait la tête (5) qu'il n'avait plus la force de soulever (6), osseuse (7), trop grosse (8) avec ses méplats (9), son poil mouillé (10), ses longues dents jaunes (11) que découvraient les lèvres retroussées (12). Il n'y avait que l'œil qui semblait vivre encore (13), énorme (14), triste (15), et dedans (16), sur la surface luisante et bombée (17), ils pouvaient se voir (18), leurs silhouettes déformées comme des parenthèses (19) se détachant sur le fond clair de la porte (20) comme une sorte de brouillard légèrement bleuté (21), comme un voile (22), une taie (23) qui déjà semblait se former (24), embuer le doux regard de cyclone (25), accusateur et humide".



La répartition des prises de souffle varie d'un sujet à l'autre mais également entre les cinq réalisations d'un même lecteur. Certaines pauses silencieuses ne deviennent jamais respiratoires, d'autres en revanche, se transforment en prises de souffle lors d'une nouvelle lecture. Les prises de souffle les plus fréquentes sont synchrones avec les marques de ponctuation. Lorsque celles-ci font défaut, les prises de souffle sont organisées sur des frontières syntaxiques. Il existe une hiérarchisation des prises de souffle, en fonction de leur durée, de leur volume, et de leur débit (rapport fort débit / durée brève). Les groupes de souffle suivis d'une importante prise d'air correspondent à leurs frontières des phases silencieuses d'expiration buccale et nasale.

L'étude des données aérodynamiques ne peut être menée qu'en comparaison avec la respiration calme. Chez tous les sujets elle fait apparaître une durée plus longue à l'expiration qu'à l'inspiration, ce qui caractérise une expiration freinée (5). La lecture fait apparaître les différences suivantes :

- La durée de l'inspiration se raccourcit dans un rapport de 1/2 à 1/20 de la RC.
- Le volume d'air inspiré VATI varie dans un rapport de 1 à 30, sa moyenne étant de la moitié de celui de la RC.
- La répartition VABI, VANI est dans un rapport moyen de 4 fortement variable d'un sujet à un autre.
- Les valeurs les plus fortes de débit sont corrélées avec la brièveté des prises de souffle.
- Toutes ces mesures laissent apparaître une très grande plasticité des volumes et durées des prises de souffle en relation avec les groupes de souffle des différentes réalisations, relations atténuées sur les durées restreintes. Nous nous proposons d'approfondir tout ceci dans un travail futur.

En conclusion, nous pouvons affirmer que les échanges respiratoires en cours de lecture sont fortement corrélés par la ponctuation et les marqueurs syntaxiques. En revanche on remarque une grande variabilité d'amplitude et de durée des prises de souffle, tant entre différents sujets, qu'entre les différentes réalisations d'un même sujet. Tout semble se passer comme si, le tempo étant fixé, les coordinations pneumo-phoniques se réalisent d'une manière très souple au gré de l'"humeur" de l'individu.

- (1) TESTON, B. et AUTESSERRE, D., "Réalisation d'une unité d'analyse polyphonométrique", CLOS, 5-6, Hommage à Georges Mounin, 415-437, 1975.
- (2) TESTON, B., "A system for the analysis of the aerodynamic parameters of speech : The Polyphonometer model III", Abstract of the 10th International Congress of Phonetic Sciences, Foris, Dordrecht, Holland, 457, 1983.
- (3) HORII, Y. and COOKE, P., "Some airflow volume and duration characteristics of oral reading", JSHR, 21, 470-481, 1978.
- (4) ANTHONY, J., "Breathing and speaking. The modifications of respiration for speech". Ph.D. Thesis, University of Edimburg, 1982, 386 p.
- (5) DEJOURS, P., Physiologie de la respiration, Flammarion, Paris, 3e éd. 1982, 315 p.