

INITIALISATION, ARRET ET VARIATION
DE FREQUENCE FONDAMENTALE DE LA VIBRATION LARYNGEE :
ETUDE ELECTROMYOGRAPHIQUE

B. Roubeau, G. Dassau, J. Lacau et C. Chevrier-Muller

INSERM, Laboratoire de Recherche sur le Langage
Paris, France.

ABSTRACT

In order to analyze the mechanisms of fundamental frequency controls, the electromyogram (EMG) of four laryngeal muscles (Cricothyroid and three strap muscles) was recorded, as well as the acoustic signal, in two subjects (one male, one female) producing ascending and descending tones (glissandi). The relationship between EMG activity patterns and frequency variations were described; in addition, the specific patterns related to the glissando's beginning and terminal part were analyzed. According to the different vocal events taken into consideration the EMG patterns of the four muscles were compared.

Les études électromyographiques des muscles laryngés corrélées avec la fréquence vibratoire sont nombreuses (2, 3, 6, 1). Celles consacrées aux "mouvements" de fréquence sont déjà plus rares de même que celles qui considèrent parallèlement l'activité de muscles intrinsèques du larynx et de muscles sous-hyoïdiens (5).

1. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Le protocole vocal comporte des variations de fréquences au cours de la réalisation sur la voyelle "O", d'une part, de glissandos ascendant puis descendant, et d'autre part descendant puis ascendant sans contrainte de hauteur limite ni d'intensité. La seule contrainte imposée aux sujets est le maintien de la tête dans une position aussi fixe que possible. Au cours de nos expériences, l'activité de 4

muscles a été enregistrée :

- le cricothyroïdien (CT), le thyroïdien (TH), le sternothyroïdien (ST) et le Sterno-cleïdohyoïdien (SCH).

La technique EMG employée est celle décrite par Hirose (5) utilisant des électrodes bipolaires implantées à l'aide d'aiguilles intramusculaires. Des tests non vocaux tels que la déglutition, l'ouverture de la bouche et l'inclinaison de la tête, permettent de vérifier l'emplacement des électrodes. Ces tests sont répétés plusieurs fois au cours de l'enregistrement, afin de vérifier le maintien en place des électrodes.

Les résultats provenant de deux sujets (une femme et un homme) parmi les 6 qui ont participé à l'expérience ont été retenus pour la stabilité des tracés fournis par les 4 muscles explorés et seront présentés ici.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

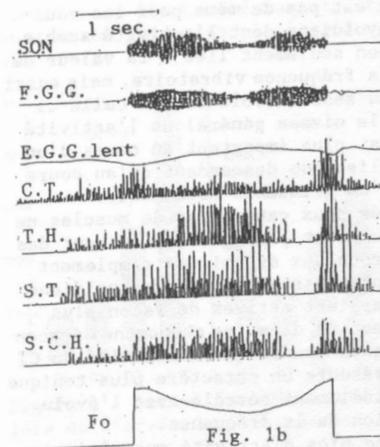
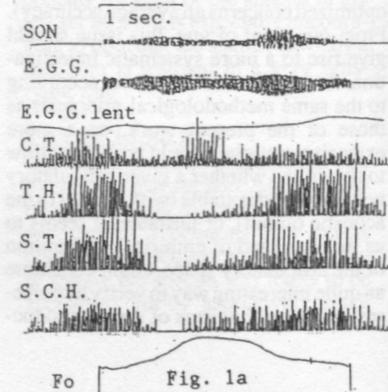


Figure 1 : Tracés EMG redressés des 4 muscles explorés ainsi que le signal acoustique, le signal électroglottographique (EGG) et la courbe mélodique a) Glissando ascendant et descendant, b) Glissando descendant puis ascendant. Sujet masculin CT, TH, ST et SCH. La courbe mélodique (en bas) représente l'évolution de la fréquence caractéristique d'un glissando.

L'activité EMG semble corrélée à plusieurs événements que nous analyserons séparément : la variation de fréquence, l'initialisation et l'arrêt de la vibration. Les mesures d'activité ont été effectuées sur les signaux redressés puis intégrés et lissés.

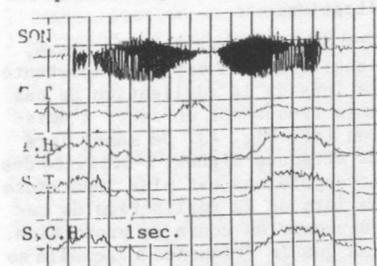


Figure 2 : Glissando ascendant puis descendant, sujet masculin, signal intégré.

On note une activité importante des sous-hyoïdiens lors de la réalisation des fréquences les plus

basses au début et à la fin de la production, de même qu'une activité importante du CT précédant la réalisation des fréquences les plus élevées. Les pics d'activité musculaire précédant les points d'inflexion de la courbe mélodique ont été relevés et moyennés. Pour le sujet masculin (DA), les activités EMG sont moyennées pour des valeurs de F_0 inférieures et supérieures à 200 Hz, et inférieures et supérieures à 300 Hz pour le sujet féminin (AH).

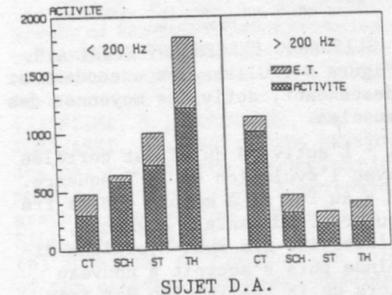
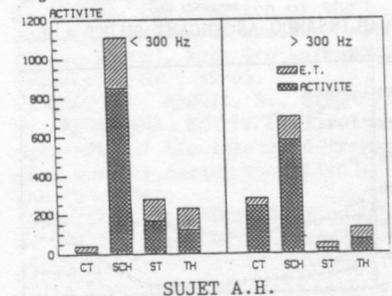
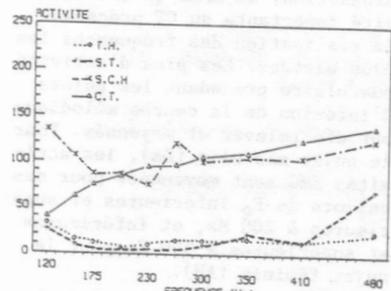


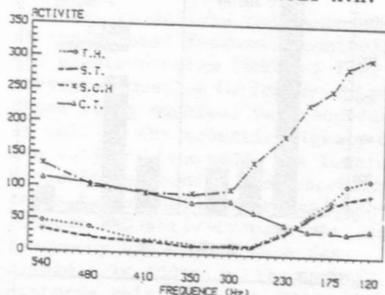
Figure 3 : Activités musculaires moyennes aux points d'inflexion de la courbe mélodique.

Ces résultats montrent l'importance de l'activité du CT lors de la réalisation des fréquences élevées et des sous-hyoïdiens lors de la réalisation des fréquences basses. Les courbes d'activité des muscles en fonction de l'évolution dynamique de la fréquence ont été réalisées à partir de moyennes effectuées sur 34 productions pour le sujet féminin AH et 28 pour le sujet masculin DA. Ces valeurs sont relevées après élimination des phénomènes d'ini-

tialisation et d'arrêt de l'émission.



GLISSANDO ASCENDANT SUJET A.H.



GLISSANDO DESCENDANT SUJET A.H.

Figure 4 : Glissandos ascendant et descendant, activités moyennes des muscles.

- 1 - L'activité du CT est corrélée avec l'évolution de la fréquence.
- 2 - Au fur et à mesure que la fréquence fondamentale augmente, l'activité des sous-hyoïdiens diminue puis s'accroît à nouveau lors de la réalisation des fréquences les plus élevées.
- 3 - De même, les glissandos descendants mettent en évidence au cours de la réalisation des fréquences élevées une activité non négligeable des sous-hyoïdiens. Celle-ci s'accroît considérablement lors de la réalisation des fréquences les plus basses. Il faut évidemment considérer le fait que l'anticipation de l'activité pour la réalisation d'une fréquence donnée est ici difficile à évaluer. L'activité du CT apparaît corrélée de manière relativement stable avec la fréquence fondamentale (glissandos ascendant et descendant sont assez bien symétriques). Il n'en

n'est pas de même pour les sous-hyoïdiens dont l'activité semble non seulement liée à la valeur de la fréquence vibratoire, mais aussi au sens d'évolution de celle-ci (le niveau général de l'activité est plus important au cours d'un glissando descendant qu'au cours d'un glissando ascendant). Ces deux catégories de muscles ne semblent pas agir ici suivant des processus dynamiques simplement antagonistes. Les sous-hyoïdiens seraient activés de façon plus massive dans les phénomènes descendants tandis que l'activité du CT présente un caractère plus tonique fidèlement corrélé avec l'évolution de la fréquence. Les pics d'activité musculaire précédant l'attaque ont été moyennés et regroupés en fonction de la hauteur du son au moment de celle-ci (cf. Fig. 1).

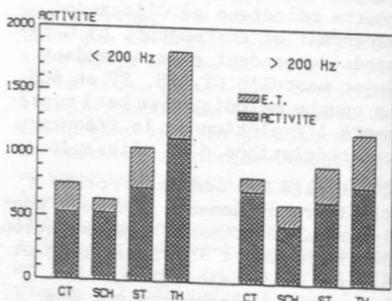


Figure 5 : Activité EMG moyennée lors de l'initialisation de la vibration.

Lors des attaques dans le grave, l'activité du CT est plus importante que lors de la réalisation de ces mêmes fréquences en cours d'émission (cf. Fig. 4). De même, lors des attaques aiguës, l'activité des sous-hyoïdiens est plus importante que lors de la réalisation de ces fréquences en cours de production. Bien que la fréquence à laquelle se produit l'initialisation ait une influence sur l'amplitude du tracé EMG (CT plus actif dans les attaques supérieures à 200 Hz et TH plus actif pour des attaques inférieures à 200 Hz), le phénomène d'initialisation lui-même provoque une globa-

lisation de l'activité musculaire suivant un processus plutôt phasique.

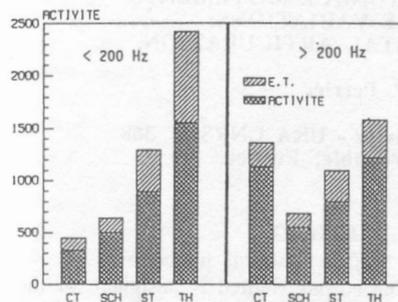


Figure 6 : Activités EMG moyennées lors de l'arrêt de l'émission.

On note ici une différence de comportement des deux sujets. Chez AH, l'activité lors de l'arrêt de l'émission demeure liée principalement à la fréquence vibratoire telle qu'on l'observe en cours d'émission. Par contre, chez DA, les arrêts dans l'aigu indiquent une forte activité des sous-hyoïdiens supérieure à celle que l'on observe en cours de production (cf. Fig. 4). Ce phénomène délicat à interpréter à partir de deux sujets peut être considéré comme une régulation de la fréquence ou des mouvements liés à son évolution grâce à un système d'"antagonisme" agissant sur les mobilisations générales du larynx.

Ces différentes observations sur l'initialisation et l'arrêt de l'émission mettent en évidence le caractère phasique de l'activité musculaire tandis que la régulation de la fréquence en cours d'émission est liée à une activité tonique, cette distinction est particulièrement nette au niveau du CT. Les différences entre les deux sujets semblent liées soit aux durées de réalisations des glissandos qui sont considérablement plus courtes chez le sujet masculin soit à l'utilisation de différents mécanismes vibratoires ou registres.

Dans tous les cas observés, les sous-hyoïdiens semblent fonctionner en synergie. Il ne faut pas négliger dans cette interprétation, la

possibilité d'un "parasitage" des signaux EMG entre eux du fait de la proximité des muscles. Cette étude confirme l'importance de la considération simultanée des muscles intrinsèques et extrinsèques du larynx lors de l'étude des variations mélodiques et de la distinction des événements mettant en jeu des activités musculaires de caractère tonique ou phasique.

3. BIBLIOGRAPHIE

- (1) FAABORG-ANDERSEN, K, SONNINEN, A. (1960) "The function of the extrinsic laryngeal muscles at different pitch", Acta Oto-Laryngol., Stockholm, 51 : 89-93.
- (2) GAY, T., HIROSE, H., STROME, M., SAWASHIMA, M. (1972) "Electromyography of the intrinsic laryngeal muscles during phonation", Annals of ORL.
- (3) HIRANO, M., VENNARD, W., OHALA, J. (1970), "Regulation of register, pitch and intensity of voice", Folia Phoniat., 22 : 1-20.
- (4) HIROSE, H. (1971). "Electromyography of the articulatory muscles : current instrumentation and techniques", Haskins Labs. RS-25/26, 73-86.
- (5) NIIMI, S., HORIGUCHI, S., KOBAYASHI, N. (1988). "The Physiological role of the sternothyroid muscle in phonation and electromyographic observation", Ann. Bull. RILP, 22 : 155-172.
- (6) SONNINEN, A. (1956). "The role of the external laryngeal muscles in length-adjustments of the vocal cords in singing", Acta Oto-Laryngol., Suppl. 130.