

UN MODÈLE BIOMÉCANIQUE POUR SIMULER LES DÉFORMATIONS ET LES MOUVEMENTS SAGITTAUX DE LA LANGUE

Yohan Payan¹ & Pascal Perrier²

1 : Laboratoire TIMC/IMAG - Inst. Albert Bonniot
Faculté de Médecine - Domaine de la Merci
La Tronche- France
email : Yohan.Payan@imag.fr

2 : Laboratoire ICP/INPG - Avenue Felix Viallet
Grenoble - France - email : perrier@icp.inpg.fr

INTRODUCTION

Parmi les actes chirurgicaux qui concernent les voies aériennes supérieures (VAS), beaucoup vont agir en partie sur la structure linguale. Par exemple, afin de traiter la pathogénie du syndrome d'apnées obstructives du sommeil (Pépin *et al.*, 1992), certains actes chirurgicaux visent à réduire le volume de la langue. La structure linguale doit également faire l'objet d'une intervention chirurgicale dans les cas de prognathismes mandibulaires (Bell, 1992), ou pour des nouveau-nés souffrant du syndrome de Pierre Robin (Robin, 1929).

Ces interventions étant, le plus souvent, délicates, lourdes à mettre en œuvre, et souffrant parfois d'un taux de réussite très moyen, il nous a semblé intéressant d'utiliser un outil de modélisation de la structure linguale, afin de simuler, d'analyser et de prédire les conséquences de ces actes chirurgicaux (Payan *et al.*, soumis).

Ce papier décrit la méthode que nous avons retenue pour développer le modèle biomécanique de l'articulateur lingual, ainsi que les principes utilisés pour animer le modèle, à partir des activations musculaires.

1. LE MODÈLE 2D DE LA LANGUE

La langue est un corps continûment déformable, pratiquement incompressible puisque majoritairement formé d'eau, dont l'évolution temporelle de la forme dépend d'une dizaine de muscles intrinsèques et extrinsèques. Nous nous sommes, dans un premier temps, limités à la description de la structure sagittale de la langue, en ne modélisant que les déformations engendrées dans le plan de profil de la tête. L'outil mathématique retenu pour rendre compte de l'élasticité et de la quasi-incompressibilité des tissus linguaux, a été la Méthode des Éléments Finis. Un ensemble de 63 nœuds, délimitant 48 éléments isoparamétriques (de quatre nœuds chacun), a ainsi donné corps au modèle (figure 1). La géométrie globale de cette structure (maillage à éléments finis + parois des VAS) a été adaptée aux contours mesurés sur une radiographie de profil du conduit vocal d'un patient. Les muscles principalement à l'origine des déformations linguales dans le plan sagittal (*styloglosse, génioglosse, hyoglosse, longitudinal supérieur et inférieur, vertical*) ont été modélisés par des macro-fibres agissant sur la structure à éléments finis. Les paramètres caractérisant les propriétés mécaniques de cette structure ont été choisis afin de modéliser la quasi-incompressibilité (taux de Poisson $\nu = 0.49$) et la résistance (module de Young $E = 15$ kPa) des tissus linguaux. Ces paramètres ont été validés en comparant les déformations engendrées par des efforts musculaires classiques (de 1 à 4 N), avec les déformations linguales observées chez le patient. La figure 1 montre les déformations engendrées sous l'action du muscle

styloglosse (recruté pour amener la langue vers la région vélaire).

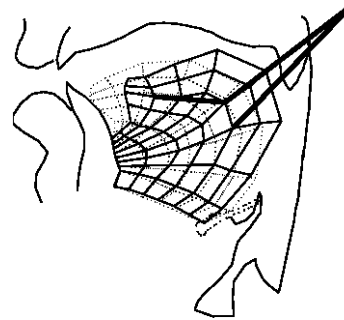


Figure 1 : Action du muscle styloglosse (macro-fibres en traits épais) - Pointillés : modèle en position de repos.

2. ANIMATION DU MODÈLE

Le contrôle du modèle suit "l'hypothèse du point d'équilibre" (Feldman, 1986), qui propose que le Système Nerveux Central contrôle le déplacement du point d'équilibre mécanique du système musculaire, d'une posture à une autre. La figure 2 montre un mouvement avant-arrière simulé selon ces principes.

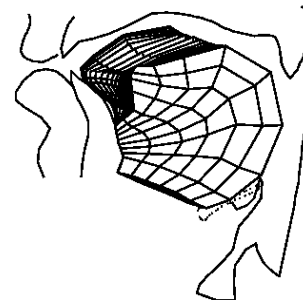


Figure 2 : Mouvement de recul de la langue

Ainsi, adapté aux caractéristiques anatomiques et mécaniques de la langue d'un patient souffrant d'un des syndromes évoqués plus haut, notre modèle pourra être intégré dans un dispositif de diagnostic pré et/ou opératoire.

RÉFÉRENCES

- Bell H. (1992). Modern practice in orthognathic and reconstructive surgery. Volume 3. WB Saunders company. Philadelphia 1992.
- Feldman A.G. (1986). Once more on the Equilibrium-Point hypothesis (λ model) for motor control. *Journal of Motor Behavior*, 18 (1), 17-54.
- Payan Y., Bettega G. & Raphaël B. (soumis). A biomechanical model of the human tongue and its clinical implications. First International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Interventions.
- Pépin J.L., Lévy P., Veale D. & Ferreti G. (1992). Evaluation of the upper airway in sleep apnea syndrome. *Sleep*, 15, S50-S55.
- Robin P. (1929). La glossoptose. Un grave danger pour nos enfants. Doin ed., Paris.