

Traitements Automatiques de Palatogrammes (Palatographie directe)

Carine Andre, Thierry Legou, Alain Marchal, Yohann Meynadier

Laboratoire Parole et Langage (UMR6057)

Université de Provence (Aix-Marseille I)

29 avenue Robert Schuman 13621 Aix en Provence Cedex 1, France
{carine.andre, thierry.legou, alain.marchal, yohann.meynadier}@lpl-aix.fr

ABSTRACT

Palatography has been widely used to investigate consonants articulation. This technique has however some drawbacks since its records the lingual palatine contact pattern and most often does not take into account the shape of the palatal fold.

This makes difficult palatine pattern comparison across speakers.

To alleviate this limitation we propose a method to obtain a more realistic information about the articulation which copes with individual morphological differences.

Keywords: static palatography, palate, image processing, tongue print, 3D.

1. INTRODUCTION

La palatographie statique à longtemps était un moyen privilégié pour l'étude des interactions langue/palais lors de la production de parole [1].

La méthode consiste à enduire la langue d'un mélange coloré, à demander au locuteur la production de parole étudiée (par exemple /na/), puis à analyser l'empreinte laissée par la langue sur le palais.

Dans le cas où la langue marque directement le palais, on parle de palatographie statique directe, dans le cas où un palais artificiel est mis en place avant la production de parole, puis retiré pour l'analyse de l'empreinte on parle de palatographie statique indirecte.

La palatographie statique a été largement utilisée pendant plus d'un siècle et ce dès 1850. Au début des années 60, les développements en l'électropalatographie [2][3] (qui permet l'étude dynamique des contacts langue/palais) ont contribué au recul de la palatographie statique. L'électropalatographie elle est dite dynamique car elle permet l'analyse au cours du temps des interactions langue/palais. Elle présente néanmoins certaines limitations :

- seuls les points du palais artificiel où sont placées les électrodes sont considérés, avec des limitations importantes pour l'étude des productions dentales notamment,

- la présence du palais artificiel peut représenter une gêne lors de la production acoustique,
- le coût associé à la fabrication des palais artificiels équipés d'électrodes peut être rédhibitoire, et très souvent limite le nombre de locuteurs recrutés pour l'étude.

La palatographie statique directe en revanche, permet une analyse de toute l'empreinte laissée par la langue sur le palais naturel avec un coût d'utilisation très modéré ce qui a permis par le passé des études portant sur un grand nombre de locuteurs [4].

Aujourd'hui l'analyse des empreintes est principalement qualitative, on dit par exemple, d'une production « qu'elle est plutôt vélaire ou vélaire/alvéolaire, sans asymétrie notée ». Nous proposons un outil d'analyse de photographies numériques de palais (palatogrammes) qui permet d'extraire les caractéristiques de l'empreinte laissée par la langue sur le palais. Le fait de disposer de caractéristiques géométriques de l'empreinte permet d'envisager des comparaisons intra et inter locuteurs.

Les palatogrammes (photos de palais) présentent tous un biais introduit par la méthode elle-même. En effet l'analyse porte sur la photographie (2D) d'un palais qui n'est pas plat, on parle d'ailleurs de voûte palatine pour décrire sa concavité. Afin d'estimer la surface réelle de contact entre la langue et le palais, les palatogrammes sont corrigés grâce à une mesure sans contact du profil du palais de chaque locuteur.

2. LES CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPREINTE

Avant de présenter le dispositif expérimental, intéressons nous aux caractéristiques de l'empreinte qui pourraient renseigner sur l'articulation du locuteur. On peut distinguer deux types de caractéristiques géométriques qui permettent de décrire les appuis de la langue sur le palais :

- la forme de l'empreinte,
- la position de l'empreinte sur le palais.

2.1. La forme de l'empreinte

La surface de contact est un élément essentiel pour décrire l'empreinte. On s'intéresse également à sa répartition de part et d'autre de l'axe sagittal (symétrie droite/gauche) et par rapport à l'axe coronal (symétrie antéro/postérieure) qui renseignent sur sa forme.

2.2. La position de l'empreinte

La position de l'empreinte sur le palais est décrite grâce aux maxima et aux étendues selon les axes X et Y (cf Figure 1), mais aussi grâce aux barycentres suivant ces deux axes.

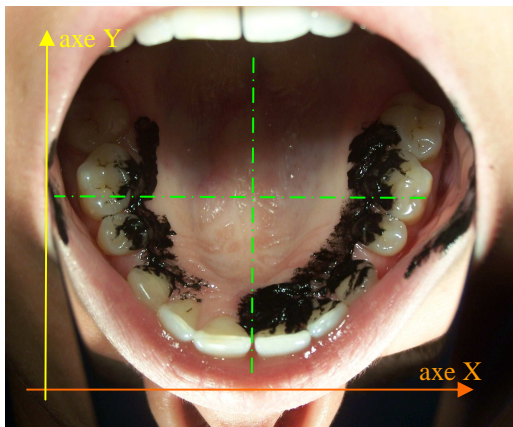


Figure 1 : Exemple de Palatogramme avec axes XY

3. DISPOSITIF INSTRUMENTAL

La description du dispositif instrumental concerne la prise du cliché proprement dite, l'intervention de l'utilisateur pour la pose de marqueurs ainsi que les différents traitements proposés par le logiciel d'analyse.

3.1. La prise de photo

Le banc utilisé pour la prise de photo est conforme à celui décrit proposé par Anthony [5]. Nous l'avons légèrement adapté (voir Figure 2) en ne conservant que le miroir principal, placé dans la cavité buccale et en ajoutant le système de projection de grille (système 3D voit §4).

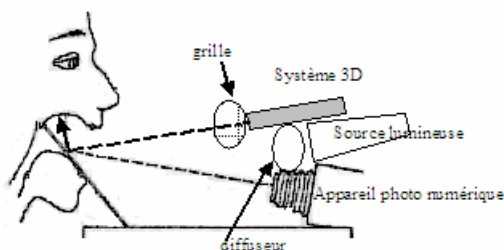


Figure 2 : Banc de prise de vue (adapté d'après celui décrit par Ladefoged, 1957)

Les reflets sur le palais (liés notamment à la source lumineuse) représentent une difficulté lors de l'analyse

automatique des palatogrammes. En effet l'empreinte de langue est noire alors que les reflets (sur l'empreinte) sont clairs. Pour limiter ces reflets nous avons testé avec succès l'utilisation d'un diffuseur de lumière ainsi que celle d'un filtre polarisant devant l'objectif de l'appareil photo. L'effet des reflets qui pourraient subsister malgré ces précautions est réduit par traitement numérique lors de l'analyse des clichés.

Le grossissement sélectionné pour la prise de vue à un impact direct sur la précision des mesures. Cette dernière est néanmoins bien supérieure à nos besoins puisque une photo numérique classique de 1932 x 2576 pixels représentant un champ de 200 x 300 mm (bien plus grand que l'ouverture de la bouche) permet d'obtenir une résolution spatiale de 160 x 160 μm . Afin d'avoir systématiquement une trace du grossissement utilisé pour la prise de vue, une mire est posée en permanence sur le miroir. Ceci permet une calibration de la surface du pixel.

Avant la pose de marqueurs, la photo du palais est convertie (si nécessaire) au format BitMaP (BMP) et sa palette éventuellement réduite à 256 couleurs. Après avoir recensé les couleurs présentes sur le cliché, si un pixel est de même couleur que celle réservée aux marqueurs, sa couleur est automatiquement modifiée. Cette « translation de couleur » est imperceptible à l'œil tant la couleur de remplacement est proche de la couleur initiale.

3.2. Les marqueurs

Dans l'état actuel de l'outil, l'unique intervention de l'utilisateur avant l'analyse d'image concerne le placement de trois marqueurs (un sur les faces postérieures de chaque molaire, et un placé entre les incisives). Une fois ces marqueurs posés, la suite du traitement jusqu'à la production des résultats est automatique. Afin d'éliminer le positionnement manuel de ces marqueurs, l'utilisation de marqueurs lumineux pendant la prise de photo est en cours de test.

En s'appuyant sur ces trois points de repère, un zonage du palais est alors calculé (voir Figure 3).

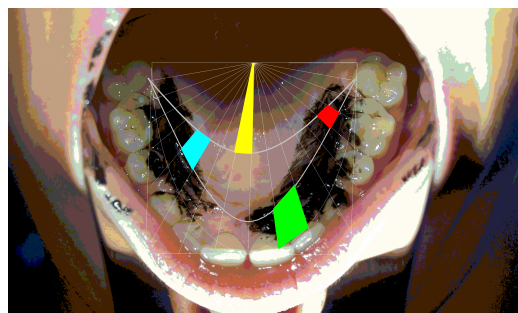


Figure 3 : Vue d'un palatogramme avec zonage et sélection de trois zones (ou cellules).

Ce zonage en « rapporteur » est préféré à celui initialement envisagé qui considérait comme délimiteur de zones, les points de contact entre les dents. Il est possible de le définir aisément et n'est pas sensible à d'éventuelles

particularités dentaires (présence de prémolaires ou dents de « sagesse »). Enfin, avec ce zonage, l'utilisateur ne pose que trois marqueurs alors qu'il en aurait 17 à poser dans le cas d'un zonage anatomique.

Ce zonage du palais est à superposer à celui proposé par Lenz en 1888 [6] qui distingue 6 régions différentes : alvéolaire, palatales (pré, médio, post) ainsi que deux régions vélares (pré et post). A ce découpage initial de Lenz qui sert de base à de nombreuses études, il convient de rajouter la zone dentale indispensable lorsque l'on s'intéresse aux articulations pour lesquelles la langue vient prendre appui sur les incisives et les canines.

Le découpage de Lenz est tout à fait indiqué dans le cas d'études qualitatives, mais notre approche métrologique nécessite des « points d'ancrage » que sont les trois marqueurs présentés ci-dessus.

3.3. Les traitements

Une fois le zonage effectué les traitements proposés reposent essentiellement sur du comptage de pixel. Il est possible en fonction des besoins de l'étude de préciser par cellule:

- le barycentre des pixels touchés,
- la surface touchée par rapport à la surface totale de l'empreinte,
- de dégager un patron moyen (en sur N productions),
- en associant les cellules, de vérifier la symétrie avant/arrière et gauche/droite de la production.

D'autres traitements sont envisagés (toujours basés sur le comptage de pixels) comme le mode histogramme par cellule ou bien le long d'un axe défini par l'utilisateur. L'observation de plusieurs clichés a montré qu'il est possible de repérer les zones de léger contact entre la langue et le palais. En effet ces dernières présentent une couleur différente de celle associée aux appuis marqués.

4. LE MODULE 3D

Il nous semble important de connaître le profil de la voûte palatine afin d'estimer au mieux la surface de contact langue/palais. En plus de permettre une mesure plus précise de l'interaction langue/palais, pouvoir mesurer le profil de ce dernier laisse envisager le recrutement de locuteur avec des palais atypiques (larges, étroits, voûtés, plats) afin de vérifier si les appuis linguo-palataux sont conditionnés par la forme de la voûte. Notons que Ladefoged déjà en 1957, conscient que la projection 2D inhérente à la prise de photo ne rendait pas toujours compte de la courbure du palais et introduisait un biais dans l'analyse des empreintes, préconisait un moulage du palais coupé suivant l'axe sagittal afin d'en relever le profil.

4.1. Le principe

Le principe retenu pour la mesure du profil du palais, repose sur la projection d'une lumière structurée (grille) sur le palais. Les déformations de la grille projetées sont proportionnelles à la non planéité de la surface de projection (voir Figure 4).

Cette mesure non invasive et sans contact est à réaliser une fois par sujet. Les relevés 3D sont ensuite stockés et utilisés pour affiner les calculs de surface de contact langue/palais.

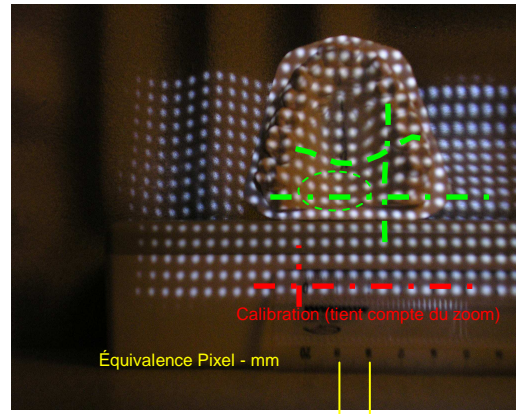


Figure 4 : Vue d'une projection sur une empreinte de palais.

Sur la figure ci-dessus on note que les lignes et colonnes (de la portion de la grille) projetées sur une surface plane (le support) ne sont pas déformées. Au contraire celles projetées sur la voûte palatine sont d'autant plus déformées que la concavité de la voûte est importante.

Cette technique simple à mettre en oeuvre peut poser des problèmes de reconstructions lorsque la surface sur laquelle on projette, présente des concavités ainsi que des convexités. La voûte du palais étant concave la reconstruction du profil ne pose pas de problème particulier. Des essais de validation ont été effectués sur des formes géométriques connues (par exemple un cylindre) et ont été concluants.

5. PERCEPTIVES

Les tests effectués jusqu'à présent ont révélé l'intérêt de la méthode. Le prochain test avant l'utilisation de cet outil dans le cas d'une étude de phonétique, consiste à réaliser quelques productions sur palais artificiels (palatographie statique indirecte) et à comparer les caractéristiques de l'empreinte mesurées sur le palais encore en bouche, et celles mesurées sur le palais posé sur un plan de travail. Cette première étape permet de valider que sont bien pris en compte et corrigés les deux projections successives ; celle du palais sur le miroir et celle du miroir sur l'objectif de l'appareil photo.

Enfin, avant la mise à disposition de ce système pour la communauté il nous reste à développer une interface pour l'utilisateur qui permettra d'effectuer aisément la pose de

marqueurs, la sélection des traitements souhaités ainsi que l'analyse des photos et leur archivage.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. MARCHAL. *La palatographie*, Paris: Editions du CNRS (Collection Sons et Paroles), p 31, 1988.
- [2] Y.I KUZMIN. « *Mobile palatography as a toll for acoustic study of speech sound* ». Proc. 4th International Congress Acoustic. Compenhagen: 1-3.
- [3] W.K KYDD & D.A BELT« *Continuous Palatography*». Journal of speech and Hearing Research, 29:489-494.
- [4] G. WITTING. « *New techniques of palatography*». Studia Lignuistica, 7:54-68..
- [5] J.K ANTHONY. "New method for investigating tongue positions of consonants" S.T.A Bull oct-nov 2-5.
- [6] R. LENZ."Zur Physiologie und Geschichte der Palaten", Phonetica 15:219-242, 1888.
- [7] G. STRAKA L'album phonétique, PUL Quebec, 1965.