UNIVERSITE DE NANTES
UNIVERSITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année : 2013 Thèse N°

ETUDE DU COULOIR PROTHETIQUE AU TRAVERS DE LA PHONETIQUE

Thèse pour le Diplôme d'Etat de
Docteur en chirurgie dentaire

Présentée et soutenue publiquement par

Andréa SAMPIETRO
Née le 1er novembre 1984

Le 17 Septembre 2013 devant le jury ci-dessous :

Président : Professeur Bernard GIUMELLI
Assesseur : Docteur Stéphane RENAUDIN
Assesseur : Docteur Bertrand BOUETEL
Directeur : Docteur François BODIC

Remerciements

Monsieur le **Professeur Bernard GIUMELLI**

Professeur des Universités
Praticien hospitalier des centres de soins d'enseignement et de recherches dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Habilité à diriger des recherches
Département de Prothèse

Merci de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.
Veuillez recevoir ma gratitude pour votre disponibilité, et l'enseignement que vous prodiguez à vos étudiants.

Monsieur **François BODIC**

Maître de Conférences des Universités
Praticien hospitalier des centres de soins d'enseignement et de recherches dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Habilité à diriger des recherches
Département de Prothèse

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'encadrer cette thèse.
Veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements.

Monsieur **Stéphane RENAUDIN**

Maître de Conférences des Universités

Assesseur de la faculté de Chirurgie Dentaire de Nantes

Praticien hospitalier des centres de soins d'enseignement et de recherches dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à diriger des recherches

Département d'Orthopédie Dento-Faciale

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer au jury de cette thèse.
Veuillez trouver ici l'expression de ma sincère gratitude pour m'avoir transmis votre intérêt pour l'orthopédie dento-faciale au cours de mes années d'études.

Monsieur **Bertrand BOUETEL**

Ancien assistant hospitalo-universitaire
Praticien hospitalier attaché, chargé de cours universitaires
Docteur de l'Université de Nantes
Département des Sciences Anatomiques

Veuillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse.
Merci aussi pour m'avoir transmis votre intérêt pour l'occlusodontie, ainsi que pour l'aide bienveillante que vous m'avait apportée lors de mes premiers pas dans l'élaboration de cette thèse, et jusqu'à son aboutissement.

Merci à tous ceux qui m'ont influencé lors de mes études universitaires :

Merci aux enseignants de la fac de Nantes dont je garderai le meilleur souvenir :
En premier lieu Dr Sylvie Dajean-trutaud, qui m'a tant aidé et appris, à la fois par la pédagogie de son enseignement, mais surtout grâce à ses qualités de cœur qui font d'elle un magnifique soignant et surtout une magnifique personne. Dans son sillage, je remercie le Dr Elisabeth Roy.
Je remercie également le Pr Laboux, pour son enseignement et son ouverture sur le monde.
Enfin je remercie le dynamisme et la gentillesse du département de Chirugie Buccale, avec les docteurs Tony Gouré, Sylvain Leborgne, Afchine Saffarzadeh et Christophe Margottin.

Merci aux docteurs Champsaur Christelle et Pierre, qui m'ont transmis leur passion pour ce métier.

Merci à toute l'équipe du cabinet d'Echiré, qui m'a accueillie, soutenue, encouragée, et qui me permet d'exercer cette profession que j'aime tant.
J'ai hâte de vous retrouver.

Merci à toute ma team :

Parce que cette longue aventure ne se serait jamais terminée sans eux et leur soutien, je tiens à remercier :

Ma famille : mamie lulu, papa, maman, Danielle.

Mes amies, indispensables complices de toujours et indissociables de ma réussite : Claire, Mathilde, Stéphanie, Dorothée, krystell, la liste n'est pas exhaustive, je vous embrasse toutes très fort.

Ma filleule Lalie et mon filleul Paul-Emile. Je leur souhaite tant de bonheur dans leur parcours à venir.

Mes aides précieuses Christiane et Olivier.

Bruno, qui a dû supporter tous les désagréments liés à la réalisation de ce travail.

A ma sœur que j'aime plus que tout au monde

Sommaire

Remerciements II
Sommaire 1
I. Introduction 3
II. La piézographie 4
1. Historique 4
2. Définitions 5
- La piézographie analytique : 6
- La piézographie prothétique : 7
3. Indications et contre-indications de la piézographie 7
3.1 Les indications de la piézographie 7
- La piézographie analytique 7
- La piézographie prothétique 9
3.2 Les contre-indications de la piézographie 12
- Les contre-indications sont les mêmes pour les piézographies analytiques et prothétiques. 12
4. But 13
5. L'enregistrement de l'espace neutre 13
5.1 La dynamique musculaire modelante 13
5.2 Le matériau à empreinte modelant 14
6. Choix de la fonction modelante 15
6.1 La déglutition 15
6.2 La phonation 15
7. Confection de la prothèse piézographique mandibulaire selon la méthode phonétique 16
7.1 Empreinte préliminaire ou pré-empreinte 17
7.2 Construction d'une base rigide 18
7.3 Ajustage de la base 18
7.4 Préparation de la résine retard 18
7.5 Enregistrement de l'espace neutre en bouche 19
7.6 Transformation de l'enregistrement clinique en une maquette rigide 24
7.7 Détermination du plan d'occlusion 24
7.8 Prise de l'empreinte secondaire 26
7.9 Confection des clés vestibulaires et linguales 26
8. Confection de la prothèse piézographique au maxillaire selon la méthode phonétique 27
9. L'espace prothétique mandibulaire 27
10. Avantages et inconvénients de la piézographie 31
10.1 Avantages 31
- Augmentation de la stabilisation 31
- Augmentation de la rétention 32
- Avantages fonctionnels 33
10.2 Inconvénients 34
- L'esthétique 34
- Le temps 35
III. La phonétique 37

1. Définition 37
2. La phonation 37
2.1 Définition 37
2.2 Mécanisme de formation des phonèmes : consonnes et voyelles 37
➢ Les voyelles 37
➢ Les consonnes 41
2.3 La phonation comme fonction modelante du couloir prothétique 44
3. Phonation et application aux autres domaines odonto-stomatologiques 51
3.1 Phonation et orthopédie-dento-faciale 51
3.2 Phonation et prothèse maxillo-faciale 53
IV. Conclusion 54
Bibliographie 57
Table des schémas 61

I. Introduction

La piézographie est une technique d'exploration connue depuis longtemps. P. Klein est le premier à avoir adapté ce terme au domaine odontologique.

Nous verrons, dans un premier temps, comment cette technique a permis de définir et de modéliser le couloir prothétique.
Nous décrirons une séquence de réalisation de prothèses piézographiques.

Puis nous aborderons, dans un second temps, le domaine de la phonétique afin de comprendre pourquoi P. Klein a choisi de prendre la phonation comme fonction modelante du couloir prothétique et comment il a pu mettre en évidence des séquences de phonèmes utilisées dans le concept piézographique.

Enfin, nous montrerons le rôle de la phonation appliquée aux autres domaines odonto-stomatologiques.

II. La piézographie

1. Historique

Les techniques classiques d'empreintes apparaissent insuffisantes à certains auteurs. L'idée d'exploiter l'action de la langue et des joues sur l'extrados prothétique, afin d'obtenir une stabilité de la prothèse, principale motivation de la piézographie, n'est pas nouvelle. En 1728, Fauchard, père de la chirurgie dentaire moderne, disait :

« Nous devons tenir compte de la forme et du modelé des surfaces externes et internes des prothèses pour éviter de gêner la langue et les joues dans leurs fonctions. »

En 1800, Gardette établissait le fait qu'une prothèse pouvait être stabilisée grâce aux contractions involontaires et instinctives des muscles de la cavité buccale. Au début du XXème siècle, E.W. Fish poursuivait dans la même direction en disant que *« les contours extérieurs de la prothèse doivent représenter une suite de surfaces inclinées de telle sorte que l'activité musculaire assure la stabilité de la prothèse »* (16).

En 1966, Murphy poursuit des travaux dans ce domaine, parallèlement à ceux d'E.W. Fish, en étudiant la configuration des surfaces polies stabilisatrices.

Aujourd'hui, les travaux de P. Klein en France, Heath en Angleterre, Schwindling en Allemagne, Beresin et Schiesser aux Etats-Unis, convergent vers un même objectif : obtenir une stabilisation des prothèses mandibulaires grâce à l'utilisation de l'espace prothétique. De ce fait, on lie anatomie et physiologie pour obtenir une parfaite symbiose en adaptant la forme à la fonction. Le « pari prothétique » est de réaliser une prothèse sur laquelle viendront se lover la langue et la sangle orbicculo-buccinatrice, et d'orienter le plan occlusal mandibulaire afin que la prothèse se comporte comme un « repose langue » (8) avec un effet stabilisateur de la langue pour la prothèse.

2. Définitions

Etymologiquement parlant, piézographie vient du grec ancien :

-piézo, *piezein,* qui signifie presser

-graphie, *graphein,* qui signifie sculpter

La piézographie en médecine générale est une technique d'exploration du système cardiovasculaire, fondée sur l'étude de la tension intra-artérielle au cours des cycles cardiaques.

P. KLEIN est le premier à avoir apporté ce terme en odontologie.
La piézographie peut être définie comme la sculpture d'un matériau plastique, mis en bouche, par la pression des muscles.
Ce modelage résulte des pressions qui déterminent l'espace prothétique disponible au cours de la fonction et au repos. Il permet au patient d'exprimer des paramètres musculaires, articulaires, fonctionnels et esthétiques spécifiques. Ainsi, une prothèse issue d'une maquette piézographique permet au patient une plus grande liberté dans ses possibilités fonctionnelles quotidiennes.

Pour ses auteurs, la piézographie ne serait pas une technique mais un concept faisant partie d'une philosophie.
Mersel explique (31) que la plupart des prothèses mandibulaires réalisées par des techniques « classiques » sont perçues comme un corps étranger dans la cavité buccale, et mal intégrées par les patients. Ceci est la conséquence de la dysharmonie existant entre l'extrados prothétique et l'anatomophysiologie propre au cas. Dès lors, le praticien impose quelque chose qui ne correspond pas au patient. Mersel parle de « dictature prothétique ». En revanche, dans le concept piézographique, c'est le patient qui délivre, sous contrôle du praticien, la configuration exacte que doit prendre l'extrados prothétique puisque l'ensemble

de ces surfaces est la réplique du moulage piézographique que le patient produit par ses propres fonctions. Ainsi, la prothèse totalement en accord avec l'anatomie et la fonction du patient, est mieux intégrée. De plus, le système neuromusculaire, stimulé de manière adéquate par une prothèse s'inscrivant exactement dans l'espace prothétique, participe à sa stabilisation (13).

La prothèse piézographique :

C'est une prothèse dont le volume : dents, et surfaces polies (somme des surfaces internes et externes de la prothèse, y compris les parois vestibulaires et linguales des dents artificielles) se trouve à l'intérieur de l'espace piézologique.

L'espace piézologique :

C'est l'espace qui se situe entre la sangle buccinato-labiale et la langue. Il se modifie au cours de la vie, ainsi on peut distinguer trois types d'espaces :

-l'espace dentaire : chez le denté, c'est l'espace occupé par les dents et les tissus les englobant (os, muqueuse).

-l'espace neutre : chez l'édenté total, la zone neutre (**neutral zone**) est le lieu d'affrontement entre la langue et la sangle buccinato-labiale, où les pressions exercées par les deux masses musculaires s'annulent. C'est un volume virtuel dont les parois sont en collapsus, lorsqu'il n'y a pas d'interposition d'un matériau.

-l'espace prothétique : chez l'édenté total appareillé, la zone neutre dont les murs sont repoussés par les prothèses, prend un certain volume qui est l'espace prothétique.

Il existe deux formes de piézographies (25) :

- La piézographie analytique :

C'est l'étude de la pression exercée par les organes péri-prothétiques sur les structures sous-jacentes. Elle est caractérisée par le modelage du matériau plastique entre une surface active et une surface inerte.

- La piézographie prothétique :

Elle permet de déterminer l'espace prothétique mandibulaire et de construire une prothèse en rapport avec la dynamique des organes avoisinants. Le modelage se fait entre deux surfaces actives, la langue d'une part, et la sangle buccinato-labiale de l'autre.

3. Indications et contre-indications de la piézographie

3.1 Les indications de la piézographie

- La piézographie analytique

Elle est indiquée pour le contrôle de la position des surfaces polies et des éléments dentaires dans les zones prémolaires et molaires. Elle permet de vérifier si la prothèse existante s'inscrit correctement dans le couloir prothétique, et s'il est possible de l'améliorer par meulage. Cette technique ne peut s'appliquer qu'à des prothèses mandibulaires stables et rétentives au cours des fonctions auxquelles elles sont soumises (24).

L'étude de l'espace prothétique dans le domaine de l'implantologie (7), est une indication de piézographie analytique. F. Bari l'utilise pour objectiver l'espace prothétique et fixer l'emplacement des piliers de l'implant et de la prothèse qu'il doit supporter. Il déclare ne jamais entreprendre un implant chez un édenté total sans avoir fait au préalable une piézographie, permettant ainsi l'équilibre fonctionnel recherché de l'implant et de la prothèse.

De plus, la piézographie analytique est utile, après la pose des implants et des prothèses, pour contrôler et corriger jusqu'à un certain point les défauts de la prothèse portée par l'implant.
Elle permet également d'aider le praticien dans le choix du type d'implant à poser, en le renseignant sur le volume disponible en bouche pour réaliser la couronne sur implant. Il pourra adapter au mieux le pilier implantaire, puis éventuellement apporter quelques corrections sur la prothèse portée par l'implant, afin d'équilibrer les forces imposées sur la couronne par la lèvre ou la joue d'un côté et la langue, de l'autre.

J. Gambini, (18) en 1988, émet l'hypothèse suivante : centrer une prothèse supra-implantaire dans le couloir prothétique, c'est diminuer la résultante déstabilisatrice des forces horizontales qu'elle subit et qu'elle transmet inéluctablement à l'infrastructure implantaire. Or les forces horizontales sont les plus nocives pour le maintien de l'ostéointégration. Elle a donc tenté de visualiser si l'axe de la piézographie se prolongeait au niveau de l'axe de la section mandibulaire susceptible d'être implantée. Elle a réalisé une piézographie mandibulaire, où elle a placé des repères radio-opaques en vu d'examens radiologiques. Une téléradiographie de profil ainsi que des coupes scanners ont été pratiquées pour visualiser la section mandibulaire. Les résultats ont montré une concordance parfaite entre la piézographie et la zone d'implantation concourant à une répartition axiale des forces appliquées à l'implant.
La téléradiographie de profil est une technique simple et peu onéreuse pour visualiser le rapport dans le sens antéro-postérieur entre les puits radio-opaques (symbolisant l'émergence et l'orientation des implants) et l'os résiduel (figure 1a).

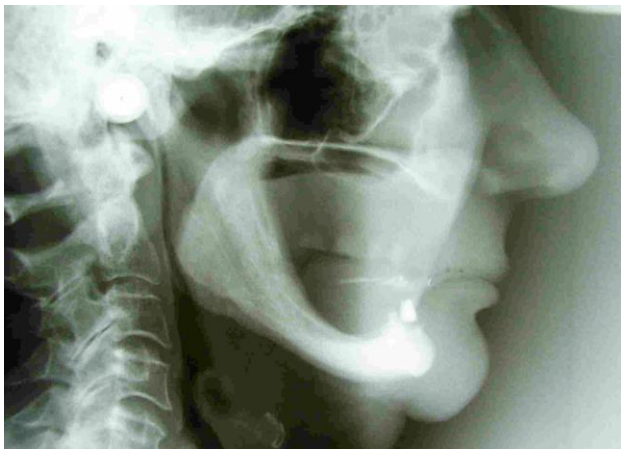


Figure 1 a : téléradiographie de profil avec le guide radiographique en place.

La téléradiographie de profil peut permettre de comparer le plan d'occlusion obtenu par la piézographie avec d'autres plans de référence tels que le plan de Camper, le plan de Francfort ou celui de Ricketts. En se basant sur des études céphalométriques, certains auteurs ont pu valider le plan d'occlusion piézographique.

La maquette piézographique pourra donc aisément faire office autant de guide radiologique que de guide chirurgical pour décider de l'incidence et de l'orientation des forages implantaires lors de la phase chirurgicale (18).
La piézographie est par conséquent en implantologie un élément essentiel de diagnostic à joindre au dossier préopératoire, à côtés des bilans organiques, radiologiques et psychiques.

- La piézographie prothétique

La piézographie prothétique s'applique de préférence à l'édenté total présentant une résorption importante, et dont les crêtes sont minimes, nulles ou négatives. (Crêtes de niveau III ou IV de Landa (**figure 1b**) ou crêtes de niveau V ou VI de Atwood).

Selon P.Klein *« les édentés sont en général des édentés anciens qui ont perdu de ce fait tout sens de leur denture primitive et qui ont pris de nouvelles habitudes. Ces altérations et modifications entraînent la caducité de toutes les normes classiques empiriques qui ne peuvent donner, dans ces cas précis, que de piètres résultats »* (24)

Classes	Caractères	Diagnostic
I	* Crêtes ≥ 1 cm * Insertions musculaires en dessous des crêtes * Eminences piriformes dures et bien formées	Edentation globalement favorable à la prothèse totale mandibulaire.
II	* Crêtes identiques aux précédentes * Formations hyperplasiques (crêtes, éminences piriformes, etc.).	Edentation totale partiellement favorable à la prothèse totale mandibulaire.
III	* Crêtes plates * Hypertrophie du plancher	Edentation totale défavorable à la prothèse totale mandibulaire.
IV	* Crêtes négatives (en gouttières)	Endentation totale très défavorable à la prothèse totale mandibulaire.

Figure 1b : classification des crêtes selon Landa

En revanche dans le cas de crêtes de niveau I et de niveau II selon Atwood, la piézographie montre que le milieu de l'espace piézologique coïncide avec la ligne faîtière des crêtes.

C'est à la mandibule que les forces déstabilisatrices sont les plus fortes. De plus, elle est plus sévèrement touchée par la résorption que le maxillaire, ce qui rapproche la prothèse des insertions musculaires des muscles para-prothétiques, de amplifie leur action déstabilisatrice. La détermination d'une zone d'équilibre

entre les forces est donc primordiale. C'est pourquoi, dans la plupart des cas, la piézographie est limitée à la mandibule. Son utilisation au maxillaire est possible mais elle a moins d'intérêt car bien souvent la crête résiduelle est suffisante pour obtenir la stabilité et la rétention de la prothèse par les techniques classiques (14 et 27).

La piézographie, qui sert de futur gabarit à la prothèse, est indiquée comme porte-empreinte pour l'empreinte secondaire et comme maquette d'enregistrement des rapports intermaxillaires.

Elle est indiquée pour la construction extemporanée d'appareils mandibulaires provisoires, particulièrement bien tolérés pour la mise en condition des surfaces de sustentation et des organes péri-prothétiques avec les résines retard.

Elle est indiquée dans les cas d'hypertrophie linguale qui serait, selon P.Klein, dû à trois phénomènes :

- Une suppléance de la mastication en écrasant le bol alimentaire contre le palais.
- Le maintien de la dimension verticale en l'absence de prothèse.
- -Parfois, un contrôle plus ou moins aléatoire de la stabilité des prothèses.

Elle est indiquée, afin d'abréger et de faciliter la phase d'adaptation prothétique, pour les patients qui présentent une certaine intolérance sensitive et qui n'ont jamais pu supporter leur prothèse mandibulaire. La piézographie offre l'avantage d'obtenir dans ces cas des résultats encourageants, grâce à une stimulation à minima des extérocepteurs bucco-linguaux par la prothèse. Cette dernière est mieux tolérée et plus rapidement intégrée par le patient (19 et 20).

Enfin, elle est indiquée pour surélever la dimension verticale dans le cas d'appareillages anciens inadaptés, ainsi que dans les cas de paralysie ou d'asymétrie faciale.

3.2 Les contre-indications de la piézographie

- Les contre-indications sont les mêmes pour les piézographies analytiques et prothétiques.

Globalement, la piézographie n'est pas indiquée dans les cas d'édentements favorables à la prothèse complète, c'est-à-dire présentant une crête d'une hauteur supérieure à 5mm (crêtes de classe I et II de Landa), ou dans les cas d'édentements présentant une crête dont les qualités sont diminuées par la présence de formations hyperplasiques flottantes (36).

De plus, des troubles de la motricité observés chez le patient entraînent des difficultés à obtenir un modelage adapté (exemple : maladie de Parkinson).

Par ailleurs, pour les patients malentendants ou atteints de surdité, il est impossible de faire prononcer des phonèmes précis, à un rythme et à une intensité sonore donnée.

En outre, les phonèmes émis par le patient doivent être ceux de sa langue maternelle pour pouvoir retrouver la fonction naturelle de la phonation. C'est pourquoi on peut retrouver différents travaux qui visent à établir une « transcription » des différents phonèmes piézographiques dans diverses langues. On peut citer les travaux de Madjid Abdmezien sur la piézographie analytique, qui a traduit en arabe les phonèmes piézographiques. Mais la traduction ne résout pas tout, car le praticien doit parfaitement maîtriser les phonèmes qu'il demande à son patient. Ceci limite donc d'autant l'utilisation de la technique piézographique (1 et 35).

Enfin, il est nécessaire de travailler avec des techniciens de laboratoire, initiés aux étapes piézographiques.

4. But

C'est l'enregistrement de l'espace neutre qui sera transformé en espace prothétique pour faciliter l'intégration psychique et surtout la stabilité de la prothèse, notamment la prothèse mandibulaire. Le montage des dents artificielles se fera au milieu de l'espace piézologique et les surfaces polies seront incluses dans cet espace.

5. L'enregistrement de l'espace neutre

La démarche piézographique consiste à utiliser la dynamique musculaire et ainsi modeler un matériau plastique introduit dans l'espace neutre.

5.1 La dynamique musculaire modelante

On distingue quatre familles de piézographie

-la piézographie de repos :

L'espace prothétique de repos est volumineux et peu fiable, car il dépend de l'équilibre entre les muscles élévateurs et abaisseurs. Cet équilibre est influencé par le niveau de contraction de chaque groupe de muscles, ce qui est difficile à objectiver. La détente du patient sera donc primordiale pour évaluer cet espace. On comprend alors le manque de fiabilité de cette technique.

- la piézographie en déglutition :

L'espace de déglutition peut être intéressant, mais les muscles élévateurs ont tendance à élever la mandibule jusqu'au contact entre le dos de la langue et le

palais, fermant ainsi une des zones où le matériau de modelage en excès peut s'échapper. L'activité musculaire très faible associée à un fort dynamisme lingual déplace ces piézographies vers le vestibule.

- la piézographie en phonation :

En choisissant bien les phonèmes modelants ainsi que leur intensité, il est possible d'obtenir une activité musculaire synchrone. Les prothèses qui en sont issues sont stables et confortables. De plus, c'est la seule technique qui aboutit à des enregistrements superposables et reproductibles.

- la piézographie mixte :

Elle utilise en même temps la déglutition et la phonation. Ces piézographies sont parfois un peu volumineuses.

5.2 Le matériau à empreinte modelant

La pâte utilisée doit être bien choisie, certaines trop denses ou trop fluides sont impropres à la piézographie.
Heath (21) montre que la forme initiale du matériau avant son insertion en bouche a un effet négligeable sur l'enregistrement piézographique. Par contre, il est évident d'après ses travaux, que la viscosité du matériau et sa rapidité de prise sont des facteurs importants.

KLEIN : utilise une résine plastique à prise retard (type Formatray).
NABID : le xantopren fonction de bayer à prise lente, c'est un silicone lourd.
HEATH : un silicone non durcissant conçu par lui-même.
CLEMENCON : une cire plastique à température buccale.

Un certain nombre de propriétés sont indispensables :

- la facilité d'utilisation
- l'inaltérabilité de la structure du matériau en milieu buccal

- la persistance d'une plasticité suffisante durant un temps suffisamment long (entre trois et six minutes)
- l'absence de déformation (durcissement irréversible)
- la biocompatibilité

6. Choix de la fonction modelante

6.1 La déglutition

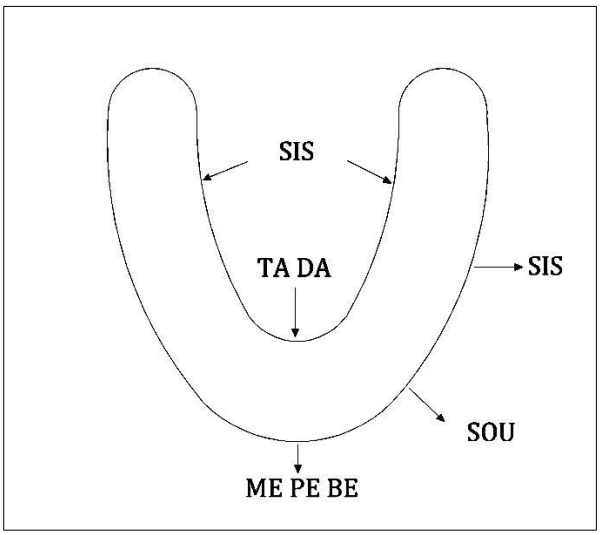
Heath utilise la déglutition pour le modelage piézographique. Tout d'abord la prothèse ou la maquette supérieure, réglée selon les principes classiques, est placée en bouche. Puis une base rigide, ajustée sur la mandibule, est garnie d'élastomère et introduite en bouche. L'élastomère est placé sur l'extrados de la base. Après un certain temps de repos, le patient est prié de déglutir plusieurs fois, ce qui donne l'enregistrement de la zone neutre.

6.2 La phonation

Utilisée par Klein et Nabid.

Au cours de la phonation, on retrouve tous les mouvements musculaires et mandibulaires réalisés au moment de la déglutition et de la mastication. Les phonèmes choisis sont ceux qui donnent l'élévation la plus haute et la plus avancée de la langue et de la mandibule par leur prononciation. On retient le SIS – TA – DA pour le côté lingual, le SOU et SIS pour le côté vestibulaire postérieur et le ME – PE – BE pour la région vestibulaire antérieure.

Figure 1c : schéma maquette mandibulaire et phonèmes



7. Confection de la prothèse piézographique mandibulaire selon la méthode phonétique

Avant toute chose, il est nécessaire que s'établisse entre le patient et le praticien, un climat de confiance réciproque favorable à la détente neuromusculaire du patient.

Le rôle enseignant du praticien est important. Il devra donner des informations sur l'anatomie et la physiologie de l'espace prothétique au patient. (12)

Il est essentiel que le praticien soit en mesure d'expliquer la prononciation des phonèmes à son patient.

Par ailleurs, nous savons d'après le principe d'homotrophie linguo-mandibulaire, que position linguale et position mandibulaire sont liées (à une position reculée de la langue correspond une position reculée de la mandibule).

Chez l'édenté, Heath montre (20), par des études radiographiques des positions linguales, que l'inclinaison crânienne influence la position de la langue et le volume piézographique.

Pour l'enregistrement, le patient est donc assis, le buste droit, la tête non soutenue par une têtière, afin que la phonation s'effectue comme au cours d'une conversation courante.

Enfin, P. Klein interdit toute prothèse au maxillaire et ceci pour favoriser une complète liberté dans le dynamisme musculaire. Toute modification de la forme du palais par le port d'une prothèse perturbe le comportement réflexe et fausse l'enregistrement.

7.1 Empreinte préliminaire ou pré-empreinte

Elle est prise sans porte-empreinte de série, avec un élastomère lourd (thiocol dense) qu'on modèle en forme de boudin et qui sera armé d'un fil métallique. Ce dernier a été ajusté sur la crête inférieure. Puis on plaque l'élastomère contre la surface d'appui. La pré-empreinte décrite par P. Klein (24), permet dès ce stade une mise en œuvre des épreuves phonétiques. En effet, le patient est prié de fermer la bouche et de répéter les phonèmes prononcés par le praticien :

- «K, A, E » afin de former le vestibule.
- «M, P, F, An, Ou, In » pour former le sillon alvéolo-lingual.

Après sa prise, cette pré-empreinte sera rebasée par un élastomère léger et ensuite, coulée.

Cette technique de pré-empreinte, étant un enregistrement anatomo-physiologique, semble plus convenir à la finalité de la prothèse, c'est-à-dire faire coexister la physiologie et l'anatomie afin d'obtenir une prothèse la plus stable possible. Une empreinte primaire anatomo-fonctionnelle permettra alors d'obtenir d'emblée une maquette mieux adaptée pour enregistrer l'empreinte secondaire et la piézographie.

7.2 Construction d'une base rigide

Sur l'empreinte préliminaire, on construit une base rigide en résine auto polymérisable de deux millimètres d'épaisseur. Cette base servira de support pour le matériau à empreinte plastique qui sera mis sur son extrados. Des cavaliers mis sur l'extrados de la base, serviront de rétention au matériau.

7.3 Ajustage de la base

On vérifie que la base :

- a les extensions nécessaires : région sublinguale, niches rétro molaires, poche de Fish.
- n'interfère pas avec les mouvements de la langue et de la sangle buccinato-labiale.
- a la région postérieure des trigones rétro molaires libérée.
- ne gêne pas le patient pour parler.

7.4 Préparation de la résine retard

La poudre et le liquide sont mélangés ensemble selon les recommandations du fabricant. Puis on met le mélange dans une seringue pour être injecté en bouche. Celui-ci ne doit être ni trop fluide, ni trop dur.

7.5 Enregistrement de l'espace neutre en bouche

- Etape 1

Le patient a été averti de ce qui était attendu de lui et a été entrainé à prononcer les phonèmes choisis, à la suite de l'opérateur.
On commence d'un côté en poussant la langue avec un miroir et on injecte la résine sur l'extrados de la base rigide.
Puis, l'opérateur fait répéter au patient les phonèmes piézographiques en rapport avec la région postérieure, SIS cinq fois et SOU une fois.

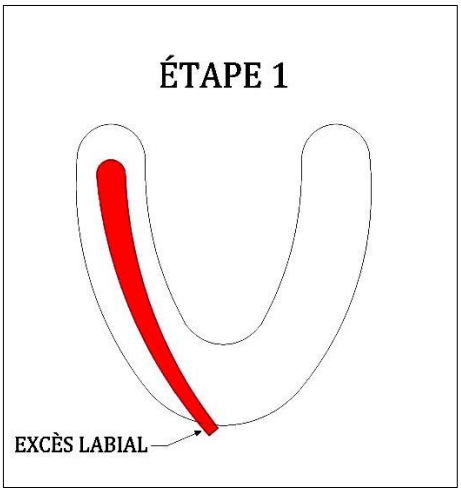
La phonation est poursuivie jusqu'à ce que le matériau devienne suffisamment rigide pour ne plus être déformé par les organes buccaux. La durée est de trois à six minutes, durée maximale que l'on peut imposer à un patient sans déglutir. (la déglutition entraîne un écrasement du matériau)

Ce modelage peut présenter des excès inutiles :

- des fusions en hauteur sont découpées au niveau de la ligne de plus grand contour lingual.
- des fusions en avant de la commissure labiale seront éliminées.

Un contrôle en bouche permet de vérifier l'exactitude de ce travail.

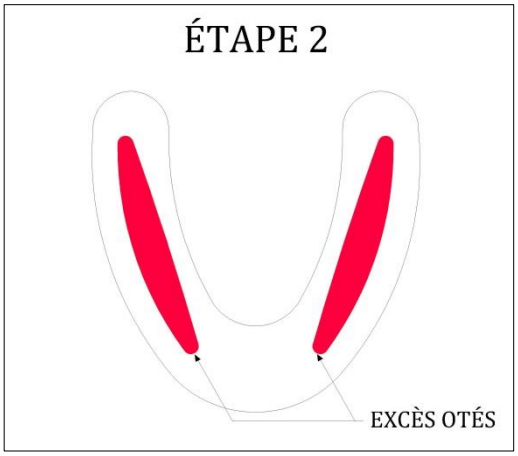
Figure 2 : premier modelage buccinateur (d'après NABID A)



- Etape 2

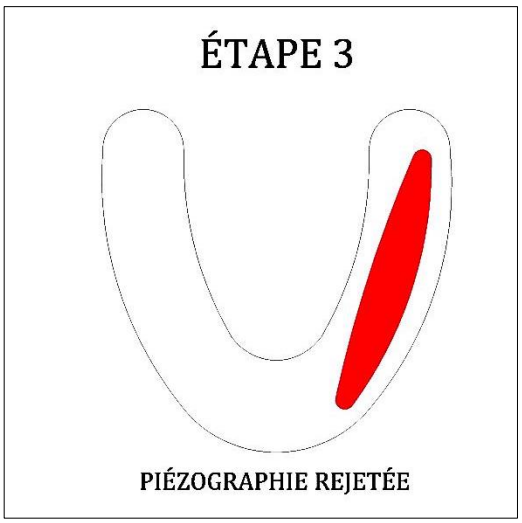
La zone buccinatrice du côté opposé est réalisée comme précédemment et les excès sont éliminés.

Figure 3 : deuxième modelage buccinateur (d'après NABID A)



Avant de passer à la quatrième étape, la première piézographie partielle buccinatrice est rejetée car il est possible que la langue ait tendance à fuir la résine au départ.

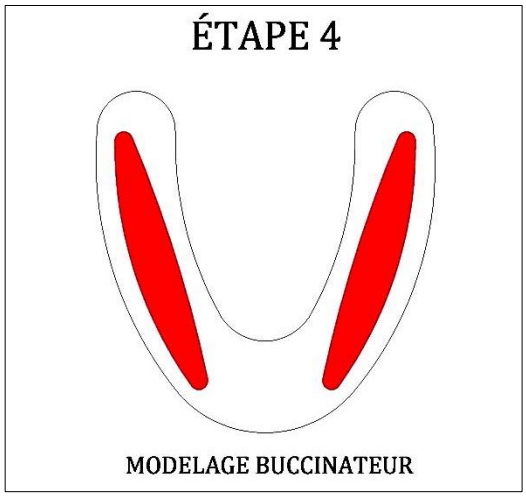
Figure 4 : piézographie rejetée (d'après NABID A)



- Etape 4

Le troisième modelage buccinateur est réalisé, dans de meilleures conditions que la première fois.

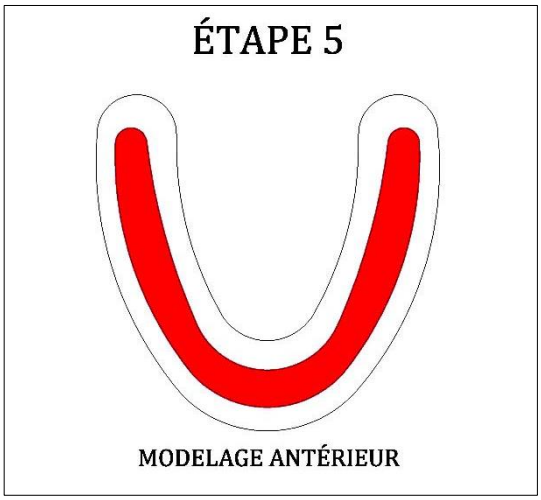
Figure 5 : troisième modelage buccinateur (d'après NABID A)



- Etape 5

Le modelage antérieur est conduit comme précédemment. Les lèvres du patient sont vaselinées. Le patient répète alors plusieurs fois après l'opérateur les phonèmes « TE », « DE », « ME », et « PE » pendant au moins trois minutes. Les excès sont refoulés hors de la cavité buccale par-dessus la lèvre inférieure, dont le bord libre laisse une empreinte concave dans la résine.

Figure 6 : modelage antérieur (d'après NABID A)



Suite à la prise de l'empreinte piézographique, il est nécessaire de faire une analyse critique et éventuellement d'apporter quelques corrections.

Les extrados et le bourrelet doivent épouser fidèlement les tissus mais également restituer la physionomie du visage, tout en autorisant pleinement tous les mouvements musculaires retrouvés lors des différentes fonctions.

- Secteur antérieur : zone de l'orbiculaire

Le bourrelet doit être en contact intime avec la lèvre, afin de placer exactement les dents prothétiques dans l'espace fonctionnel qui leur est dévolu.

Ainsi, le bourrelet affleure le bord de la lèvre.

- Secteurs latéraux : zones des buccinateurs et de la langue

Dans ces zones, le bourrelet doit nous informer de l'orientation à donner aux surfaces occlusales des prémolaires et molaires.

Il nous faut trouver la hauteur et l'orientation idéales de notre bourrelet entre les bords muqueux de la langue et le sommet de la concavité de chaque buccinateur.

Nous nous baserons essentiellement sur la position de la langue.

Lors de la prononciation du phonème « SIS », l'observation en bouche doit montrer la langue qui se porte en avant de la papille rétro-incisive et qui se pose sur le bord libre de la maquette.

De même, au repos, on doit pouvoir observer la langue qui s'appuie sur les surfaces du bourrelet.

Les retouches doivent aller dans le respect des courbes de compensation sagittale (Spee) et frontale (Wilson) de manière à assurer l'équilibre occlusal des prothèses.

- Une zone particulière : le modiolus

Cette zone est une zone de transition entre la déflexion convexe de l'arc labio-mentonnier et celle concave de l'arc latéral buccinato-jugale : elle comporte un passage vertical correspondant à la zone de la première prémolaire.
Dans cette zone, il est primordial de prendre en compte le modiulus qui est un véritable nœud musculaire qui se contracte lors des mouvements synergiques du buccinateur et de l'orbiculaire des lèvres.
Le phonème adapté à l'observation de cette zone est le « I », qui tire les commissures vers l'arrière. Un contact intime se fait alors entre les commissures et les premières prémolaires prothétiques afin de créer un « joint » pour éviter à la salive de sourdre ou aux aliments de fuser par les commissures lors de la mastication.

Après l'enregistrement de cet espace piézographique neutre, on va le transformer en maquette rigide.

7.6 Transformation de l'enregistrement clinique en une maquette rigide

La piézographie clinique fixée sur le modèle, issu de l'empreinte préliminaire, est mise en moufle.
Le remplissage s'effectue à l'aide d'une résine thermodurcissable transparente.
Après démouflage, les bavures sont ôtées et la piézographie est polie, en évitant de porter atteinte à son volume.

7.7 Détermination du plan d'occlusion

Le plan en piézographie obéit à une prédétermination mandibulaire, et non maxillaire, comme il est coutume de le faire.

- au niveau linguo-postérieur : Ce plan est situé à la jonction entre muqueuse papillée et muqueuse lisse.
- au niveau vestibulo-postérieur : Il est situé à la convexité des fibres horizontales du buccinateur pendant la protrusion des lèvres.
- au niveau antérieur : Ce plan est parallèle au bord libre de la lèvre inférieure et répond aux normes esthétiques et phonétiques.

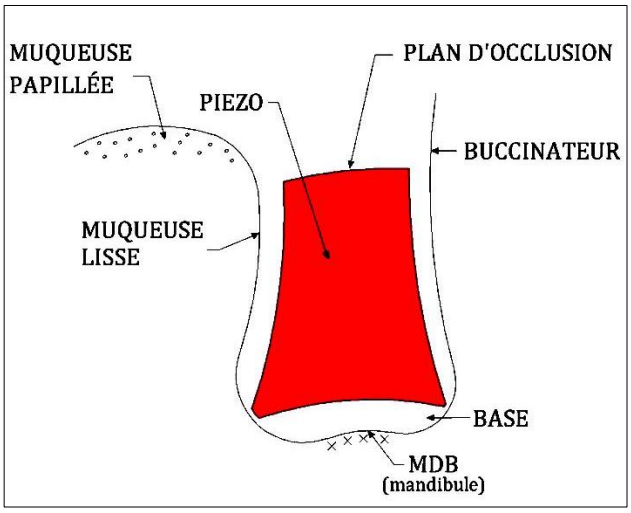
Puis le plan d'occlusion est dégrossi, ramené à sa hauteur définitive et poli.

Un dernier contrôle en bouche doit montrer la correspondance des repères, et la piézographie est à nouveau polie.

Le plan occlusal ainsi déterminé sur la maquette mandibulaire s'étend fréquemment du modiulus au ligament ptérygo-mandibulaire, à mi-hauteur de la papille piriforme.

La maquette piézographique préfigure la future prothèse par son volume, ainsi que par son plan d'occlusion. Elle est un guide sûr.

Figure 7 : détermination du plan d'occlusion (d'après NABID A)



7.8 Prise de l'empreinte secondaire

La maquette piézographique ainsi formée, constitue un excellent PEI (Porte Empreinte Individuel) physiologique et fonctionnel (rigidité, place de la langue respectée, stabilité, confort du patient).

L'empreinte secondaire à la mandibule est prise avec un silicone fluide.

Elle est ensuite coffrée et coulée.

7.9 Confection des clés vestibulaires et linguales

Avant de démouler l'empreinte secondaire, des clés vestibulaires et linguales en silicone dur sont confectionnées.

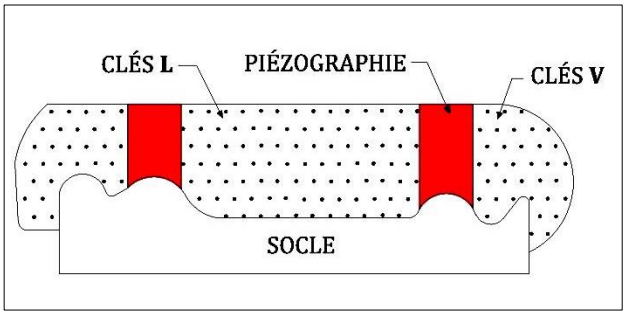
Après la prise du silicone, ces deux clés légèrement élastiques et facilement démontables sont détachées de la piézographie et du moulage.

Puis on démoule l'empreinte.

Dès lors, les clés sont repositionnées, faisant apparaître le couloir prothétique à l'intérieur duquel on coule la cire.

Enfin, après refroidissement de celle-ci, les clés sont retirées, laissant en place le duplicata en cire de la piézographie, dans lequel le montage des dents va se faire en respectant la hauteur et la largeur.

Figure 8 : confection des clés vestibulaires et linguales (d'après NABID A)



8. Confection de la prothèse piézographique au maxillaire selon la méthode phonétique

La piézographie maxillaire est réalisée seulement dans le secteur antérieur, on dit que l'on fait une demi-piézo maxillaire.
La partie postérieure est la continuation de l'espace prothétique mandibulaire.
Pour la partie antérieure, le rempart en résine est modelé, du côté vestibulaire, par l'émission du ME et du PE, et du côté lingual, par l'émission du TA et DA.

9. L'espace prothétique mandibulaire

Avec les techniques d'empreintes classiques, on enregistre simplement une surface (la surface d'appui prothétique). Avec le concept piézographique, on enregistre une dimension supplémentaire : l'empreinte enregistre un volume appelé espace ou couloir prothétique.

Selon R. Devin (14), « *l'espace prothétique est le volume dans lequel on doit inscrire la prothèse pour lui assurer une stabilité maximale. Il est matérialisé par l'enregistrement dans une pâte plastique – piézographe -, des pressions exercées par les différents groupes musculaires antagonistes au niveau des arcades dentaires.* »

L'espace occupé par les dents et procès alvéolaires non résorbés (**figure 9a**), se transforme avec la perte des dents et les phénomènes inhérents à la sénescence, en un espace plus réduit appelé couloir prothétique. (**Figures 9b et 9c**)

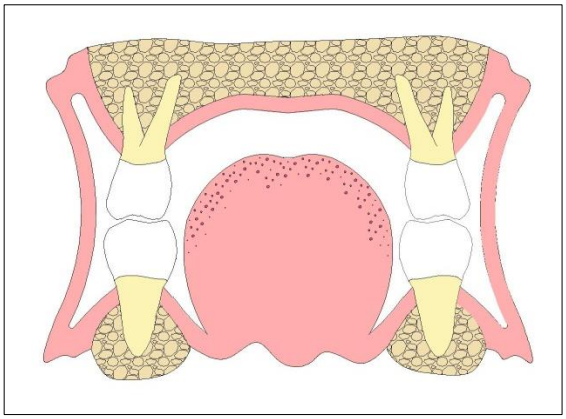


Figure 9a : coupe frontale de la cavité buccale : espace naturel chez le patient denté (d'après ABDMEZIEM M.)

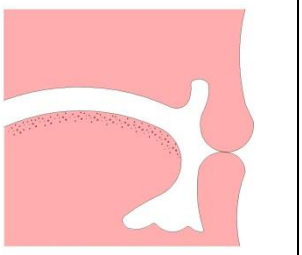


figure 9b : coupe sagittale : espace prothétique chez le patient édenté (d'après ABDMEZIEM M.)

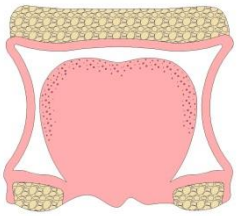
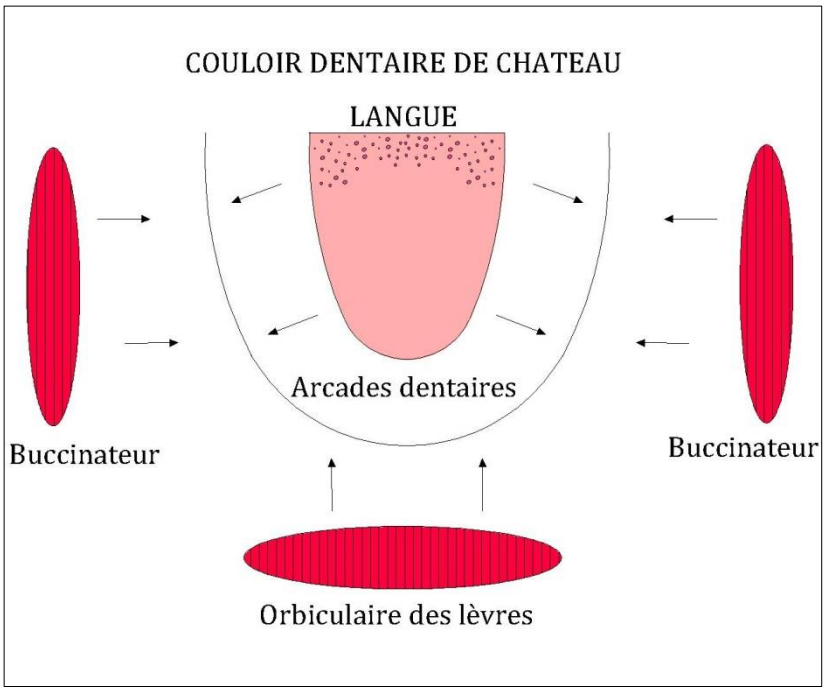


figure 9c : coupe frontale : espace prothétique chez le patient édenté (d'après ABDMEZIEM M.)

La sénescence provoque une diminution importante de la dimension verticale. Ceci entraîne un plissement des joues qui se traduit par l'apparition de bajoues et l'invagination de la sangle buccinato-lingual.
L'impact esthétique est très important.
Parallèlement, la langue comble l'espace libre en s'étalant : elle n'est plus contenue par les remparts dentaires et s'étale donc sur l'ensemble de la largeur de la cavité buccale, d'une paroi jugale à l'autre transversalement et jusqu'à la lèvre en avant.

Pour mieux comprendre la notion d'espace prothétique, il nous faut rappeler celle de couloir dentaire (**figure 10**). C'est l'espace où viennent se placer les structures dentaires sous la pression des organes avoisinants et des forces occlusales. Le couloir prothétique n'est pas entièrement superposable au couloir dentaire, car la résorption alvéolaire modifie aussi les organes para-prothétiques. L'espace prothétique n'est pas une zone neutre, ni un espace passif. C'est l'espace édenté où la résultante des forces horizontales développées par la langue et la sangle buccinato-labiale ne doit pas dépasser la rétention globale des prothèses, c'est-à-dire un espace situé entre les excursions maximales des organes péri-prothétiques dans leurs activités involontaires. (24)

Figure 10 : couloir dentaire de Château



La configuration du couloir prothétique n'est pas figée car elle se métamorphose à chaque instant avec le jeu musculaire qui en constitue les limites.

L'activité musculaire pourra être déstabilisatrice pour une prothèse dont les surfaces polies réalisées de manière empirique perturbent la dynamique musculaire. Cette activité deviendra stabilisatrice si la prothèse reproduit l'espace prothétique, seul volume compatible avec un libre jeu musculaire.

10. Avantages et inconvénients de la piézographie

10.1 Avantages

- Augmentation de la stabilisation

La stabilisation est permise par l'ensemble des forces réactionnelles s'opposant aux forces transversales qui tendent à faire subir à la prothèse des mouvements de translation horizontale ou de rotation. Dès 1933, E.W. Fish comprenant l'importance de maîtriser ces forces, énonce deux principes :

- les surfaces polies doivent être modelées en une série de pans inclinés, de manière à ce que la pression des muscles plaque la prothèse sur la surface d'appui, assurant ainsi la stabilisation et la rétention.
- les pressions labio-jugales doivent être équilibrées par la pression linguale.

En conséquence, les dents ne sont pas placées sur la crête, mais au point d'équilibre entre les pressions vestibulaires et linguales. Cet équilibre doit s'établir lors des différentes praxies (22).

La piézographie augmente la stabilisation de la prothèse mandibulaire lorsque la surface d'appui en contact avec l'intrados n'est plus suffisante. La piézographie permet de centrer la prothèse dans une zone où les forces horizontales excentriques et concentriques s'équilibrent. Elle diminue donc la résultante des forces déstabilisatrices qui s'exercent sur la prothèse (35 et 33).

- Augmentation de la rétention

La piézographie permet une persistance des contacts entre les tissus para-prothétiques et l'extrados de la prothèse, pendant les fonctions. Elle facilite donc une uniformité du joint salivaire entre les tissus buccaux et toutes les surfaces prothétiques. Or ce joint salivaire a un grand intérêt dans l'adhésion de la prothèse. On connaît déjà son importance en prothèse conventionnelle au niveau de l'interface intrados prothétique / surface d'appui basale pour permettre l'adhésion de la prothèse. La piézographie se donne donc pour objectif d'étendre cette interface à l'extrados prothétique.

Selon la loi de Stanitz, l'adhésion et la cohésion d'une prothèse avec les tissus environnants répondent à la formule suivante :

$$F = 2C \times A/a$$

« **C** » est la tension superficielle de la salive.
« **A** » correspond à l'étendue des surfaces en contact.
« **a** » représente l'épaisseur du film salivaire.
« **F** » est la force nécessaire pour vaincre l'adhésion et la cohésion afin de séparer la prothèse de la surface d'appui.

En étendant les surfaces de contact à tout l'extrados prothétique, « A » augmente et par conséquent « F » aussi.
En revanche, plus l'épaisseur du film salivaire est faible (« a »), meilleure est l'adhésion.

Ainsi, cette formule permet de comprendre l'incidence de la piézographie sur l'adhésion prothétique.

- Avantages fonctionnels

La prothèse piézographique sera d'emblée fonctionnelle, car elle aura été modelée par la fonction propre du patient (2). R. Devin (14) cite l'exemple d'un cas particulièrement difficile, où le patient a pu déclarer dès le lendemain de la mise en bouche de la prothèse, « je ne la sens pas ». Cela, résultant de la stimulation à minima qu'exerce une telle prothèse sur les récepteurs bucco-linguaux (19).

En outre, l'acceptation sans apprentissage que permet ce genre de prothèse représente un avantage considérable, puisque la sénescence retarde et rend parfois impossible tout nouvel apprentissage pour des raisons morphologiques, physiologiques et psychiques (13).

Elle apporte aussi de nombreux avantages aux grandes fonctions que sont la phonation et la mastication.

En effet, la capacité d'adaptation phonétique du patient est très importante, grâce à un rétrocontrôle phono-auditif et à une modification de la dynamique mandibulaire et linguale. Les problèmes phonétiques persistants représentent un peu plus de 4% des doléances émises par les porteurs de prothèse complète (30-17-10).

Mais lorsque les troubles phonatoires persistent, c'est toute la relation de confiance entre le praticien et son patient qui est en péril. L'incidence de la dimension verticale n'est pas négligeable.
Ainsi, une sur-évaluation de celle-ci provoquera une fatigue ou un entrechoquement lors de la parole. Tandis qu'une sous-évaluation engendrera une perte de netteté lors de l'émission des bilabiales. Mais c'est principalement les rapports entre les extrados (dents comprises) et la langue qui posent le plus de problèmes et qui sont les plus difficiles à résoudre. Dès lors, on peut noter l'importance de la largeur d'arcade qui doit être précisément définie, pour ne pas gêner l'émission des dento-linguales en cas d'insuffisance, ou rendre inefficace celle des palato-linguales en cas d'excès. La présence de surépaisseur tant linguale

que palatine, la situation de la papille rétro incisive par rapport au bord libre des incisives maxillaires dans les trois plans de l'espace, sont primordiales pour l'émission de phonèmes comme le « D », le « T » ainsi que les sibilantes. La prothèse piézographique, par sa conception phonétique dès les premières étapes, est d'emblée fonctionnelle car elle est modelée par la fonction du patient (4).

Lors de la mastication, les particules alimentaires ont moins tendance à s'insinuer entre l'extrados prothétique d'une part et la langue et les joues d'autre part. Ainsi, la stabilité prothétique risque moins d'être perturbée(3).
De plus, le contact permanent des muqueuses de la langue, des joues et des lèvres avec les surfaces polies prothétiques, réduit la formation de dépôts tartriques à ce niveau et diminue donc les risques de prolifération du *candida albicans* dans la cavité buccale(26).

10.2 Inconvénients

- L'esthétique

P. Klein a étudié l'incidence de la piézographie sur l'esthétique du visage. Pour cela, il a utilisé des photographies de patients de profil, portant leurs anciens appareils, puis les appareils piézographiques. Cette étude lui a permis d'établir notamment que la dimension verticale est augmentée dans 50% des cas, et que c'est elle qui a le plus d'incidence sur le recul du menton et de la lèvre inférieure.
Il arrive donc à la conclusion que la piézographie ne permet ni la suppression des rides, ni le rétablissement d'un profil jeune. Klein attribue ce résultat à la résorption mandibulaire. La piézographie s'intégrant dans le contexte anatomo-physiologique actuel, résultat du vieillissement, elle ne peut en recréer un autre. Le rajeunissement de l'édenté est une contre-indication des techniques piézographiques. Son utilisation doit se limiter aux cas où « le naturel » est recherché(27).

Pour R. Devin (14), l'impératif esthétique au maxillaire justifie son opposition à la piézographie dans ce cas. En effet, l'involution centripète de l'arcade supérieure et la diminution de la tonicité musculaire sont à l'origine de l'affaissement de la lèvre supérieure. Pour Devin, cette altération des traits du visage ne doit pas être perpétuée par un enregistrement servile de la position des organes ainsi déplacés. Les techniques actuelles permettent, dans tous les cas, au maxillaire, d'obtenir une rétention suffisante, capable de contrebalancer efficacement un montage esthétique toujours en surplomb du fait de la résorption des crêtes alvéolaires. Ce montage des dents antérieures dans la position occupée précédemment par les dents disparues, permet seul d'assurer aux lèvres et aux joues, le soutien indispensable qui restituera, avec l'esthétique primitive, une mimique aisée et naturelle dans l'expression des sentiments.

Un meilleur soutien esthétique des lèvres peut être trouvé avec l'utilisation de la prothèse amovible complète sur implant. En effet la fausse gencive de la prothèse compense l'effet de la résorption. L'approche selon laquelle la prothèse amovible complète sur implant permet plus facilement un rajeunissement du visage se heurte néanmoins à la perception des patients (prothèse amovible et jeunesse ne sont pas forcément compatibles). Comme souvent, il faudra bien cerner le profil psychologique du patient avant de choisir l'option thérapeutique et essayer de rester le plus possible dans le naturel.

- Le temps

Le traitement au laboratoire de la piézographie représente un temps supplémentaire par rapport à la prothèse conventionnelle :

- la réalisation des clés doit suivre des règles précises, elles doivent s'ajuster au même niveau que le plan d'occlusion.
- le choix et le positionnement des dents entre les clés demandent plus de travail que dans un montage classique.

L’empreinte piézographique rajoute une étape dans la conception prothétique et nécessite un temps certain. De plus, elle demande un savoir-faire tant au niveau des phonèmes à faire prononcer au patient que dans la manipulation des résines pour l’empreinte (3).

En conclusion, on peut dire que la méthode classique enregistre plus sûrement le réglage esthétique, alors que la piézographie enregistre des fonctions souvent altérées par l’édentation.

Il faut donc retenir que la piézographie peut être une aide précieuse, car elle nous apporte des éléments fonctionnels complémentaires, mais elle doit être utilisée avec un esprit critique et en complément des techniques classiques pour éviter de pérenniser des fonctions altérées par l’édentation.

III. La phonétique

1. Définition

La phonétique est l'étude des sons (les « phones »), utilisés dans la communication verbale. Elle s'intéresse à la réalisation matérielle du son, à sa production.

2. La phonation

2.1 Définition

La phonation est la production de sons par les organes vocaux, sous forme de phonèmes. Les phonèmes représentent la plus petite unité linguistique. En français, par exemple, il existe de 23 à 33 phonèmes selon les régions et les générations.

La phonation appartient aux fonctions dites « sociales » de relation de l'être humain.

2.2 Mécanisme de formation des phonèmes : consonnes et voyelles

- Les voyelles

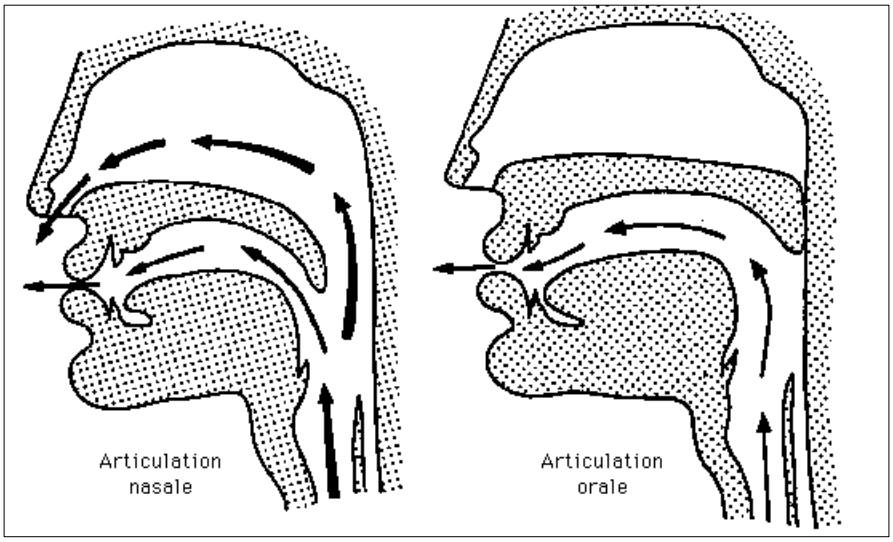
D'après le dictionnaire d'Orthophonie de BRIN et coll. (9), dans l'alphabet, les voyelles sont, a, e, i, o, u, y, et d'un point de vue phonétique, il existe en français seize voyelles classées selon leurs traits distinctifs : **aperture, lieu d'articulation, labialité, nasalité.**

L'air chassé des poumons fait vibrer les cordes vocales ; les voyelles sont des sons musicaux presque purs.

Si le voile du palais est relevé, l'air sort uniquement par la cavité buccale : ces voyelles sont dites **orales**.

Si le voile est abaissé, une partie de l'air sort par les fosses nasales : ces voyelles sont dites **nasales**. (**Figure 13**)

Figure 13 : articulations orale et nasale



Dans la cavité buccale, la langue se soulève en direction de la voûte palatine ; le point vers lequel elle se soulève est le **lieu** ou **point d'articulation**.

L'émission d'une voyelle nécessite deux mouvements simultanés : un mouvement lingual et un mouvement labial. Chaque voyelle est donc caractérisée par deux points d'articulation. (34)

Si la langue se soulève en direction du palais dur : ces voyelles sont dites antérieures ou palatales.

Si c'est en direction du voile du palais : ces voyelles sont postérieures ou vélaires.

De plus, la langue se soulève plus ou moins (en même temps que la mandibule.)

L'**aperture** est la distance qui sépare la langue soulevée du palais.

Le terme est appliqué aux voyelles :

- une voyelle de grande aperture est dite ouverte (« a »)
- une voyelle de petite aperture est dite fermée (« i »)

Toute voyelle est plus ouverte que toute consonne.

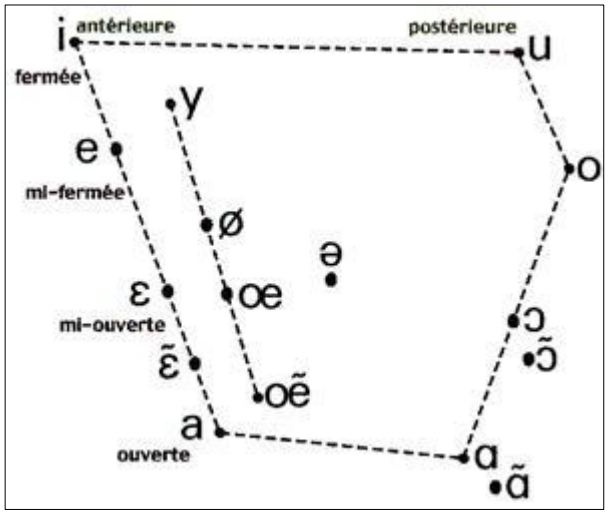
Enfin, les lèvres peuvent être projetées en avant, formant un résonateur supplémentaire : ces voyelles sont dites labialisées ou arrondies (« o »).
Si les lèvres restent collées aux dents, les voyelles sont non labialisées, non arrondies (« i »). (29)

Toutes ces données apparaissent sur le triangle vocalique des voyelles orales du français moderne : (**Figure 14**)

-la position horizontale indique le point d'articulation.

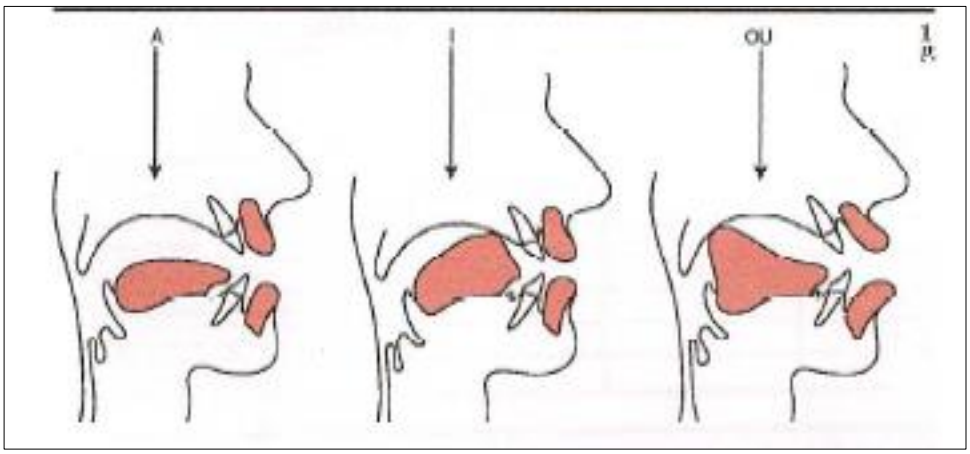
-la position verticale indique l'aperture, qui croît de haut en bas.

Figure 14 : triangle vocalique http://research.jyu.fi/phonfr/51.html



Les trois phonèmes « A », « I », « OU » représentent le système vocalique de base. Les autres voyelles sont des voyelles intermédiaires (11).

Figure 15 : position de la langue pour l'articulation des A,I,OU. (5)



Il est possible de représenter les voyelles orales et nasales, (**figures 16 et 17**) sous forme de tableau en utilisant les descripteurs qui servent à caractériser leur production.

Figure 16 : voyelles orales http://www.sfu.ca/fren270/Phonetique/trapze.htm

	Orales				
	antérieures		centrales	postérieures	
	non arrondies	arrondies	non arrondies	non arrondies	arrondies
Fermées	i (lit)	y (lu)			u (loup)
mi-fermées	e (thé)	ø (peu)			o (Rhône)
moyenne			ə (petit)		
mi-ouvertes	ɛ (lève)	œ (peur)			ɔ (sotte)
ouvertes	a (patte)			ɑ (pâte)	

Figure 17 : voyelles nasaleshttp://www.sfu.ca/fren270/Phonetique/trapze.htm

	Nasales				
	antérieures		centrales	postérieures	
	non arrondies	arrondies	non arrondies	non arrondies	arrondies
Fermées					
mi-fermées					
moyenne					
mi-ouvertes	ɛ̃ (pain)	œ̃ (brun)			ɔ̃ (bon)
ouvertes				ɑ̃ (banc)	

➢ Les consonnes

D'après le dictionnaire d'Orthophonie de Brin et coll. (9), dans l'alphabet, les consonnes correspondent à chacune des lettres de l'alphabet sauf « a », « e », « i », « o », « u », « y ». On en compte vingt.

Du point de vue phonétique, les consonnes sont des phonèmes produits avec obstruction partielle ou totale du canal vocal. Elles sont classées selon leurs traits distinctifs : **mode d'articulation, lieu d'articulation, sonorité, nasalité.**

La formation des consonnes est importante car c'est surtout elle qui est conditionnée par les effecteurs buccaux et en particulier par l'activité musculaire de la langue, du voile du palais et des lèvres.

Les déplacements linguaux dirigent l'air dans la cavité buccale et ceci est primordial lors de l'articulation des consonnes.

C'est pourquoi on parle de « mécanique linguale des consonnes »

Dans le cas des consonnes, la désignation du **lieu d'articulation** se fait en indiquant les éléments affrontés ; on parle de consonnes bi-labiales, labio-dentales, alvéolaires, etc.

Si au passage de l'air les cordes vocales ne vibrent pas, la glotte (espace séparant les replis membraneux qui constituent les cordes vocales) étant ouverte, les consonnes sont dites **sourdes** (**p, t, k, f, s, ʃ** comme dans chat) : ce sont des bruits produits par le passage de l'air dans les résonateurs, déterminés dans la cavité buccale essentiellement par la position de la langue.
Si les cordes vocales vibrent, les consonnes sont dites **sonores** (c'est le cas des autres consonnes) : ce sont des combinaisons de sons et de bruits.

Si le voile du palais est abaissé, les consonnes sont dites **nasales** (**m, n, ɲ** comme dans agneau).
Si le voile est relevé, elles sont dites **orales** (c'est le cas des autres consonnes).

Si la cavité buccale est d'abord fermée par un barrage derrière lequel l'air s'accumule (occlusion), puis sort violemment, les consonnes sont dites **occlusives** : le barrage est constitué soit par les lèvres (**p, b, m**), soit par la langue contre les incisives supérieures (**t, d, n**), ou contre le palais dur (**ɲ**) ou contre le palais mou (**k,g**).
Si la cavité buccale est seulement resserré (constriction), les consonnes sont dites **constrictives**.
Parmi celles-ci, pour les latérales (les l), l'air s'échappe par les côtés, tandis que pour les médianes, il s'échappe par la partie médiane.

Tous les termes ci-dessus définissent les consonnes du point de vue articulatoire (organes mis en action, position de ces organes).

Du point de vue auditif, le terme de vibrantes, appliqué aux médianes à battements, c'est-à-dire aux diverses réalisations de r, indique que la pointe de la langue pour r alvéolaire, la luette pour r uvulaire produisent des battements, vibrent au passage de l'air.
Le terme de fricatives ou de spirantes, appliqué aux médianes autres que r, indique que ces consonnes produisent un bruit de frottement ou de souffle.

Parmi elles, s et z sont des sifflantes, ʃ et ʒ (comme dans jadis) des chuintantes. (29)

Le tableau (29) suivant récapitule toutes ces données :

Figure 18 : tableau des consonnes (29)

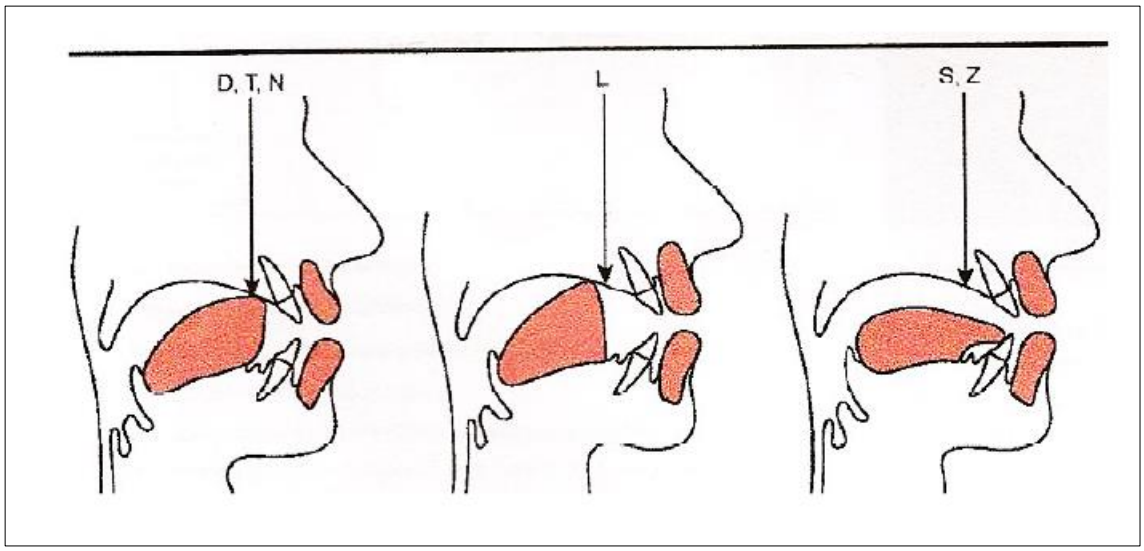
CONSONNES			BI-LABIALES	LABIO-DENTALES	DENTALES	ALVEOLAIRES	POST-ALVEOLAIRES	VELAIRES
OCCLUSIVES	ORALES	SOURDES	[p]		[t]			[k]
		SONORES	[b]		[d]			[g]
	NASALES		[m]		[n]			
CONSTRICTIVES	MEDIANES	SOURDES		[f]		[s]	[ʃ]	
		SONORES		[v]		[z]	[ʒ]	
	LATERALE					[l]		
	VIBRANTE							[R]

Les consonnes D, T, N, L doivent se prononcer pointe de la langue touchant les papilles palatines. On constate que cet appui est moins important pour les L.

En ce qui concerne les sifflantes S, et Z, la langue ne doit pas toucher les dents antérieures, incisives ou canines.

Pour que le son soit émis, il faut que les bords latéraux soient en contact avec les molaires. La pointe restant libre permet une vibration. Le dos de la langue est aplati. (**Figure 19**)

Figure 19 : position de la pointe de la langue pour l'articulation des D, T, N, L, S, Z.



2.3 La phonation comme fonction modelante du couloir prothétique

P. Klein choisit la phonation pour modeler le volume de l'espace prothétique pour les raisons suivantes :

-la motricité pharyngo-buccale, qu'elle se rapporte à la phonation, à la mastication ou à la déglutition, utilise les mêmes effecteurs neuromusculaires, les mêmes stéréotypes fonctionnels élémentaires se retrouvant dans les trois fonctions.

- la phonation est la fonction buccale, la moins affectée, tout au moins pour certains phonèmes, par la perte des organes dentaires et paradentaires.
- la phonation est la fonction orale la plus développée. L'homme s'en sert de manière presque constante. Par sa durée d'utilisation quotidienne, elle surclasse largement les autres activités buccales.
- la phonation est l'activité buccale la plus génératrice de forces horizontales actives et potentiellement nocives pour les structures prothétiques mandibulaires, car elle s'effectue, à l'inverse de la mastication ou de la

déglutition, sans contacts inter occlusaux directs ou indirects qui ont une action neutralisante et elle n'utilise, en général que des actions symétriques.

- la phonation fait intervenir la synergie entre les élévateurs et les abaisseurs mandibulaires, et permet le réglage de la dimension verticale de l'étage inférieur de la face.
- la phonation autorise le libre jeu du système musculaire bucco-lingual, ce qui permet d'admettre que la sollicitation des extérocepteurs de la muqueuse buccale et des muscles bucco-linguaux sera la plus faible possible (28).

P. Klein décompose les fonctions stéréotypes élémentaires et retient les plus dangereuses pour la stabilité prothétique comme stéréotypes modelant du couloir prothétique. Il codifie dans un premier temps les effets moteurs des stéréotypes buccaux élémentaires (tableau I).

Puis il décompose les fonctions de nutrition, c'est-à-dire la mastication et déglutition, (tableau II), et enfin celle de la phonation (tableau III).

Figure 20 : tableau I d'après Klein P

Effets moteurs des stéréotypes buccaux élémentaires		**Numéro de**
Mouvement des lèvres		
a	Agrandissement de l'ouverture labiale	1
b	Diminution de l'ouverture labiale	2
Mouvements de mandibule		
a	Vers le haut	3
b	Vers le bas	4
Mouvements de langue		
a	Protraction (avec ou sans appui)	5
b	Rétraction (avec ou sans appui)	6
c	Bords latéraux relevés en gouttière (avec ou sans	7
d	Clonus du muscle lingual supérieur ou inférieur	8
e	Elévation du dôme vers le palais (avec ou sans appui)	9
f	Mouvement latéral vers la droite ou la gauche	10

Figure 21 : tableau II d'après Klein P.

Praxies buccales de la nutrition		Stéréotypes élémentaires		
		Lèvres	Langue	Maxillaire
Mastication				
a	Préhension	1	5	3
b	Langue en avant ou de côté pour pousser la bouchée puisque	2	5, 6,	
c	Ecrasement de la bouchée	2		4
Déglutition				
a	Premier temps	2	5, 7, 9	
b	Deuxième temps	2	6	
c	Troisième temps		6+	

Figure 22 : tableau III d'après Klein P

Phonèmes	Stéréotypes alimentaires		
	Lèvres	Langue	Mandibules
Voyelles			
A	1		3
O	1	6	3
OU	2	6+	
È	1	6, 7	3
ON	1	6	3
EU	1	6, 7	4
I	2	5+, 7	
É	2	5, 7	
Ü	2	6+, 7	
ON	1	6	3
IN	1	6,7	3
Consonnes			
P, B, M	2, 1		
K, GU	1	6	3
L	1	5	3
R apical	1	5, 8	3
T, D, N	1	5, 7	
F, V	1	6, 7	
S, Z	2	5, 7	
CH, J		7	
R (uvulaire)		6, 8	

Le "+" signifie que le mouvement est poussé au maximum.
On remarquera que le stéréotype 9 est absent, mais ce manque est sans incidence car la déglutition nécessite l'occlusion.
Le stéréotype 6 compense le 10.
le "E" simple est neutre et peut être considéré comme un phonème de repos buccal.

P. Klein constate que les stéréotypes buccaux élémentaires de la nutrition se retrouvent intégralement dans la phonation, ce qui permet de n'utiliser que cette dernière qui est très maniable.

En effet, la phonation est utilisable même chez les patients anxieux, pour lesquels l'élocution aura un effet déstressant.
Elle peut s'utiliser chez des personnes ayant eu des troubles de l'élocution, certains de ces troubles peuvent disparaître avec les organes qui leur avaient donné naissance.
Elle ravive la mémoire neuromusculaire qui contrôle les mouvements mandibulaires.
Elle est plus simple à utiliser, car le praticien peut contrôler aisément l'intensité et le choix du phonème qu'il juge le plus efficace.

Dès lors, P. Klein, aboutit à un choix de phonèmes précis à utiliser pour l'enregistrement piézographique.
« *Pour que les phonèmes prennent une valeur piézographique, il faut que non seulement, ils activent la sangle buccinato-labiale afin de lui conférer un tonus qui la rende indépressible mais aussi que les stéréotypes imposés à la langue, l'entraîne à fournir une contre-force antagoniste* ».

Les voyelles sont très en rapport avec la mobilisation de la sangle buccinato-labiale, tandis que les consonnes émises avec « E » sont activatrices de la langue (12).

De plus, il faut choisir des phonèmes dont l'émission ne soit pas altérée par la perte des organes dentaires, donc des phonèmes dont l'articulation s'établit sur des parties osseuses palatines épargnées par la résorption alvéolaire.

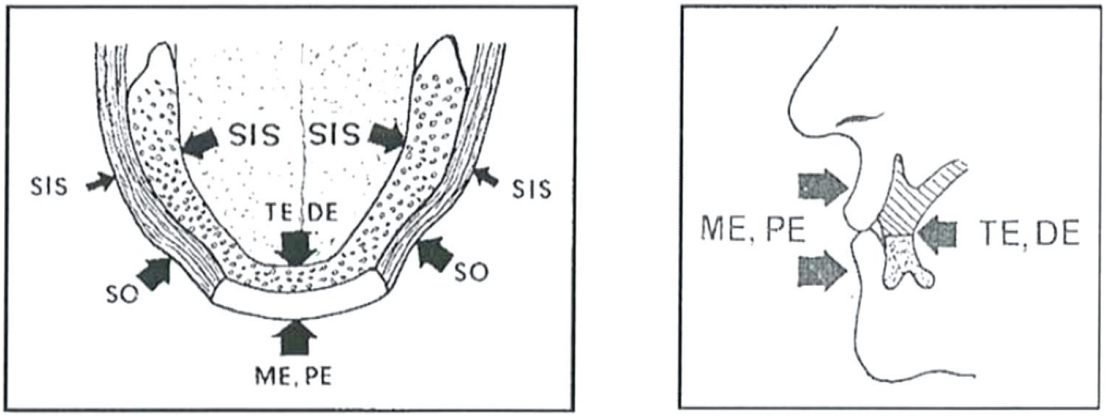
Ainsi, on choisira les phonèmes les « plus dangereux » pour la prothèse, ceux qui raccourcissent la corde qui sous-tend l'arc buccinato-labial et ceux qui étalent la langue au maximum lui faisant prendre appui sur la partie antérieure de l'arcade.

Les consonnes telles, le « S », le « D » ou le « T » provoquent une expansion maximum de la langue à l'intérieur de l'arcade avec une forte pression (dans le sens sagittal et dans le sens frontal).
« D » et « T » provoquent initialement une mise en pression de l'air dans la cavité buccale par l'appui de la pointe de la langue sur la face postérieure de la crête antéro-maxillaire, suivie d'une décompression par retrait de la langue et abaissement mandibulaire.
Le « S » est la seule consonne à activer le buccinateur.
Les consonnes comme « M » et « P » ont une action labiale. Elles réalisent la mise en pression de l'air par l'occlusion des lèvres, suivie d'une brusque décompression après leur ouverture et l'abaissement mandibulaire.

Les voyelles complètent l'action des consonnes.
Le « I » contracte les buccinateurs et tire les modioli en arrière pour rendre l'orifice buccal comme une fente horizontal.
Le « E » provoque une protraction modérée des lèvres, l'orifice buccal devient ovalaire.
Le « O » est la voyelle qui stimule le plus les lèvres, elle provoque une protraction maximale des lèvres. Elle tire les modioli en avant et avec eux les buccinateurs. L'orifice buccal devient alors petit et rond.

En associant ces stéréotypes, on obtient les phonèmes « SIS », « SO », « TE », « DE », « ME » et « PE » (**figure 23**).

Figure 23 : Orientation des forces générées par les phonèmes : coupes horizontale et sagittale, d'après Klein



Le « E » étant une voyelle peu activante, P. Klein préconise de la remplacer par le « I » ou encore mieux le « O » (voyelle la plus puissante). Le « ME » peut être remplacé par le « PE » pour un modelage plus vigoureux. Ces choix sont effectués en fonction du patient : le praticien doit observer son patient et choisir les phonèmes qui activent le mieux la langue et la sangle buccinato-labiale.

L'intensité de la prononciation doit être assez forte pour permettre une bonne activité de la musculature. Le patient doit être éduqué par quelques exercices phonétiques avant le modelage en bouche. Le praticien est face à son patient, et le patient répète les phonèmes (35).

3. Phonation et application aux autres domaines odonto-stomatologiques.

3.1 Phonation et orthopédie-dento-faciale

Ce qui nous intéresse ici, c'est l'impact que peut avoir une mauvaise articulation sur l'occlusion dentaire, et inversement. Le but ultime étant de montrer le rôle primordial du chirurgien-dentiste dans le dépistage précoce des anomalies fonctionnelles et occlusales, et la collaboration qui doit s'établir entre lui et l'orthophoniste.

En effet, certains phonèmes sont pathologiquement prononcés avec la langue en interposition dentaire.

Certains auteurs tels que J. AZERAD (6), pensent que : « *les pressions exercées par la langue sur les dents lors de la phonation ne sont pas négligeables, même si elles sont toujours plus faibles que celles exercées au cours de la déglutition.* »

Les phonèmes les plus souvent prononcés avec un mauvais lieu d'articulation et donc risquant d'engendrer des conséquences orthodontiques sont «t », « d », « n », « s » et « z ».

Par exemple, « s » et « z » sont nuisibles lorsqu'ils sont prononcés avec la langue en position interdentaire. On parle alors de zézaiement. Normalement ces deux phonèmes sont prononcés avec la langue derrière les incisives inférieures.

Pour les consonnes «t », « d », « n », où la pointe de la langue prend normalement appui sur la papille palatine, celle-ci pathologiquement pourra se placer sur la face palatine des incisives supérieures, ou des incisives inférieures, s'interposer entre les dents et parfois même entre les molaires.

Une anomalie de l'articulation des consonnes « f » ou « v » correspondrait, elle, à une interposition de la lèvre inférieure entre les incisives.

Selon AMEISEN (5), « *la majorité de ces troubles moteurs sont associés à des anomalies des praxies de la déglutition et qu'ils ne produisent aucun défaut audible d'articulation, alors qu'ils sont nocifs pour le système dentaire.* »

L'articulation pendant laquelle il existe une pression anormale sur les dents correspond à une antériorisation des points d'appuis. Les dysmorphoses qui en résultent peuvent être des proalvéolies voire des béances incisives.

Une grande diversité de schémas fonctionnels peut se rencontrer sans donner lieu à des déviations de la morphogénèse. Cependant, les dysfonctions ou altérations du mécanisme fonctionnel peuvent être associées à des dysmorphoses et/ou à des malocclusions. Inversement, les altérations morphologiques (en rapport avec la langue, les lèvres, le palais mou, les alvéoles et les dents) peuvent provoquer des dysfonctions, mais pas toujours : l'organisme présente une grande capacité d'adaptation en présence d'anomalies anatomiques s'installant progressivement chez un sujet jeune. La langue est l'organe le plus important de l'articulation de la parole et présente des changements rapides de forme et de mouvements.

Cependant, il peut y avoir des altérations de la parole lorsque les anomalies ne peuvent être compensées ou lorsqu'elles demandent un haut degré d'adaptation fonctionnelle.
Il peut être difficile de distinguer la cause des effets, car tous ces acteurs oraux sont étroitement liés au sein des praxies oro-faciales. Pour certains, ce sont les

dysmorphoses alvéolo-dentaires qui sont à l'origine des troubles phonatoires et, pour d'autres, elles sont la conséquence de défauts d'articulation.
Cependant, les forces résultant de l'articulation de la parole et de la déglutition sont de plus forte intensité, mais intermittentes par rapport aux forces exercées lors de la position de repos, faibles, mais continues (d'où la prédominance des activités musculaires en position de repos dans l'équilibre dento-alvéolaire).
Il est ainsi difficile de corréler problèmes phonatoires avec les malocclusions et les anomalies de développement, même si on ne peut écarter cette possibilité.

3.2 Phonation et prothèse maxillo-faciale

Les pertes de substance maxillo-faciale touchant les étages moyen et inférieur ont des répercussions majeures sur les différentes fonctions de la région oro-pharyngée et particulièrement sur la phonation, et par conséquent, indirectement sur le psychisme et la socialisation des patients.

Une prise en charge immédiate par réhabilitation dès le temps d'exérèse au bloc opératoire lorsque cela est possible dans les étiologies carcinologiques ou dès que le pronostic vital est assuré dans les étiologies traumatiques, permet une remise en activité rapide de la fonction phonatoire, donc de la communication, première étape vers une resocialisation de l'individu.

Cela représente un enjeu important de santé publique.

IV. Conclusion

Grâce à l'étude du concept piézographique, nous avons pu définir ce qu'est le couloir prothétique et montrer que celui-ci n'est pas figé, et se modèle avec le temps.

Nous avons vu, grâce à l'étude de la phonétique et de la phonation, comment l'étude d'une fonction peut permettre au chirurgien-dentiste, d'en faire un allié dans la réalisation de prothèses adaptées, et utiliser ses connaissances pour satisfaire au mieux son patient.

Par ailleurs, nous avons mis en lumière les limites des prothèses piézographiques. N'oublions pas que des limites s'appliquent également à la phonation.
En effet, il est impératif que le patient comprenne et puisse reproduire les séquences de phonèmes indiquées par le praticien.
Il est essentiel pour le praticien de déterminer ce qui sera le plus profitable à son patient : réaliser des prothèses conventionnelles et faire des exercices de phonation, ou réaliser des prothèses piézographiques, limitant ainsi l'adaptation par le patient.
Et quid des patients non francophones ?
Il serait intéressant de définir, comme P. Klein, des séquences de phonèmes, dans d'autres langues que le français, afin d'étendre ce concept à plus de patients, et répondre au mieux à leurs attentes.

ANNEXE : Analyse de la qualité des revues

Le guide d'analyse de la littérature et de gradation des recommandations de l'ADF énonce plusieurs critères d'évaluation de la qualité des revues de synthèse, énumérés ci-dessous :

1- Les objectifs sont-ils clairement exposés ?

Méthodologie :

2- Les sources de données sont-elles décrites ?
3- Les critères d'inclusion et d'exclusion et le mode de sélection des articles sont-ils énumérés ?
4- Les modalités de réalisation de l'analyse de la littérature sont-elles précisées ?
5- La méthode utilisée pour réaliser la synthèse des résultats est-elle présentée ?

Résultats :

6- L'auteur décrit-il les résultats de la recherche bibliographique ?
7- L'auteur commente-t-il la validité des études sur lesquelles il fonde ses arguments ?
8- Les conclusions s'appuient-elles sur des données fiables et référencées ?

Applicabilité

9- La conclusion permet-elle de répondre aux questions que l'on se pose ?

	1 Objectifs exposés	2 Sources décrites	3 Sélection	4 Modalités Analyse Litt	5 Méthode Synthèse resultats	6 Description resultats recherche	7 Com. validité études	8 données Concl.	9 Concl.
Ameisen 2003	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui	oui	non
Conessa 2005	oui	non	non	oui	non	non	oui	non	oui
Klein 1993	oui	oui	non	oui	oui	oui	oui	non	oui
Makzoume 1998	oui	non	non	non	non	oui	non	non	non
Nabid 1991	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

Bibliographie

1. **ABDMEZIEM M.**
   Amélioration de la stabilité des prothèses totales mandibulaires par le biais de la piézographie analytique.
   Thèse : 3ème cycle Sci Odontol, Alger, 1987.

2. **ACKERMANN F.**
   Le mécanisme des mâchoires (naturelles et artificielles).
   Paris: Masson, 1953.

3. **AICHE H.**
   Avantages et inconvénients du montage piézographique.
   Conférence aux entretiens de Garancières, Paris, septembre 1984.

4. **AICHE H.**
   Les difficultés de l'enregistrement piézographique.
   Bull S.P.A.F 1986;(**2**):5-16.

5. **AMEISEN E, AUCLAIR-ASSAD C, ROLAND ML.**
   Phonation et orthodontie.
   Encycl Med Chir (Paris), Stomatologie, 22-009-B-10, 2003,**10**.

6. **AZERAD J.**
   Physiologie de la manducation.
   Paris : Masson, 1992.

7. **BARI F.**
   Prothèse fonctionnelle et piézographique en implantologie. Espace prothétique et implantologie.
   Inf Dent 1971 ;26 :266-279.

8. **BERNHARDT M.**
   La conception prothétique fonctionnelle.
   Stratégie Prothétique 2005;**5**(5):325-328.

9. **BRIN F, COURRIER C, LEDERLE E et coll.**
Dictionnaire d'orthophonie.
Isbergues : Ortho édition, 2004.

10. **BURLUI V, TEODORESCHU HN et MORARASU CS.**
La fonction phonétique chez l'édenté total. Analyse en fréquence.
Cah Prothèse 1994;(88):63-68.

11. **CONESSA C, HERVE S, GOADSOUE P et coll.**
Insuffisance vélo-pharyngée.
Encycl Med Chir (Paris), oto-rhino-laryngologie, 20-618-A-10, 2005, **10**.

12. **COUTAND A, et FIEUX J.**
Phonation et odonto-stomatologie.
Encycl Med Chir (Paris), tome 1, 1975, fasc. 22009P10.

13. **DEVIN R.**
Sénescence et prothèse dentaire totale.
Actual Odontostomatol (Paris) 1973 ;103 :488-495.

14. **DEVIN R.**
Psychisme et piézographie.
Actual Odontostomatol (Paris) 1974 ;28 :253-279.

15. **DUBREUIL CH, PIGNAT JC, BOLOT G et CERUSE PH.**
Exploration de la phonation. 2e éd.
Paris : Masson, 2002 :69-72.

16. **FISH EW.**
Principles of full denture prosthetics. 6e éd.
London, 1984.

17. **FOTI B, NIVIERE C, TAVITIAN P et coll.**
Production de la consonne « S » chez l'édenté complet appareillé.
Cah Prothèse 1998 ;(**102**) :41-46.

18. **GAMBINI J.**
Importance des connaissances mécaniques, théoriques et cliniques (piézographie) nécessaires à la réussite fonctionnelle des prothèses en implantologie.
Thèse : 3ème cycle, Sci Odontol, Marseille, 1988.

19. HARTMANN F.
Prothèse totale. Piézographie et neurophysiologie.
Inf dent 1973 ;1:68-69.

20. HEATH MR.
Facteurs cliniques qui déterminent l'espace prothétique.
Inf Dent 1973 ;vol(1) :70-71.

21. HEATH M.R.
La position et les mouvements fonctionnels de la langue.
Questions Odontostomatol 1978 ;12 :5-9.

22. HUE O et BERTERETCHE MV.
Prothèse complète : Réalité clinique et solutions thérapeutiques.
Paris : Quintessence International, 2004.

23. HUISMAN.
Un handicapé sensitivo-moteur ; l'édenté complet.
Inf Dentaire 1973 ;1 :69.

24. KLEIN P.
Les apports de la piézographie à la prothèse adjointe mandibulaire.
Thèse :3ème cycle ; Sci Odontol Paris, 1970.

25. KLEIN P.
Précis de prothèse adjointe.
Paris : Société de Diffusion de Publications Scientifiques, 1981.

26. KLEIN P.
Piézographie mandibulaire.
Conférence aux entretiens de Garancières, Paris, septembre 1984.

27. KLEIN P.
Que peut-on attendre de la piézographie, dans la réhabilitation esthétique de l'édentation totale.
Rev Fr Odontostomatol (Paris) 1985 ;**14**(4) :285-290.

28. KLEIN P
Piézographie et prothèse adjointe.
Encycl Med Chir (Paris) Stomatologie, 23-325 M-10,1993.

29. LABORDERIE N.
Précis de phonétique historique.
Paris : Nathan Université, 1994.

30. MAKZOUME J.
Les troubles phonétiques en prothèse adjointe complète.
Cah Prothèse 1998 ;103:31-35.

31. MERSEL A.
Solution piézographique à une édentation bimaxillaire de classe III.
Conférence aux entretiens de Garancières, Paris, septembre 1984.

32. NABID A.
Recherche sur une technique d'analyse de l'espace prothétique, la piézographie : incidence de ces recherches sur le volume et le modèle des appareillages nécessaires aux traitements des édentations mandibulaires à crêtes de niveau III et IV.
Thèse : Doctorat en sciences médicales, Université d'Alger, 1982.

33. NABID A.
Etude quantitative des formes et dimensions de la surface occlusale d'une prothèse complète mandibulaire dans les édentations à crêtes résiduelles plates ou négatives.
Clinic 1991;3:227-233.

34. PIALOUX P, VALTAT M, FREYSS G et LEGENT F.
Précis d'orthophonie.
Paris : Masson, 1975.

35. SAMOIAN R.
Apport des techniques piézographiques en prothèse adjointe totale.
Actual Odontostomatol (Paris) 1992 ;177:157-177.

36. SANGIUOLO R, MARIANI P, MICHEL JF et SANCHEZ M.
Les édentations totales bimaxillaires : formes cliniques, thérapeutiques prothétiques.
Paris :Julien Prélat, 1980.

37. VAISSIIERE J.
La phonétique. Collection Que sais-je ?. 2e éd.
Paris : Presses Universitaires de France.

Table des schémas

Figure 1 a : téléradiographie de profil avec le guide radiographique en place.....8
Figure 1b : classification des crêtes selon Landa 10
Figure 1c : schéma maquette mandibulaire et phonèmes.....16
Figure 2 : premier modelage buccinateur (d'après NABID A) 19
Figure 3 : deuxième modelage buccinateur (d'après NABID A).....20
Figure 4 : piézographie rejetée (d'après NABID A) 21
Figure 5 : troisième modelage buccinateur (d'après NABID A) 21
Figure 6 : modelage antérieur (d'après NABID A).....22
Figure 7 : détermination du plan d'occlusion (d'après NABID A) 25
Figure 8 : confection des clés vestibulaires et linguales (d'après NABID A) 27
Figure 9a : coupe frontale de la cavité buccale : espace naturel chez le patient denté (d'après ABDMEZIEM M.).....28
Figure 10 : couloir dentaire de Château.....30
Figure 13 : articulations orale et nasale 38
Figure 14 : triangle vocalique http://research.jyu.fi/phonfr/51.html.....39
Figure 15 : position de la langue pour l'articulation des A,I,OU. (39) 40
Figure 16 : voyelles orales http://www.sfu.ca/fren270/Phonetique/trapze.htm..40
Figure 17 : voyelles nasaleshttp://www.sfu.ca/fren270/Phonetique/trapze.htm 41
Figure 18 : tableau des consonnes (29) 43
Figure 19 : position de la pointe de la langue pour l'articulation des D, T, N, L, S, Z. 44
Figure 20 : tableau I d'après Klein P.....45
Figure 21 : tableau II d'après Klein P. 46
Figure 22 : tableau III d'après Klein P 47
Figure 23 : Orientation des forces générées par les phonèmes : coupes horizontale et sagittale, d'après Klein.....50

Références des figures :

Figure 11
http://mediatheque.ircam.fr/sites/voix/images/voix/systresp_FT.gif

Figure 12 : plis vocaux
http://flenet.unileon.es/phon/phoncours.html

Figure 19 : position de la pointe de la langue pour l'articulation des D, T, N, L, S, Z. (5)