

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER  
FACULTE DE SANTE

---

Année 2022

2022 TOU3 3023

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement  
par

Eléonore GALDIN

Le 8 Mars 2022

---

ANALYSE DYNAMIQUE DE DEUX CONCEPTS OCCLUSAUX  
EN PROTHESE COMPLETE

Directeur de thèse : Docteur Luc Raynaldy

---

JURY

Président :

Professeur Frédéric Vaysse

1er Assesseur :

Docteur Karim Nasr

2ème Assesseur :

Docteur Florent Destruhaut

3ème Assesseur :

Docteur Luc Raynaldy



**Faculté de santé  
ancienne Faculté  
de Chirurgie Dentaire**

➔ **DIRECTION**

**DOYEN**

M. Philippe POMAR

**ASSESEUR DU DOYEN**

Mme Sabine JONJOT  
Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

➔ **HONORARIAT**

**DOYENS HONORAIRES**

M. Jean LAGARRIGUE +  
M. Jean-Philippe LODTER +  
M. Gérard PALOUDIER  
M. Michel SIXOU  
M. Henri SOULET

**MEMBRE DU DIRECTOIRE ADMINISTRATIF DE LA  
FACULTE DE SANTE**

Mme Muriel VERDAGUER

**PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE**

Mme Cathy NABET

**CHARGÉS DE MISSION**

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)  
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)  
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)  
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)  
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

**Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention**

**56.01 ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE et ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE** (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

**ODONTOLOGIE PÉDIATRIQUE**

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE  
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY  
Assistants : Mme Marion GUY-VERGER, Mme Alice BROUTIN (associée)  
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE,

**ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG  
Assistants : Mme Isabelle ARAGON, M. Vincent VIDAL-ROSSET

**56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE** (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES  
Assistante : Mme Géromine FOURNIER  
Adjoints d'Enseignement : Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL, Mme Carole KANJ

**Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale**

**57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE** (M. Philippe KEMOUN)

**PARODONTOLOGIE**

Maîtres de Conférences : Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL  
Assistants : Mme Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN  
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,  
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

### CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY  
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS  
Assistants : M. Clément CAMBRONNE  
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

### BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Assistants : M. Mathieu MINTY, Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET  
GALY-CASSIT  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Olivier DENY

## **Section CNU 58 : Réhabilitation Orale**

### 58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

#### DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE, Mme Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER  
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean-Philippe MALLET, M. Ramil HANDAN, M. Romain DUCASSE,  
Mme Lucie RAPP

#### PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR  
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT, M. Antoine GALIBOURG,  
Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET  
Assistants : Mme Constance CUNY, M. Julien GRIFFE  
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER,  
M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA, M. Victor EMONET-DENAND  
M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE

#### FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONQOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT, M. Thibault CANCELL  
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES, Mme Julie FRANKEL  
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

-----  
Mise à jour pour le 01 février 2022

# A notre Président du jury,

Monsieur le Professeur VAYSSE Frédéric

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,

*Nous sommes très honorés que vous ayez accepté sans hésiter de présider notre jury.*

*Nous vous remercions pour votre enseignement durant notre cursus, et plus particulièrement, nous vous sommes reconnaissants de nous avoir fait découvrir la dentisterie pédiatrique, pour laquelle nous avons un réel attrait.*

*Veillez trouver à travers ce travail le témoignage de notre profond respect.*

# A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur NASR Karim,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
  - Lauréat de l'Université Paul Sabatier.
- Master1 mention Biotechnologie-Biostatistiques
- Master 2 Recherche en Science des Matériaux
- certificat d'Etudes Supérieures de technologie des matériaux employés en Art Dentaire
- Certificat d'Etudes Supérieures de prothèse Dentaire (Option prothèse Scellée)
- Responsable du domaine d'enseignement Imagerie et Numérique
- Responsable de l'Attestation d'Etudes Universitaires d'Imagerie Maxillo-Faciale (CBCT).
- Responsable du Diplôme Universitaire de CFAO en Odontologie
- Chargé de mission à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse

*Nous sommes extrêmement reconnaissants que vous ayez accepté de diriger cette thèse.*

*Nous vous remercions pour l'enseignement de votre esprit clinique et critique, durant  
notre cursus.*

*Veillez trouver à travers ce travail, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

# A notre jury de thèse,

Monsieur le docteur DESTRUHAUT Florent,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Habilitation à Diriger des recherches
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Directeur adjoint de l'Unité de Recherche Universitaire EvolSan (Evolution et Santé Orale)"
- Docteur de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales en Anthropologie sociale et historique,
- Certificat d'Études Supérieures en Prothèse Maxillo-Faciale,
- Certificat d'Études Supérieures en Prothèse Conjointe,
- Diplôme Universitaire de Prothèse Complète Clinique de Paris V,
- Diplôme universitaire d'approches innovantes en recherche de TOULOUSE III
- Responsable du diplôme universitaire d'occlusodontologie et de réhabilitation de l'appareil manducateur
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

*Nous sommes très honorés que vous ayez accepté sans hésiter de participer à notre jury de thèse.*

*Nous vous remercions pour la qualité de vos enseignements, que nous avons pu apprécier tant dans leur partie théorique que clinique. Je me souviens particulièrement de ces heures passées avec vous en 5ème année le vendredi.*

*Nous vous remercions pour votre accessibilité et votre implication tout au long de ce cursus.*

# A notre directeur de thèse,

Monsieur, le Docteur RAYNALDY Luc,

- Adjoint d'Enseignement à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Ex Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Maîtrise de Sciences de la Vie et de la Santé, mention : Physiologie cellulaire intégrée et physiopathologie
- CES B : Prothèse fixée
- M2 recherche biomécanique du mouvement humain
- Praticien Hospitalier

*Nous sommes extrêmement reconnaissants que vous ayez accepté de diriger cette thèse.*

*Nous vous remercions pour votre aide, votre écoute et votre patience durant cette rédaction de thèse.*

*Merci pour ces moments d'échanges, pour vos anecdotes, pour la sensibilité que vous attachez à la nature et à la terre.*

*Nous vous remercions également pour votre confiance, votre disponibilité, et pour l'intérêt que vous avez exprimé pour le sujet de ce travail.*

*Nous espérons que ce dernier sera à la hauteur de vos attentes.*

*Veuillez trouver au travers de ce travail, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

# REMERCIEMENTS

A mes parents, pour les années d'éducation, les valeurs transmises et nos voyages réalisés. Vous m'avez toujours accompagnée dans mes choix. Merci à ma mère pour ses heures de relecture et sa patience. Merci à mon père pour ces moments musicaux et sportifs. Merci à mon frère Victor, pour son esprit festif toujours au rendez-vous.

A mes grands-parents, pour tous nos moments partagés. Vous avez toujours été à l'écoute et attentifs à mon avancée personnelle et professionnelle.

A Lucas, mon confident, mon pilier dans la vie. On avance à deux maintenant et ce n'est que plus beau.

A Léa, présente depuis toujours. Je suis si fière de la route parcourue à tes côtés !

A mes amis de PACES, Dodo, Gathou, Tetelle, Jéjé, Auré, Clem. Ces rencontres auront changé ma vie à jamais. Une deuxième famille est née.

A Clara, assez folle pour me suivre jusqu'à l'autre bout de la Terre ! Merci pour ces moments fabuleux !

A mon binôme Val, merci à nos fous rires, à ta détermination, grâce à toi j'ose davantage m'affirmer.

Merci au « 13 organisés », Claire d'être si joyeuse, Noor la plus festive, Man la reine du brunch, Amélie toujours souriante, Vincent toujours là pour un bon conseil, Jean le plus blagueur, Lucas G le compétiteur dans l'âme, Blumi le meilleur sportif et Polo le surfeur, merci d'être là depuis le début de ces 5 années.

Aux 4 mousquetaires Antoine, Alex et Thibault, à ces 6 mois d'Erasmus inoubliables ☀️. Une belle amitié est née.

A Madou, ma fidèle amie depuis le lycée ! Nos aventures à travers le monde ont renforcé ce lien à jamais. Merci pour ta générosité sans fin.

A la plage, Salomé, Mathilde A, Mathilde C, Anaïs, Astrid, Lolotte, Pauline, ces filles toujours aussi pétillantes depuis 5 ans déjà !

Merci à Hélène, de m'avoir fait confiance lors de cette collaboration et de ce remplacement.

Merci à Bastien, Thomas et Manon pour leur aide précieuse en maths.

Merci à Mme B. pour sa disponibilité et son temps.



## Table des matières

### Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Cinématique mandibulaire</b> .....	<b>12</b>
2.1 Définition .....	12
2.2 HISTORIQUE .....	12
2.3 LES MOUVEMENTS MANDIBULAIRES (6).....	13
2.3.1 LES MOUVEMENTS FONDAMENTAUX chez le sujet denté.....	13
2.3.2 MOUVEMENTS PHYSIOLOGIQUES .....	19
2.3.3 Rôle neurophysiologique .....	24
2.4 Analyse et enregistrement de la cinématique mandibulaire .....	25
2.4.1 Historique .....	25
2.4.2 Articulateur.....	28
2.4.3 AXIOGRAPHIE.....	30
<b>3. Concept occlusal intégralement équilibré</b> .....	<b>32</b>
3.1 Occlusion plane .....	32
3.2 Occlusion intégralement/généralement équilibrée.....	33
3.3 Occlusion lingualée.....	34
3.4 Choix des dents : recommandation de la littérature.....	36
3.4.1 Matériaux des dents utilisés.....	36
3.4.2 Morphologie des dents.....	38
3.4.3 Taille des dents .....	41
<b>4. MODJAW</b> .....	<b>42</b>
4.1 Création .....	42
4.2 Matériel .....	42
4.3 Fonctionnement .....	43
4.4 Préparation de l'enregistrement cinématique et étalonnage .....	45
4.3.1 Modélisation 3D des arcades.....	45
4.3.2 Modélisation 3D du visage du patient (25).....	45
4.3.4 Positionnement des arcades sur le modèle 3D .....	47
.....	47
.....	47
.....	48
4.4 Acquisition des mouvements mandibulaires.....	48
<b>5. ETUDE</b> .....	<b>49</b>
5.1 Hypothèse : .....	49
5.2 Questionnaires .....	49
5.3 Conception des prothèses .....	49
5.6 Modjaw ® .....	64
5.4 Résultats.....	68
5.7 Discussion.....	78
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>83</b>
<b>ANNEXE CALCULS</b> .....	<b>87</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>88</b>
<b>INDEX ICONOGRAPHIE</b> .....	<b>90</b>

## INTRODUCTION

La thérapeutique de l'édentement total est un problème majeur de santé publique.

L'édentement complet représente un véritable défi pour le professionnel de santé. Les patients se plaignent souvent d'inconfort et de manque de rétention avec leurs prothèses. Les prothèses amovibles complètes sont la plupart du temps instables ne permettant pas une utilisation fonctionnelle quotidienne satisfaisante. La liberté de mouvement de la mandibule est limitée lorsque des bascules de la prothèse existent. L'alimentation est donc trop souvent réduite en terme d'efficacité et de variation possible de la qualité et de la texture des aliments.

Avec l'arrivée des implants, ces limitations ont pu être atténuées et le confort du patient a pu être développé.

Aujourd'hui, la dentisterie évolue vers le numérique. Les empreintes, les modélisations prothétiques sont numérisées, ce qui rendra les techniques conventionnelles bientôt obsolètes. Il est désormais possible de personnaliser les prothèses à l'aide de scan, de photographies et de montage des dents numérique. Le Modjaw® apporte une technologie nouvelle en analysant les mouvements mandibulaires du patient dans le temps. Ce n'est plus seulement le statique qui est analysé mais également l'analyse dynamique des mouvements excentriques qui est désormais possible. Le Modjaw® paraît alors intéressant pour détecter d'éventuelles interférences lors d'équilibration secondaire par exemple et ainsi favoriser une meilleure rétention et un meilleur confort de la prothèse complète.

Deux concepts occlusaux théoriques semblent se démarquer dans la littérature et dans la pratique quotidienne. D'un côté l'occlusion intégralement équilibrée généralisée et de l'autre l'occlusion intégralement équilibrée linguale. L'analyse fonctionnelle de ces deux concepts à l'aide du Modjaw® pourrait mettre en lumière les différences décrites dans la littérature. C'est ce que nous avons voulu mettre en évidence dans cette étude préliminaire en conceptualisant deux jeux de prothèses différentes. Une évaluation sur le ressenti du port des prothèses et une analyse fonctionnelle seront faites.

## 2. Cinématique mandibulaire

### 2.1 Définition

Les origines du mot cinématique viennent du grec ancien « kinêtikos » qui signifie « qui se meut, qui met en mouvement »(1) . Le terme cinématique quant à lui, introduit une notion de temps. C'est l'étude des mouvements en fonction du temps, indépendamment de leurs causes, des forces qui les produisent.(2)

La cinématique mandibulaire répond à des critères spécifiques :

- Elle est fonctionnelle grâce à une « triple articulation » constituée de l'articulation temporomandibulaire (ATM) droite, l'ATM gauche ainsi que de l'occlusion dentaire.(3)
- Les ATM sont mobilisées constamment tout au long de la journée : ce sont les articulations les plus sollicitées du corps avec environ 2 000 mouvements/ 24 heures. (4)
- 2 grands groupes de mouvements constituent la cinématique mandibulaire : les mouvements fondamentaux et les mouvements fonctionnels.

### 2.2 HISTORIQUE

La physiologie de l'ATM a été décrite par les travaux d'Antoine Ferrein « sur les mouvements de la mâchoire inférieure 1744 ». Il y expliqua :

- Les mouvements de rotation et de translation du condyle lors de l'abaissement de la mandibule
- Le mouvement de rétroimpulsion (appelé mouvement de Ferrein pour Saizar)
- Le mouvement latéral (nommé plus tard mouvement de Bennett (5) ou mouvement diagono-transversal d'Ackermann)
- L'existence d'un axe d'abaissement mandibulaire à proximité de l'orifice d'entrée du canal dentaire inférieur.

## 2.3 LES MOUVEMENTS MANDIBULAIRES (6)

- Les mouvements LIMITES = les amplitudes maximales de déplacement permises par les structures dentaires, articulaires, ligamentaires. Ils sont reproductibles.
- Les mouvements FONDAMENTAUX = évaluent les capacités de mouvement de l'appareil manducateur. Position obtenue de manière active ou assistée par le praticien.
- Les mouvements PHYSIOLOGIQUES = mastication, déglutition, phonation, bâillement.

### 2.3.1 LES MOUVEMENTS FONDAMENTAUX chez le sujet denté

Les ATM permettent d'effectuer 2 mouvements élémentaires :

- La rotation qui se fait autour d'un axe horizontal transverse = l'axe bicondylien.
- La translation qui se produit dans le compartiment supéro disco-temporal.

Ces mouvements fonctionnent ensemble, on parle alors de roto-translation, de mouvements composés.

Les mouvements élémentaires (rotation et translation) se réalisent simultanément ou non, de manière symétrique ou pas. Leur assemblage permet les mouvements fondamentaux :

- Ouverture / fermeture
- Propulsion/ rétropulsion
- Diduction

En 1968, Posselt décrit l'enveloppe des mouvements LIMITES de la mandibule. A l'aide d'un stylet sur le dentalé, il observe le déplacement du point interincisif mandibulaire dans les 3 sens de l'espace (frontal, parasagittal et horizontal). Les limites supérieures sont généralement dentaires et les autres positions sont articulaires et ligamentaires.

L'association de ces 3 plans donne un volume appelé le rhomboïde de Posselt ou diagramme de Posselt. Il permet de définir les positions mandibulaires reproductibles. Les mouvements fonctionnels se situent à l'intérieur de ce diagramme.

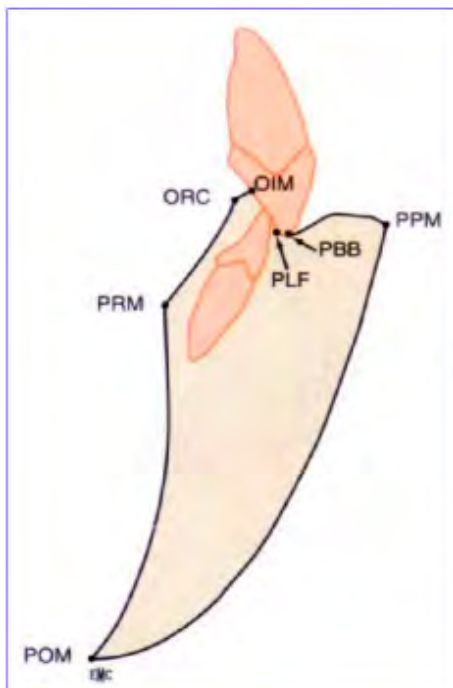


Figure 1 : Diagramme de Posselt dans le plan sagittal (7)

- ORC : occlusion en relation centrée ;
- OIM : occlusion d'intercuspédie maximale ;
- PLF : position limite fonctionnelle ;
- PBB : position en bout à bout ;
- PPM : position de propulsion maximale ;
- POM : position d'ouverture maximale ;
- PRM : position de rotation maximale.

Le point de départ de tous les mouvements mandibulaires est la position physiologique de repos mandibulaire PPRM (Le GALL).

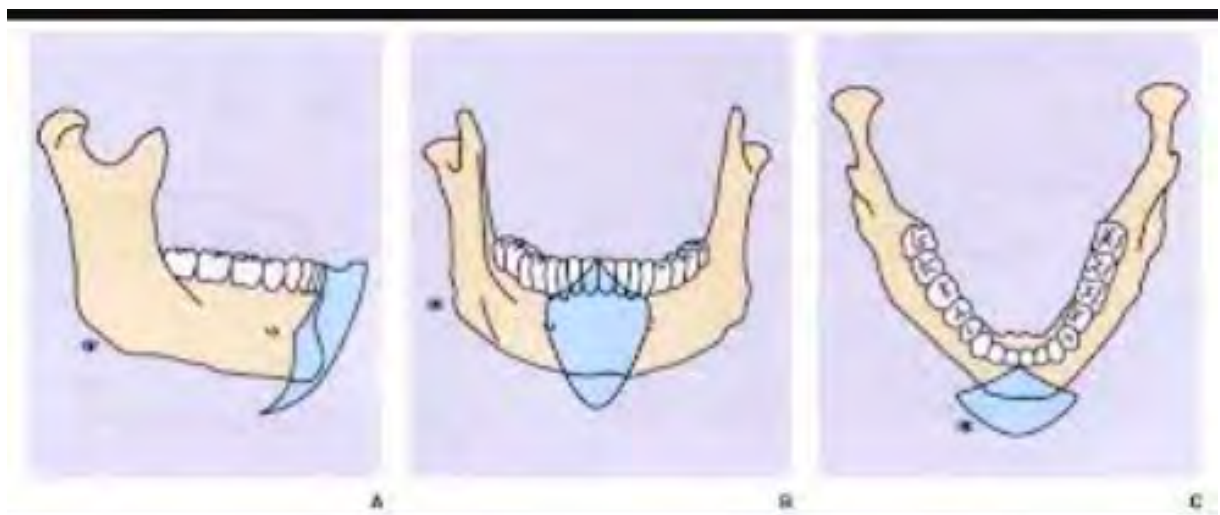


Figure 2 : Diagramme de Posselt (7) : A dans le sens para-sagittal, B dans le sens frontal et C dans le sens horizontal.

- **Mouvements d'abaissement (Ouverture) et d'élévation (fermeture)**

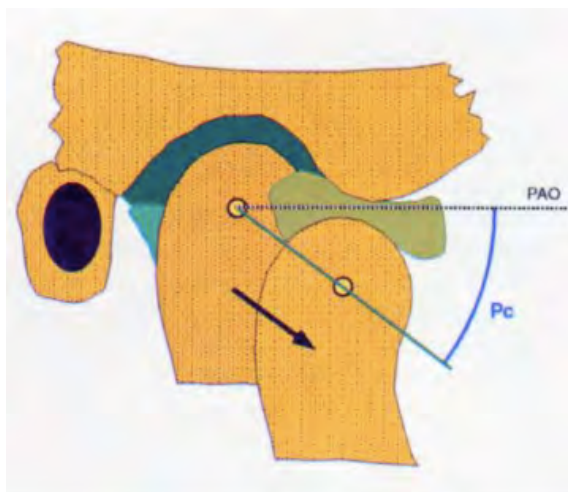
Le mouvement d'ouverture est d'abord une rotation (compartiment inférieur condylo discal) puis une rototranslation (compartiment supérieur disco-temporal) de la mandibule. Il est situé entre l'OIM et la position d'ouverture maximale (POM). Il est le résultat de l'action synergique des muscles abaisseurs et élévateurs avec une amplitude moyenne de 50 mm +/- 7mm. (3)

Le mouvement de fermeture dans des conditions physiologiques, (retour à l'OIM) est symétrique et inverse à l'ouverture.

- **Propulsion/ Rétropulsion**

La propulsion (ou proclulsion) est un mouvement de glissement des dents mandibulaires vers les incisives maxillaires, qui amène la mandibule de l'OIM à la position de propulsion maximale avec contact inter-incisif (PPM). Le mouvement est symétrique et son amplitude varie de 7,3 à 9,1 mm. (8)

Il y a une translation condylienne le long de la face articulaire de l'éminence temporale. Au niveau articulaire on définit la **pente condylienne** : C'est l'angle formé entre la trajectoire de l'axe charnière et le plan horizontal de référence axio-orbitaire (PAO). L'axe charnière étant l'axe autour duquel le condyle tourne en RC. Sa valeur est en moyenne de 40°. Elle est à prendre avec prudence puisqu'il y a une hétérogénéité importante. En effet plusieurs auteurs l'ont mesuré, comme Slavicek (9) qui obtient une moyenne de 50° avec un écart-type de 8,6. Lauret et Le Gall ont des résultats qui varient entre 20° et 70° (10).



*Figure 3 : La translation condylienne et la mise en évidence de la pente condylienne (Pc) par rapport au plan axio-orbitaire (PAO) (11)*

Au niveau dentaire, on définit la **pente incisive** : on mesure le déplacement du dentalé entre le point de contact en OIM et le bout à bout incisif dans un plan sagittal. Selon différents auteurs, la pente condylienne a un impact sur la pente incisive et doit donc être réglée au plus juste pour créer des prothèses antérieures les plus fonctionnelles possibles. (12)

Dans la récente étude de Oancea et collaborateurs, une augmentation de 10° de la pente condylienne a un impact sur les morphologies occlusales de toutes les dents de l'arcade. La pente incisive est également plus importante. (13)

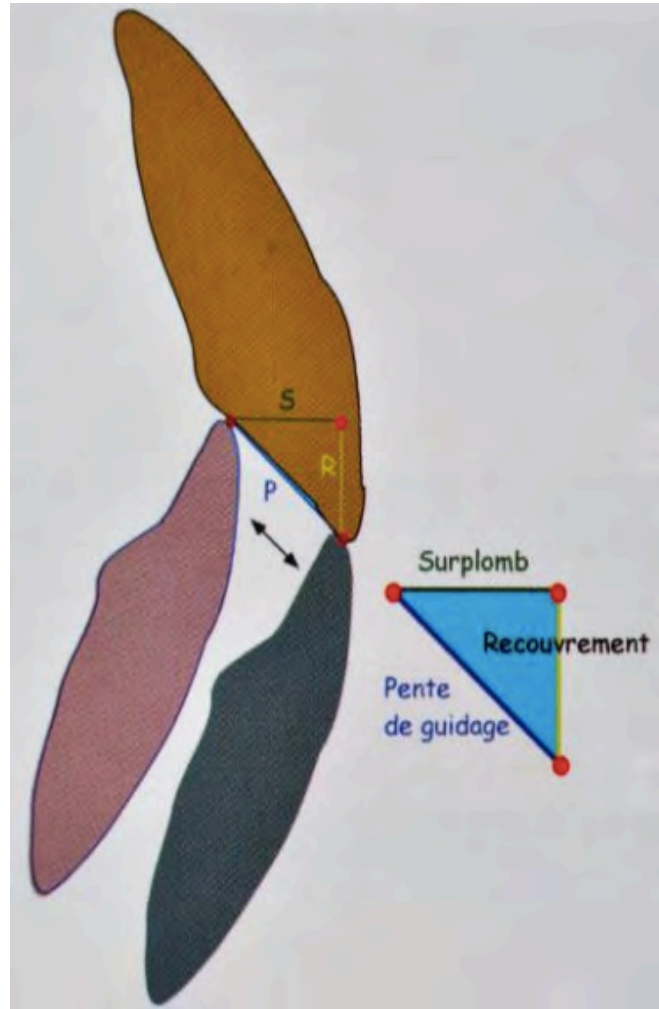


Figure 4 : Le triangle de Slavicek (14)

Slavicek et Mc Horris n'ont pas réussi à montrer une corrélation entre la PC et la pente incisive. Les données qu'ils ont pu avoir montrent cependant une pente incisive en moyenne supérieure de 10° par rapport à la pente condylienne.

En prothèse amovible complète, on recherche des appuis équilibrés et bilatéraux. Pour cela, on va augmenter les déterminants postérieurs, et diminuer les déterminants antérieurs. Ainsi la pente incisive sera plus ouverte (15°), on vient créer une béance pour ne pas fermer l'occlusion dès le premier mouvement et déstabiliser les prothèses.

Le mouvement de rétroimpulsion est l'inverse de la propulsion avec un retour en OIM de la mandibule. Le **mouvement de Ferrein** décrit un recul à partir de l'OIM de 0,3mm. C'est le mouvement allant de l'OIM à la RC

- **Diduction : amplitude normale 15-20 mm.**

Le côté vers lequel s'effectue la latéralité est appelé côté travaillant et le côté opposé est dit non travaillant. C'est un mouvement asymétrique.

Chez le denté en normo-occlusion, au niveau dentaire, il y a une désocclusion dentaire du côté non travaillant et des contacts du côté travaillant. Ces contacts sont assurés soit par la canine et l'incisive latérale (fonction canine ou fonction antéro-latérale) soit par les prémolaires et molaires (fonction groupe). Si un contact survient du côté non travaillant on parlera alors d'interférence non travaillante.

Au niveau articulaire, du côté travaillant, le condyle effectue une rotation latérale et du côté non travaillant il y a une translation antérieure.

Le déplacement latéral du condyle non travaillant forme un angle avec le plan para-sagittal : **l'angle de Bennett** (valeur moyenne de 15°) (étude de LunDeen 1982 sur 100 sujets : angle constant de 7°). Le mouvement de translation se fait vers le bas, vers l'avant et en dedans.

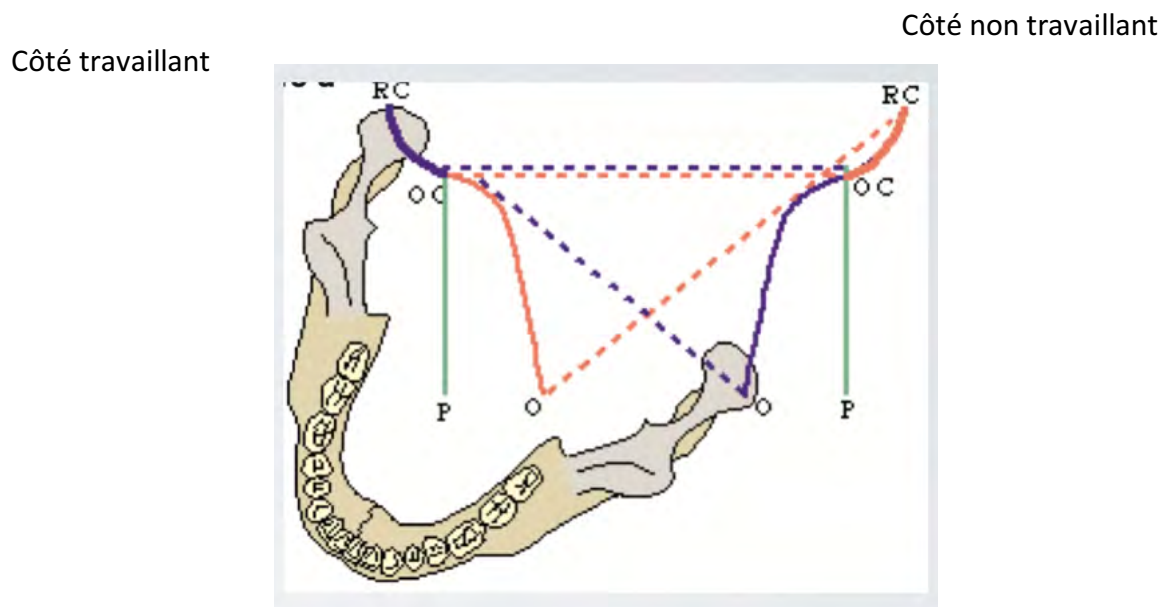


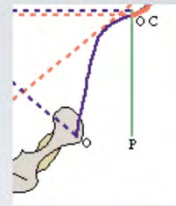
Figure n°5 : Mouvement de Bennett (Cours Dr TRIGALOU & Dr RAYNALDY)



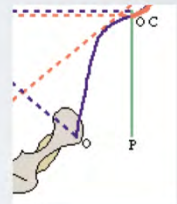
## Mouvement de Bennett:

Le condyle orbitant ne fait pas un mouvement rectiligne

On peut avoir un mouvement horizontal en premier:  
Immediate side shift = mouvement latéral immédiat  
Valeur variable de 0 à 3 mm (LUNDEEN et GIBBS)



Puis on descend:  
Progressive side shift = mouvement latéral progressif  
7,5° en moyenne (LUNDEEN et WIRTH )



Les déplacements latéraux des condyles travaillant et Non travaillant sont appelés **mouvements de Bennett.**

L'Immédiate Side Shift (ISS) varie en fonction des patients. Cette valeur se retrouve au niveau des fosses plus ou moins larges des dents cuspidées.

Lorsqu'on analyse dans le sens frontal la mastication (Lundeen et Gibbs 1982), on remarque qu'au niveau des condyles, on note une différence du trajet, le condyle du côté travaillant ne revient pas au point de départ comparé au condyle non travaillant.

### 2.3.2 MOUVEMENTS PHYSIOLOGIQUES

Ils se situent à l'intérieur de l'enveloppe des mouvements limites.

- Phonation : Elle s'effectue sans contact dentaire
- Mastication chez le sujet denté :
  - o Incision : après une section éventuelle en bout à bout, l'incision provoque le basculement du bol alimentaire vers les secteurs cuspidés. Les contacts en bout à bout ainsi que les glissements des bords incisifs sur les cingulum palatins maxillaires doivent être répartis sur plusieurs dents pour assurer une bonne efficacité et une bonne répartition des forces.

On remarquera l'inverse de la cinétique avec la propulsion. Un jeu fonctionnel antéro-postérieur suffisant doit exister au niveau des faces palatines des incisives maxillaires pour permettre la mastication postérieure sans surguidage antérieur.

- o Dilacération, trituration : Après la phase d'incision, le bol alimentaire est dilacéré et laminé au niveau des cuspidés avant d'être dégluti.

Un jeu fonctionnel postérieur de guidage à l'OIM doit exister, pour que le mouvement postérieur et latéral des molaires mandibulaires puisse avoir lieu en entrée de cycle.

Mastication chez le sujet édenté : La proprioception est altérée. L'absence des dents prive le patient de proprioception concernant la présence d'aliments. Les seules informations de pression sont données par des extéro-récepteurs muqueux peu précis. Il apparaît que les sujets porteurs de prothèses bimaxillaires ont des cycles masticatoires plus longs et plus fréquents. La force musculaire n'est pas optimale ce qui rend la mastication d'aliments durs plus difficile. (8)

- Déglutition : le bol alimentaire est avalé et se dirige vers l'estomac par l'œsophage.

## PHYSIOLOGIE DE LA MASTICATION CHEZ LE DENTE (15)

La mastication peut se faire de 3 manières :

- **Une mastication unilatérale alternée.** C'est la plus répandue et la plus physiologique.
- **Une mastication bilatérale.** Celle-ci est recherchée lors de réhabilitation en prothèse complète pour assurer la stabilité des prothèses.
- **Une mastication unilatérale** qui peut devenir pathologique et engendrer des douleurs.

Pour analyser les mouvements masticatoires on les découpe en séquences masticatoires (ensemble des mouvements de l'ingestion de l'aliment à la pré-déglutition) :

### – Phase 1 : La phase préparatoire et de transport :

- Rassemblement de la nourriture une fois qu'elle a été sectionnée.
- Fractionnement en morceaux compatibles

### – Phase 2 : Phase de réduction :

- Mastication rythmique
- C'est au cours de la phase de mastication rythmique que l'on parle de cycles masticatoires

### – Phase 3 : Phase de pré-déglutition :

- Les aliments ont été broyés et sont rassemblés dans la partie postérieure de la langue avant d'être déglutis.

Les cycles masticatoires (décrits dans la phase 2 de réduction) sont eux-mêmes divisés en 3 phases :

- **Ouverture** : déplacement vertical moyen de la mandibule, (ouverture non maximale mais ouverture moyenne d'environ 15 – 20 mm)
- **Fermeture rapide** : jusqu'au contact du bol alimentaire
- **Fermeture lente** : écrasement du bol alimentaire, très grande activité des muscles élévateurs

Un cycle dure environ 1 seconde, on retrouve en moyenne 15 cycles par séquence. Le nombre de cycles par séquence varie en fonction du bol alimentaire.

### Au niveau dentaire :

- A la fin de la fermeture rapide jusqu'au contact avec les aliments : les sommets des cuspidés d'appui mandibulaire correspondent au sommet des cuspidés guides maxillaires.

- Durant la phase de fermeture et d'ouverture lente, on retrouve deux types de mouvements, les mouvements d'entrées de cycles et les mouvements de sorties de cycles :

→ Mouvement lent de fermeture avec translation en mésioclusion : **entrée de cycle** (coté travaillant) en rouge sur le schéma : les cuspidés d'appuis mandibulaires vont glisser le long des versants internes des **cuspidés guides maxillaires** jusqu'au niveau de la fosse centrale

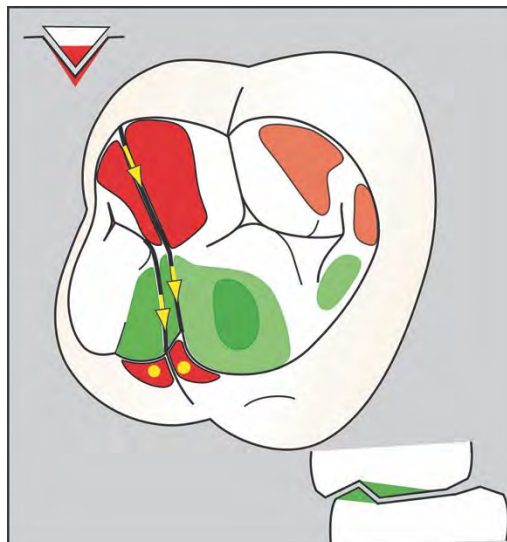


Figure n°6 : Schéma zone mastication  
1ere molaire maxillaire (Dr Le Gall)

→ Mouvement lent d'ouverture avec translation en latéroclusion : **sortie de cycle** (coté non travaillant) en vert sur le schéma : le sommet des cuspidés d'appuis mandibulaires glisse le long du versant interne des cuspidés d'appui (**pont d'émail**) des molaires maxillaires. Au même moment une relation inter-canine du coté non travaillant va s'établir : c'est la protection canine, elle sert à la désocclusion des segments cuspidés pour protéger les molaires des forces tangentielles. Certains patients ont une protection dite de groupe, quand les prémolaires participent à la protection.

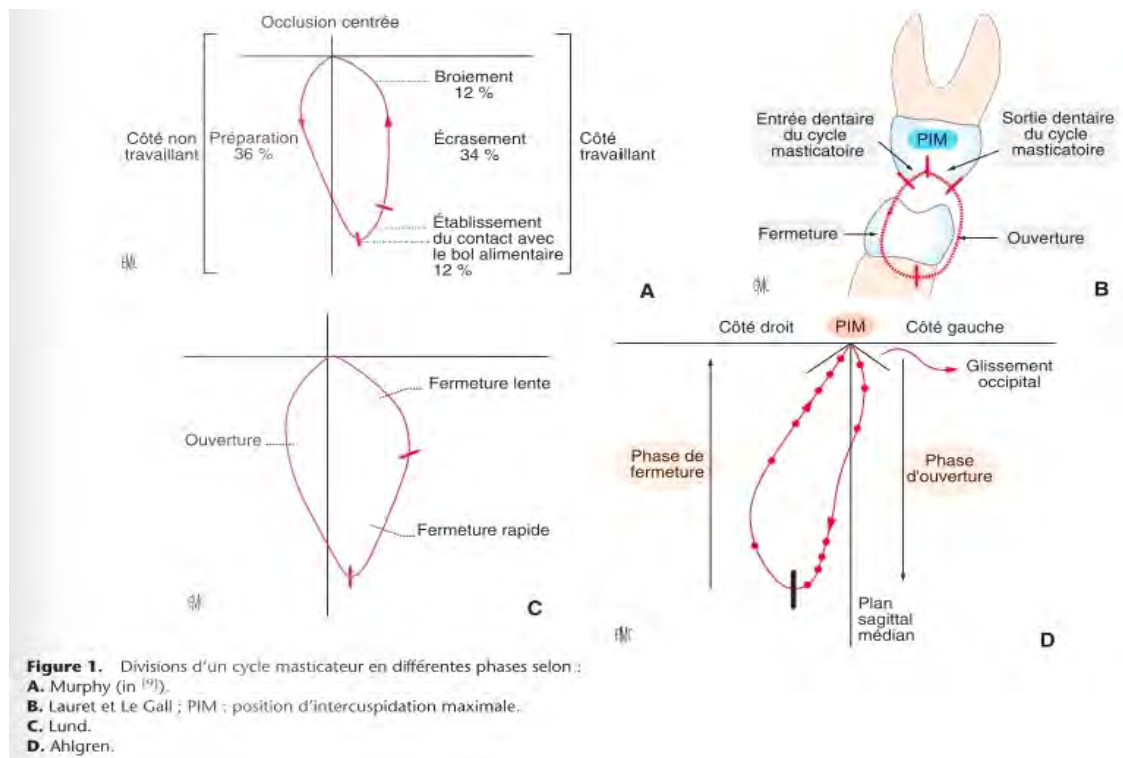


FIGURE n°7 : Physiologie et pathologie de la mastication, M-J Boileau (15)

Divisions d'un cycle masticateur en différentes phases selon :

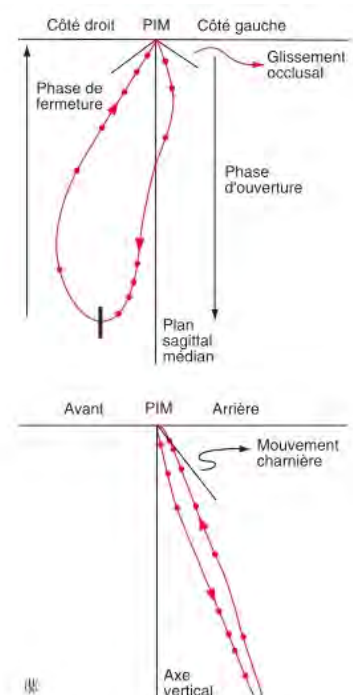
A. Murphy , B. Lauret et Le Gall, C. Lund , D. Ahlgren

Les sujets dotés de dents peu cuspidées présentent un guidage plus ample, les cycles sont plus plats. Chez les sujets aux dents très cuspidées les cycles sont essentiellement verticaux.

Quand il existe des interférences occlusales (fraise, ou amalgame mal posé par exemple) les cycles sont plus irréguliers à cause de la présence de réactions d'auto-protection. Ces interférences peuvent engendrer des douleurs musculaires et ou articulaires dues à ces interférences occlusales.

Figure n°8 : Physiologie et pathologie de la mastication, M-J Boileau (15)

Forme du cycle masticateur dans les plans frontal et sagittal selon Ahlgren.



Dans *Les cahiers de prothèse* de mars 1994, on trouve une description de la mastication au niveau musculaire :

Cycle de mastication : on note deux phases fonctionnelles différentes

- **Une phase de préparation**, à distance des dents. Ce sont les phases d'ouverture et de fermeture qui forment une boucle.  
Plusieurs muscles sont mis en action lors de la phase d'ouverture : contraction du ptérygoïdien latéral inférieur (PLI) côté triturant accompagné de son homologue puis contraction des digastriques antérieurs.  
Lors de la fermeture, le ptérygoïdien médial opposé à la trituration commence sa contraction, suivi de son homologue. A la fin de la fermeture, tous les muscles élévateurs du côté triturant entrent en contraction. Les dents mandibulaires sont alors positionnées en arrière et latéralement en avant de la position décrite au cours de l'entrée de cycle. Enfin le ptérygoïdien latéral supérieur (PLS) se contracte également. Il permettrait de contrôler la position et le degré d'étirement de l'appareil capsulo-discal.
- **Une phase dentaire** se situant à l'apex du cycle (de la boucle). L'entrée dentaire du cycle se fait en direction interne et centripète, arrive au niveau de L'OIM puis va en sortie de cycle sur les versants cuspidiens.  
Au niveau musculaire, la contraction isométrique des muscles élévateurs (masseter, ptérygoïdien médial) permet l'entrée de cycle centripète à composante antérieure.  
Lors de la phase de sortie de cycle, du côté travaillant, l'écrasement du bol alimentaire se poursuit entre les versants internes des cuspides palatines des cuspides maxillaires et des cuspides vestibulaires mandibulaires. Le ptérygoïdien médial atteint sa contraction la plus grande à ce moment-là qui est aidé par le masseter et le temporelle antérieur. Les PLS et PLI se contractent avec des objectifs différents : contrôle capsulo-discal pour le premier et traction antéro-antérieure de la mandibule pour le dernier.

### 2.3 .3 Rôle neurophysiologique

A partir d'informations sensibles périphériques (desmodontaux, proprioception musculaire, articulaire, muqueux et organes tendineux de golgi), le système nerveux central (SNC) commande le complexe musculaire et articulaire pour ainsi former les cycles de mastication.

L'information provient de différents capteurs :

- **Au niveau Articulaire** : Ce sont des capteurs proprioceptifs des ATM, qui informent des mouvements, douleurs et tensions potentielles subies par le condyle.
- **Au niveau musculaires** : les fibres musculaires sont dotées de capteurs sensoriels (fuseaux neuro-musculaires, organes de Golgi) dans les fibres musculaires. Ces capteurs informent l'état d'étirement ou de contraction des fibres.
- **Au niveau dentaire** : C'est le ligament desmodontal qui possède une proprioception très fine (détection de la taille d'un cheveu possible). Lorsque les dents rencontrent un aliment trop dur (une coque de fruit par exemple), l'activation des capteurs permet un réflexe d'évitement. A l'inverse, le réflexe de relâchement s'active lorsqu'une trop forte pression est appliquée aux dents. Ce système réflexe s'appelle « boucle de rétrocontrôle négatif ».

## 2.4 Analyse et enregistrement de la cinématique mandibulaire

### 2.4.1 Historique

Les praticiens ont toujours cherché à analyser et à reproduire les mouvements mandibulaires. Les évolutions des concepts et les travaux scientifiques en lien avec les articulateurs en témoignent. Antoine Ferrein avec son ouvrage « Sur les mouvements de la mâchoire inférieure » (1744) apporta les notions clés de la physiologie de l'ATM et permit de comprendre son fonctionnement. Il y décrit les mouvements de rotation et de translation du condyle lors des mouvements d'abaissement, le mouvement de rétroimpulsion (mouvement de Ferrein pour Saizar), le mouvement latéral (nommé plus tard mouvement de Bennett).

Langer mit en évidence l'axe de rotation passant par les têtes condyliennes. Au début du 20<sup>ème</sup> siècle Bennett éclaircit le déplacement transversal et redéfinit l'axe bicondylien. Il a donc fallu comprendre le fonctionnement de la mécanique mandibulaire pour pouvoir la reproduire et la réhabiliter sans nuire au patient.

Plusieurs appareils virent le jour suite à la création du « gnathographe » de Mc Collum en 1939: les Pantographes (de Suart, de Denar, de Lee) qui permettaient d'étudier les pentes condyliennes, les angles et les mouvements de l'ATM.



Figure n°9 : Gnathographe de Mc Collum





*Figure n°10 : Pantographe de Stuart*



*Figure n°11 : Photographie de la cinématique mandibulaire complétée par des Enregistrements mécaniques (16)*

On peut analyser les études faites selon les plans spaciaux considérés :

- Selon un plan : Gysi, connu pour son arc gothique (fig 10), enregistrait la cinématique mandibulaire dans un plan horizontal grâce à une plaque maxillaire sur laquelle était posé un stylet. Une plaque mandibulaire enregistrait les mouvements du stylet : c'est l'arc gothique de Gysi. Il y décrivait le compartiment inférieur de l'ATM comme le siège de la rotation et le supérieur comme celui de translation.



*Figure n°12  
Arc gothique de Gysi*

Par ailleurs : deux autres plans furent étudiés par Posselt : Le plan sagittal et les mouvements en frontal comme vus dans les mouvements fondamentaux. Son étude se basa sur le point inter-incisif mandibulaire où il plaça un stylet. Les mouvements réalisés par le patient étaient marqués sur une feuille de papier millimétrique parallèle au plan sagittal médian.

Selon 3 plans : Stuart a imaginé un pantographe (fig 10) utilisé pour observer les mouvements mandibulaires. Cet appareil placé sur le patient permettait, avec six stylets, d'obtenir une représentation graphique de la cinématique mandibulaire sur chaque plan de l'espace. Cependant une représentation tridimensionnelle n'était pas permise avec ce dispositif.

Etudier la cinématique mandibulaire est un vrai défi à relever au quotidien. Il faut prendre en compte ces mouvements complexes ainsi que la précision des mesures correspondantes.

## 2.4.2 Articulateur

L'articulateur est un dispositif mécanique qui simule les mouvements des articulations temporo-mandibulaires sans le patient. Après avoir coulé les empreintes des arcades supérieures et inférieures du patient, les modèles en plâtre sont montés sur l'articulateur. Il permet un diagnostic et la conception de prothèses dentaires selon une reproduction de mouvement en valeurs moyennes des déterminants postérieurs.

Ce dispositif est composé :

- D'une branche supérieure où repose le modèle maxillaire. Pour les articulateurs anatomiques cette branche supérieure correspond au plan axio-orbitaire (plan de Camper pour les articulateurs géométriques). La fourchette de l'arc facial sert à placer le modèle maxillaire en fonction de l'axe condylien et du plan de référence déterminé.
- Plus la boîte condylienne est adaptable, plus l'articulateur sera proche de la cinématique mandibulaire. On pourra régler la pente condylienne et l'angle de Bennett.
- La branche inférieure où repose le modèle mandibulaire. Une tige incisive permet de régler la dimension verticale entre les 2 arcades.
- Les boîtiers condyliens limitent les mouvements du condyle travaillant. Ainsi il n'est pas possible de simuler le mouvement de Bennett du côté travaillant sur la plupart des articulateurs. L'articulateur « Reverse » permet la reproductibilité des mouvements fonctionnels grâce à la forme des boîtiers condyliens et des colonnes supports des boules condyliennes. Il permet par rotation des boîtiers condyliens, d'être au plus proche de la mastication dentaire.



Figure n°13 : Articulateur Reverse (Landeau et Lauret) (16)

## 2.4.3 AXIOGRAPHIE

### 2.4.3.1 Historique

L'axiographie permet l'exploration fonctionnelle de l'ATM en enregistrant graphiquement la cinématique condylo-discale dans les mouvements d'ouverture, de fermeture et de propulsion. Elle évalue les déplacements condyliens dans les 3 sens de l'espace selon les 3 plans de références : frontal, sagittal et horizontal. C'est un appareil extra oral développé par MACK et Slavicek en 1986. C'est un examen non invasif et para clinique.

L'axiographie détermine l'axe charnière comme point de départ. Cela permet d'obtenir une représentation graphique de la fonction articulaire. L'étude des tracés axiographiques permet d'aider aux diagnostics des dysfonctionnements temporo-mandibulaires et par ailleurs de programmer un articulateur. Elle est l'approche diagnostique la plus conforme et précise quand il s'agit des troubles temporo-mandibulaires. La cinématique condylienne est centrée sur une origine : l'axe charnière, et sur une référence horizontale : le plan axio orbitaire.

L'axiographie se réalise à l'aide d'un système mécanique appelé l'axiographe. Il est composé d'un arc péri-crânien et d'un arc mandibulaire.

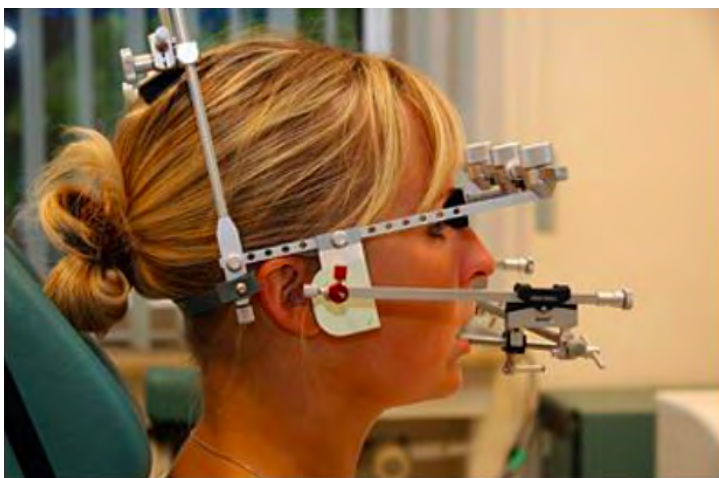


Figure n°14 : mise en place d'un axiographe

L'avantage de l'analyse axiographique associée à un articulateur virtuel complètement adaptable est qu'il est possible d'observer à la fois les trajectoires mandibulaires (dentalé, condyle droit et gauche), le déplacement de la mandibule dans son ensemble (surtout le déplacement des condyles par rapport aux fosses temporales) et l'évolution de l'activité musculaire en fonction du déplacement mandibulaire. Il est nécessaire, pour cela d'enregistrer toutes les "positions et mouvements mandibulaires majeurs" (OIM, ORC, posture de repos ; mouvements d'ouverture/fermeture, de latéralités, de protrusion, de l'enveloppe fonctionnelle et de la mastication). Ainsi, ces informations permettent d'affiner le diagnostic occluso-gnathofonctionnel.

### 3. Concept occlusal intégralement équilibré

En prothèse complète, plusieurs schémas d'occlusion sont apparus au cours des évolutions théoriques. Le schéma occlusal se définit comme l'arrangement des contacts occlusaux en denture complète artificielle. Ils apparaissent sous le nom de :

- 1) Occlusion plane (monoplan)
- 2) Occlusion intégralement/généralement équilibrée
- 3) Occlusion lingualée

#### 3.1 Occlusion plane

L'occlusion plane utilise des dents avec un angle cuspidien proche de 0.

Les avantages de l'occlusion plane sont :

- Elle permet une liberté de mouvement de la mandibule qui n'est pas bloquée dans une unique position.
- Les forces horizontales sont réduites, qui causent selon JONES (17) des dommages plus importants que les forces verticales.

Les inconvénients sont :

- Les dents monoplanes sont peu esthétiques.
- Les patients se plaignent d'inconfort phonétique qui est lié à l'insuffisance de l'angle du guide incisif.
- L'efficacité masticatoire est diminuée.

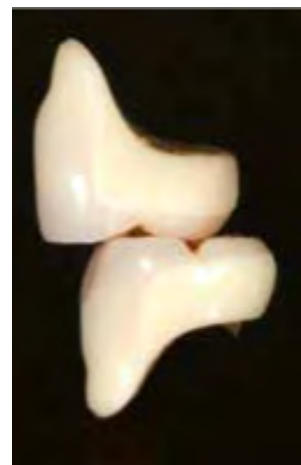
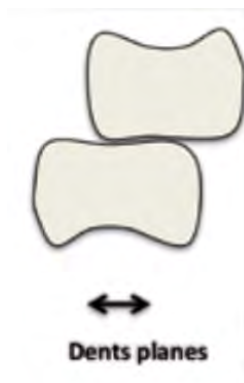


Figure n°15 Dents Orthoplanes  
DCL® Contact plan.

Cette occlusion plane est utilisée en prothèses bimaxillaires muco-portées en présence de crêtes osseuses très faibles.

On peut également associer ce montage dents planes à la mandibule avec des dents lingualées au maxillaire pour des prothèses bimaxillaires muco-portées ainsi que pour des PACSI.

Bien que les dents non anatomiques planes soient rarement utilisées, elles trouvent leurs indications pour des patients vieillissant avec une coordination neuro-musculaire diminuée et des crêtes ostéo-muqueuses avec des versants crestaux verticaux effacés.

### 3.2 Occlusion intégralement/généralement équilibrée

Il s'agit du concept occlusal le plus fréquemment utilisé. Les contacts occlusaux sont bilatéraux, simultanés au niveau des dents cuspidées en position centrée comme excentrée. Il existe des contacts bicuspidiens au niveau de la cuspide palatine maxillaire (primaire d'appuis) et au niveau de la cuspide vestibulaire maxillaire secondaire.

Les indications de ce concept sont :

- Lorsque les crêtes édentées sont préservées de la résorption et assurent la stabilité.
- Lorsqu'une fonction masticatoire efficace est recherchée avec suffisamment de surfaces occlusales lors des mouvements excursifs.

Les inconvénients sont :

- Nécessité d'avoir un articulateur semi-adaptable ou totalement adaptable.
- Adaptation plus longue de la mastication
- Difficulté d'équilibration occlusale par le praticien
- Peut induire des habitudes de grincements latéraux et protrusifs

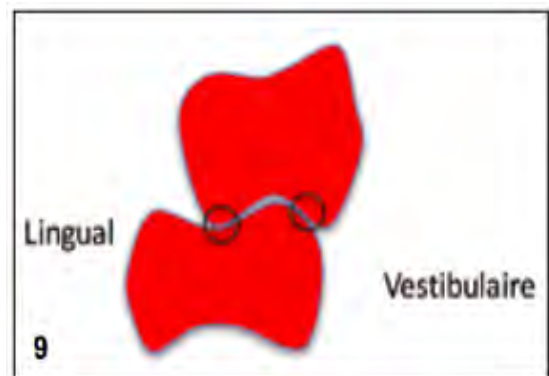


Figure n°16: vue de coupe occlusion généralement équilibrée



### 3.3 Occlusion lingalée

L'occlusion lingalée (OL) fut décrite pour la première fois en 1927 par GYSI. Plus tard en 1941, PAYNE décrit OL comme l'articulation entre les cuspidés palatines maxillaires et les surfaces mandibulaires en position centrique comme excentrique. Il utilisa des angles cuspidiens de 30°. Plus tard encore, d'autres auteurs ont remis à jour cette occlusion lingalée, comme Pound qui combina des angles cuspidiens  $>30^\circ$  au maxillaire et  $<20^\circ$  à la mandibule.

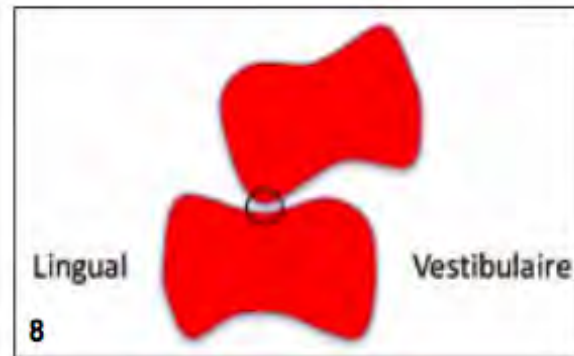


Figure n°17 : coupe occlusion lingalée

Les dents lingalées diffèrent des dents conventionnelles :

- Les dents maxillaires : volume de la cuspide palatine augmenté, angulation intercuspидienne augmentée (angle ouvert qui évite les interférences), diminution du volume des cuspidés vestibulaires maxillaires.
- Dents mandibulaires : augmentation de l'angulation intercuspидienne (liberté de mouvements plus importante), diminution de l'angulation cuspidienne.

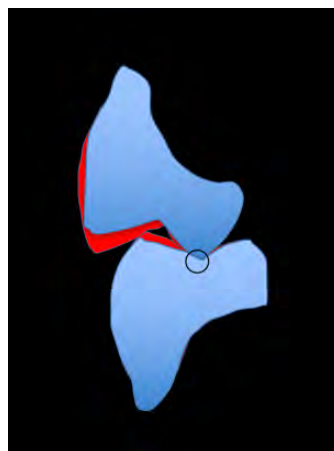


Figure n°18 : différences dents conventionnelles (en rouge) et dents lingalées (en bleu)

Ce schéma occlusal est indiqué :

- Chez les patients peu autonomes avec un contrôle occlusal compliqué.
- Chez les patients en classe squelettique II div 1.
- Chez les patients porteurs de prothèses conventionnelles avec une OIM imprécise
- Chez les patients avec des crêtes ostéo-muqueuses peu marquées

Avantages :

- L'occlusion est mieux réglée car l'équilibration (réalisée par le praticien) est plus simple ce qui permet une meilleure satisfaction du patient, une meilleure rétention et stabilisation. (18)
- L'esthétique et la fonction sont combinées
- Les dents mandibulaires centralisent les forces verticales
- Efforts déstabilisateurs horizontaux réduits en positions excentrées
- Liberté de mouvement et amplitude en l'absence de déstabilisation des prothèses augmentée
- Le bol alimentaire est mieux accepté
- Lorsque l'OL est utilisée avec l'occlusion généralement équilibrée, il y a une meilleure stabilité et distribution du stress lors des mouvements extrusifs et parafunctions.
- Recommandé lorsque les crêtes résiduelles sont résorbées (19)
- L'OL transmet et réduit mieux les contraintes occlusales par rapport à l'OIE et l'OP (20)
- Efficacité masticatoire équivalente à l'occlusion généralement équilibrée (Sutton et al 2007)

Inconvénients :

- Lorsqu'on combine les dents planes aux maxillaires avec LO à la mandibule, la prothèse mandibulaire semble inesthétique.

### 3.4 Choix des dents : recommandation de la littérature

Le choix des dents ne doit pas être fait au hasard, cela va dépendre de la réalité clinique et du schéma occlusal choisi. En effet il faudra choisir la morphologie des dents mais également le type de matériaux des dents prothétiques.

#### 3.4.1 Matériaux des dents utilisés

Parmi les matériaux disponibles sur le marché on peut en décrire 4 types :

- Les composites (matrice résineuse dans laquelle sont dispersées des charges minérales reliées grâce à un agent de couplage)
- Les résines acryliques traditionnelles (PMMA, polyméthyl-méthacrylate)
- Les résines acryliques avec liaisons croisées DCL (double cross linked)
- Les céramiques

##### a) Abrasion

Ce sont les dents en céramique qui résistent le mieux à l'abrasion. Viennent ensuite les dents en composite puis les résines DCL et enfin les résines acryliques traditionnelles.

##### b) Fracture

La résistance à la fracture des dents prothétiques doit également être un facteur essentiel que le praticien doit considérer au moment du choix des dents, notamment dans les situations cliniques où le patient est susceptible de développer des forces occlusales importantes.

Selon des recherches internes au fabricant Ivoclar, certaines dents en matériaux composites (N.H.C.) semblent être plus résistantes à la fracture que des dents en résine acrylique avec liaisons croisées D.C.L. (double cross linked).

Le choix du matériau doit également être effectué en considérant les matériaux des dents antagonistes afin que l'usure et la résistance à la fracture des dents en contact soient les plus proches.

Choisir les matériaux adaptés, permet une répartition de la charge occlusale durablement maintenue dans le temps en fonction des dents antagonistes et des forces développées.

Tableau V - Indications des matériaux en fonction des réalisations prothétiques.				
	Composite	D.C.L	P.M.M.A	Céramique
Prothèse Complète Implanto-Portée	oui	non	non	non
P.A.C.S.I	oui	non	non	oui
P.A.C muco portée bi-maxillaire	oui	oui	non	oui
P.A.C uni-maxillaire	oui	oui	non	oui
P.A.C provisoires	non	non	oui	non

Figure n°19 : Tableau issu de : *Réalités Clinique 2017, Vol 28, n°1 : Choix de la morphologie et du montage des dents postérieures : allier classicisme et innovation*, L. Raynaldy, J. Azuelos, M. Blandin

Les forces appliquées sur nos dents ne sont pas les mêmes en cas d'édentement ou non. En effet, une personne dentée applique une force en moyenne de 500 Newton, contre 150N pour une personne édentée, et 400N pour une personne avec une PACSI. Il faut alors prendre en compte cette force pour adapter nos matériaux et choisir le plus résistant possible à la situation clinique :

- Les matériaux de type **composite** sont adaptés aux réalisations de type Prothèses Complètes Fixes Implanto- Portées, P.A.C.S.I., P.A.C. unimaxillaire, et P.A.C. muco-portées bi-maxillaire.
- Les matériaux de type **D.C.L.** sont adaptés aux réalisations de type P.A.C. muco-portées bi-maxillaire et muco- portée unimaxillaire.
- Les matériaux résines acryliques de type **P.M.M.A.** non renforcés sont adaptés aux réalisations de type prothèses provisoires.
- Les matériaux de type **céramique** sont adaptés aux réalisations de type P.A.C.S.I., P.A.C. unimaxillaires, et P.A.C. muco-portées bi-maxillaires.
- 

Les dents Phonares II sont en composite avec matrice UDMA (diméthacrylate d'uréthane) + 3 sortes de charges + des inclusions de PMMA (liant Pmma au collet et en palatin pour assurer une liaison avec la base résine). De bonnes propriétés au degré de résistance à la fracture, à l'usure et à l'abrasion en font des dents recherchées par les praticiens.

### 3.4.2 Morphologie des dents

- **Les dents totalement anatomiques** sont à l'image des dents naturelles et sont généralement adaptées à une occlusion avec fonction canine.
- **Les dents anatomiques** présentent des angulations cuspidiennes légèrement réduites et sont adaptées à une occlusion généralement équilibrée conventionnelle ou à une occlusion avec fonction canine.
- **Les dents semi-anatomiques** sont adaptées à une occlusion généralement équilibrée lingualée.
- **Les dents non anatomiques** sont adaptées à une occlusion monoplan. (21)

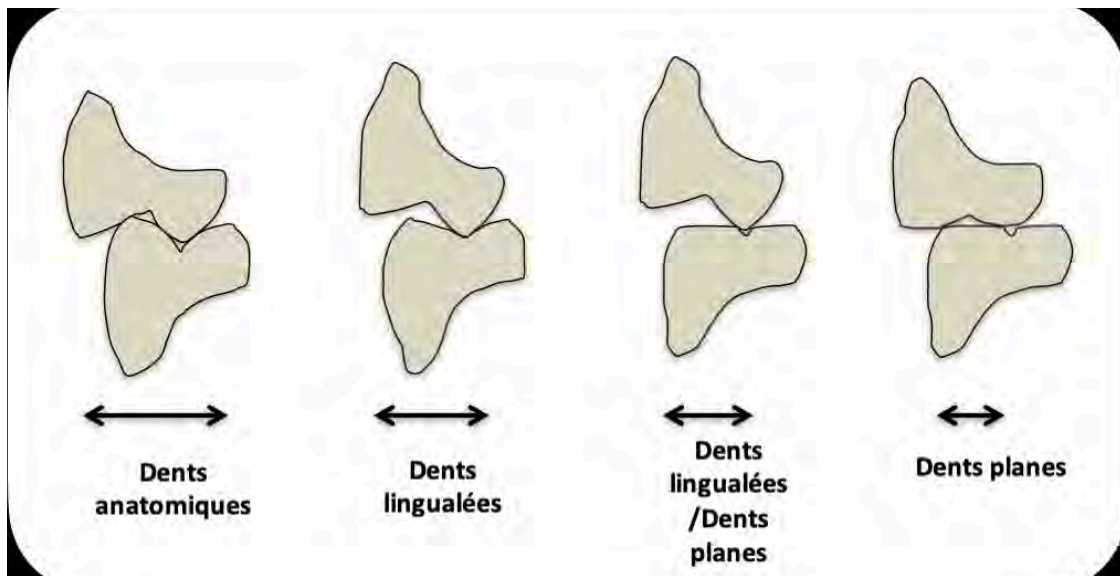


Figure n°20 : Corrélation entre la hauteur des versants verticaux restants crestaux et l'angulation cuspidienne préconisée d'après Ortman (22)

L'appréciation clinique va nous permettre de porter notre choix vers tel ou tel type de dents.

Tout d'abord il faut considérer le patient, est-il tonique, avec une bonne coordination neuromusculaire ou au contraire a-t-il des mouvements non contrôlés ? Lorsqu'il y a une altération neuromusculaire il est conseillé de réduire l'angulation cuspidienne afin de laisser un jeu de mouvements excentrés plus importants pour le patient. Cela permet de limiter les forces déstabilisatrices.

Puis il faut s'attarder sur la présence ou l'absence de versants verticaux crestaux résiduels. Plus la crête osseuse est importante et plus l'angulation cuspidienne sera importante. Si la surface d'appuis présente peu d'éléments permettant de stabiliser la prothèse, les angulations cuspidiennes doivent être réduites. On choisira alors des dents lingualées semi-anatomiques ou des dents planes non anatomiques afin de réduire les contraintes prothétiques. (23)

Le choix de la morphologie occlusale des dents doit s'effectuer selon des considérations fonctionnelles afin d'éviter d'appliquer aux prothèses des forces horizontales déstabilisatrices. Ces forces horizontales accélèrent la perte osseuse et muqueuse des supports prothétiques. On diminue les conséquences de ces efforts horizontaux déstabilisateurs en diminuant l'angulation cuspidienne. L'OL répond parfaitement à ce problème-là. (24)

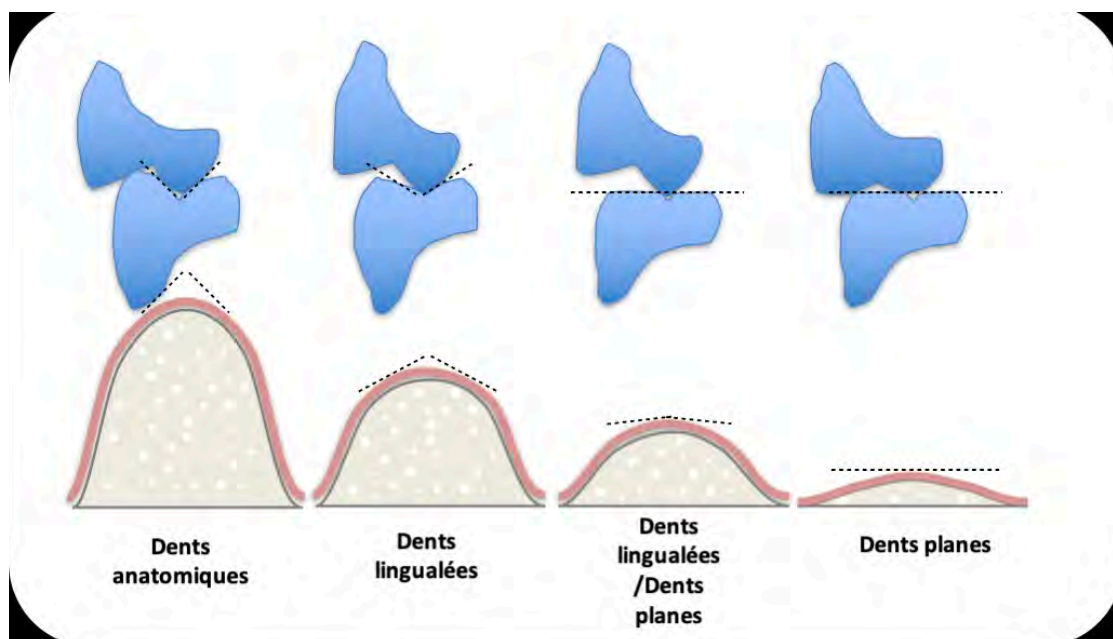


Figure n°21 : Corrélation entre la hauteur des versants verticaux restants crestaux et l'angulation cuspidienne préconisée d'après Ortman (22)

Une solution intermédiaire peut être choisie en associant des dents semi-anatomiques lingualées avec des dents non anatomiques planes.

La répartition des charges occlusales est différente selon le type de schéma occlusal : en OIM, les pressions exercées en OL ou OIE sont équivalentes et se répartissent sur les versants linguaux et vestibulaires des crêtes. Cependant les pressions sont plus

importantes dans le cas de l'occlusion monoplane. Il faut être vigilant face aux surcharges en particulier vestibulaires qui provoquent les résorptions.

Selon le type de réhabilitation prothétique envisagée, le praticien va choisir le concept occlusal et la morphologie des dents cuspidées la plus adaptée.

Lorsque la thérapeutique de l'édentement total concerne une réhabilitation par **P.A.C. muco-portée bi-maxillaire**, il est possible d'utiliser soit les dents anatomiques à contact bi-cuspidien, soit des dents semi-anatomiques lingualées. Les dents lingualées sont souvent conseillées pour ce type de réhabilitation. Il est possible de réaliser une combinaison de dents semi-anatomiques lingualées maxillaires et de dents non anatomiques planes à la mandibule.

Dans certaines situations cliniques spécifiques, il est également possible d'utiliser des dents non-anatomiques planes, maxillaires et mandibulaires (adaptées à un montage en occlusion monoplan).

Les concepts occlusaux associés à cette réhabilitation prothétique sont soit une occlusion généralement équilibrée conventionnelle, soit une occlusion généralement équilibrée lingualée.

Lorsque la thérapeutique de l'édentement total concerne une réhabilitation par **Prothèse Fixe Complète Implanto Portée maxillaire et mandibulaire**, il est conseillé d'utiliser des dents anatomiques à contact bi-cuspidien ou des dents semi-anatomiques lingualées. Cette conception permet de limiter les effets de contraintes horizontales sur les implants. Le montage occlusal associé à cette réhabilitation prothétique est une occlusion avec fonction canine.

Lorsque la thérapeutique de l'édentement total concerne une réhabilitation par **P.A.C supra-implantaire**, il est conseillé d'utiliser soit des dents semi-anatomiques lingualées, soit une combinaison de dents semi-anatomiques lingualées maxillaires et de dents non anatomiques planes à la mandibule. Cette conception permet de limiter les effets de contraintes horizontales sur les implants et la surface d'appui. Le concept occlusal adapté à cette réhabilitation prothétique est une occlusion généralement équilibrée lingualée.

Lorsque la thérapeutique de l'édentement total concerne une réhabilitation **par P.A.C. muco-portée unimaxillaire**, il est possible d'utiliser des dents anatomiques. Le concept occlusal conseillé est une occlusion généralement équilibrée conventionnelle.

### 3.4.3 Taille des dents

C'est grâce à la carte des formes fournies par les fabricants que nous pouvons déterminer quelles dents seront adaptées à telles réalités cliniques.

Pour cela il faut mesurer dans le sens sagittal (antéro-postérieur) la distance :

- De la face distale de la canine maxillaire à la face mésiale de la tubérosité
- De la face distale de la canine mandibulaire à la papille piriforme

Puis on déduit 3-5 mm de cette distance (on ne recouvre pas la tubérosité).

Dans le sens frontal / horizontal on se réfère à l'aire de Pound (surface entre la canine mandibulaire et la papille piriforme). On monte les dents mandibulaires à l'intérieur de cette aire. Actuellement on préfère utiliser la plus grande surface des dents possible. Autrefois les dents fabriquées étaient plus petites, aujourd'hui on peut s'affranchir des 2ème molaires et prendre des dents avec des surfaces occlusales plus importantes.



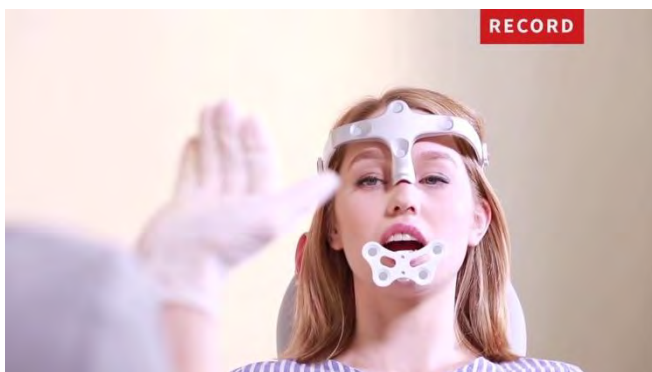
## 4. MODJAW

Le Modjaw<sup>®</sup> est un appareil qui enregistre et diffuse la cinématique mandibulaire du patient en temps réel. Grâce à une interface sur un écran, la consultation devient interactive avec le patient qui comprend mieux l'analyse faite par le praticien. L'utilisation du Modjaw<sup>®</sup> tend vers une dentisterie plus actuelle et numérique.

### 4.1 Création

Création en 2013 par Maxime Jaisson et Antoine Rodrigue, la commercialisation débuta en 2019. L'entreprise est basée en Savoie et le siège social se trouve à LYON. Elle comporte entre 11- 55 employés (source LinkedIn).

Aujourd'hui, l'entreprise s'est développée à l'international et est présente dans plus de 15 pays.



Figures n° 22 : Photos issues du site Modjaw<sup>®</sup>

### 4.2 Matériel

- a) Kart : caméra stéréoscopique, écran tactile/ ordinateur
- b) Arc péri-crânien (diadème)
- c) Fourchette para occlusale
- d) Stylet pointeur

### 4.3 Fonctionnement



Figure n°23: Site web Modjaw®

Le Modjaw® fonctionne grâce à des capteurs infrarouges. L'appareil permet des acquisitions de 60 à 80 positions par seconde.

Le patient est équipé d'une fourchette avec 4 récepteurs et d'un diadème avec également 4 récepteurs. La distance entre le patient et le Modjaw doit être comprise entre 80cm et 1m.

Lors du calibrage, on définit des points extra-oraux référents sur le patient : le point sous nasal et les points condyliens droit et gauche. On les marque à l'aide d'un stylo ou d'un feutre.

Pour le calibrage intraoral, on définit 4 points sur les modèles scannés : 2 à droite et 2 à gauche au niveau des fosses prémolo-molaires. Ces points seront superposés en réel sur le patient à l'aide du stilet.



Vidéo Modjaw®  
(Youtube) : Tech in  
motion device

Puis l'acquisition des mouvements peut être réalisée.

Le Modjaw permet d'accélérer, de ralentir, de couper et isoler des fréquences ainsi que de reversionner les mouvements enregistrés.

Les déterminants postérieurs sont affichés sur l'interface à droite de l'écran. Le logiciel calcule les angles de Bennett et les pentes condyliennes. On peut choisir de calculer ces valeurs sur 3 mm de mouvements (pour les patients avec déplacement limité) ou alors sur 5 mm.

On peut également analyser les points de contacts occlusaux, et ainsi observer les prématurités, les interférences.

L'option coupe est intéressante pour calculer une hauteur nécessaire entre deux cuspidés par exemple pour conceptualiser des gouttières.

La communication avec le laboratoire est alors simplifiée et fluidifiée. Le logiciel privilégié pour la conception prothétique est Exocad<sup>®</sup>. L'export de cet articulateur virtuel est possible sous différentes données :

- **Modjaw (.mod)** : pour ouvrir dans un autre logiciel Modjaw
- **Cinématique (.xml)** : Le format Xml permet de rejouer les mouvements sur exocad. En PDF on a les angles Bennett et les pentes condyliennes calculées. Le plan courbe occlusale est en STL et les modèles sont en PLY.
- **Statique** :
  - Dans la position courante c'est à dire dans la position ouverte sur l'écran, utile pour l'apnée du sommeil lorsqu'on a déterminé la position thérapeutique.
  - Ou export dans la position d'occlusion reproductible : C'est la position de départ du patient. Il y a les FGS (fonctionnel generate surface: ce sont les trajectoires générées par le mouvement) dans l'export statique et non dans le dynamique. Cette option est actuellement utilisée en cas d'utilisation avec le logiciel de CAO 3 shape.



Modjaw Benefit S1E1:  
Transfert vers exocad

## 4.4 Préparation de l'enregistrement cinématique et étalonnage

Dans un premier temps il faut enregistrer les modèles numériques maxillaires et mandibulaires des patients sur l'ordinateur Modjaw®. Et paramétrer ceux-ci dans un référentiel tridimensionnel.

### 4.3.1 Modélisation 3D des arcades

#### 4.3.1.1 Empreinte optique

Scan préalable des arcades séparées mandibulaires et maxillaires puis une empreinte vestibulaire en occlusion est réalisée.

#### 4.3.1.2 Option : Empreinte sur modèle en plâtre

Scan des modèles en plâtre issus des empreintes physico-chimiques maxillaires et mandibulaires puis les deux en occlusion.

### 4.3.2 Modélisation 3D du visage du patient (25)

Trois techniques d'acquisition et de construction volumique existent afin de modéliser le visage en 3D.

#### 4.3.2.1 Par acquisition stéréoscopique à infrarouge

La camera stéréoscopique est composée de deux capteurs et de deux objectifs pour stimuler les yeux et retranscrire la vision humaine. Grâce à un algorithme informatique, le logiciel cherche l'objet regardé pour calculer les angles de convergences et ainsi reconstruire tri-dimensionnellement le visage du patient. Un logiciel d'étalonnage permet de superposer précisément chaque pixel de chaque image obtenue.

Pour calculer la carte de profondeur (identifier quels pixels de l'image de gauche correspondent aux pixels de l'image de droite, plusieurs méthodes existent, notamment celle des sommes des différences absolues (SAD). Pixel + 8 pixels environnant analysés. En fonction des différents modes de prise de vue (de face, de profil, etc) un maillage est obtenu et forme le modèle 3D du visage.

Si la caméra stéréoscopique est en couleur, le modèle 3D le sera également. Sinon il est possible d'introduire une photographie ultérieurement, un face scan, un CBCT.

#### 4.3.2.2 Par projection de lumière structurée

On va projeter sur le visage du patient des motifs lumineux (carré, cercle, ligne, etc) créant ainsi des images déformées. Un logiciel déduit alors la forme du visage du patient.

#### 4.3.2.3 Par projection et numérisation laser

Des bandes laser sont projetées sur la face du sujet qui sont également vues par les objectifs de la caméra stéréoscopique de localisation de chaque point. En fonction de la distance à une surface, le point apparaît à un endroit différent dans le champ de vision des différents objectifs. Cette technique est appelée triangulation car chaque point des bandes laser, l'objectif et l'émetteur laser forment un triangle

#### 4.3.3 Détermination points de références

Ces points sont regroupés pour former les plans et axes de références :

- Le plan sagittal médian (nasion, point sous nasal et point équidistant des points condyliens)
- L'axe bi-condylien (point condylien droit et gauche)
- L'axe bi-pupillaire (point pupillaire droit et gauche)

##### a) Détermination du point condylien :

Le point condylien est un élément non visible sur une image ou un modèle 3D du visage.

On estime alors son positionnement dans l'espace en fonction de deux autres points :

- L'ectocanthion (angle latéral de l'œil)
- Le sommet de l'angle du tragus.

Par convention, le point condylien est situé à 10 mm en avant du tragus et 5 mm en dessous de la ligne reliant le sommet de l'angle du tragus à l'ectocanthion.

Une autre méthode est réalisable grâce à la cinématique mandibulaire :

Le point condylien va être l'intersection de 2 droites soit l'axe d'ouverture/fermeture et l'axe de latéralité droite/ gauche. Le point condylien est, idéalement, un point fixe lors des mouvements de rotation purs de la mandibule.

#### 4.3.4 Positionnement des arcades sur le modèle 3D

Cette étape remplace la prise d'un arc facial mécanique et permet de replacer de manière précise les arcades dentaires par rapport au squelette facial

- Pointage de points sur l'arcade dentaire du patient (figure 24)

Le praticien utilise la pointe (3002) du stylet sur des points repères de l'arcade dentaire et enregistre la position de ces points qui sont captés par la caméra stéréoscopique comme décrit plus haut.

- Détection des dents par reconnaissance faciale

Si les dents maxillaires sont visibles (par sourire ou écarteurs) la caméra stéréoscopique les enregistre et positionne l'arcade avec le modèle 3D.

La reconnaissance faciale permet de tracer les lignes caractéristiques des dents. Ce modèle peut alors être associé au modèle 3D précédent.

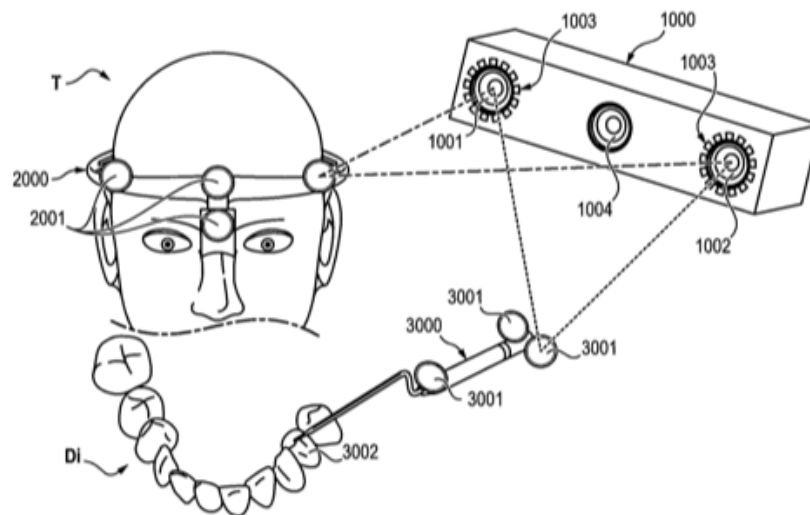


Figure 24 : Visualisation des capteurs présents sur le MODJAW<sup>®</sup> (25)

#### 4.4 Acquisition des mouvements mandibulaires

Le patient est équipé d'une fourchette mandibulaire avec capteur et du casque avec capteur.

Lorsque la mandibule va se déplacer, la caméra va détecter ce déplacement par rapport aux marqueurs du front qui sont fixes.

Le praticien demande au patient de réaliser un certain nombre de mouvements :

- Ouverture fermeture
- Latéralité D/G
- Propulsion
- Mastication
- Arc Gothique (propulsion, latéralité droite et gauche)
- Phonation

La figure 25 correspond à l'écran visible sur le kart :

L'image « a » affiche le tracé du mouvement du condyle gauche dans le plan sagittal, l'image « b » celui du condyle droit et l'image « c » affiche le tracé du mouvement du point inter incisif non dans le plan frontal.

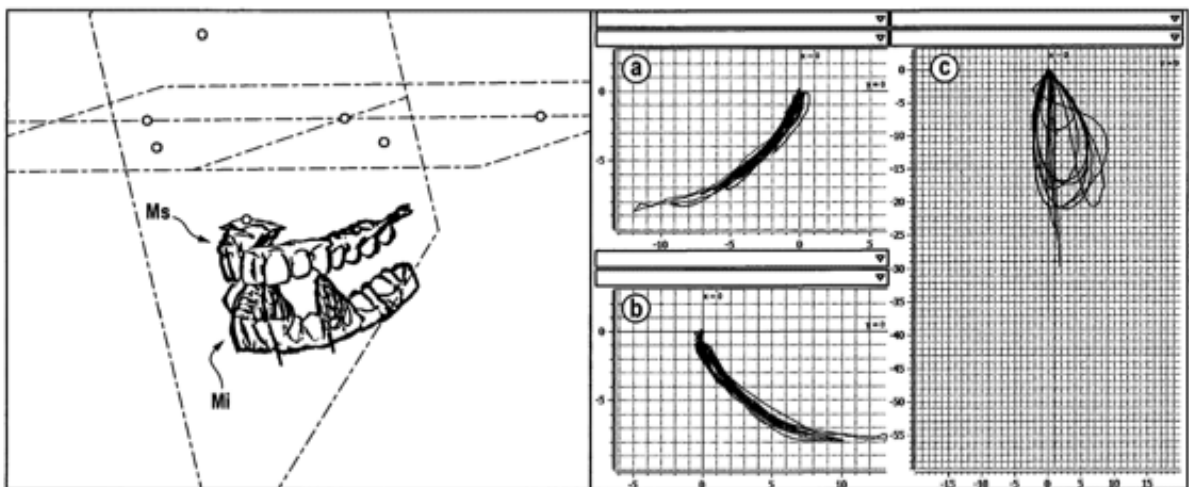


Figure 25 : Visualisation des données sur l'interface de l'écran (25)

## 5. ETUDE

Cette étude préliminaire est réalisée sur 1 patiente porteuse d'une PACSI mandibulaire et d'une PAC muco-portée maxillaire et permettra d'analyser les biais et problèmes rencontrés afin de réaliser une étude statistique scientifique incluant un nombre suffisant de patients.

La patiente a signé un consentement éclairé stipulant que les tests et analyses réalisés durant cette étude préliminaire pourront être diffusés uniquement dans le cadre de ce travail. Ceux-ci ne donneront pas lieu à publication.

Deux jeux de prothèses ont été réalisés : une prothèse avec une occlusion lingualée et une autre avec une occlusion intégralement/généralement équilibrée (occlusion normocclusion ON). Le temps de port de chaque prothèse a été de deux semaines. Une analyse en 4D grâce au Modjaw® a été réalisée en suivant afin d'analyser la cinématique mandibulaire de façon objective. Une comparaison des différents tracés obtenus est réalisée afin de les comparer.

### 5.1 Hypothèse :

L'hypothèse de cette étude préliminaire est que le concept d'occlusion lingualée permet aux prothèses d'être plus confortable et permet une liberté de mouvements plus importante en comparaison au concept d'occlusion généralement équilibrée (normocclusion).

### 5.2 Questionnaires

Afin d'évaluer la satisfaction de la patiente concernant certains critères (mastication, stabilité, rétention, confort, liberté de mouvements, esthétique, phonation) un questionnaire par jeu de prothèses a été conçu avec une échelle analogique allant de 0 à 10. Cf annexe

### 5.3 Conception des prothèses

Les prothèses ont été réalisées au sein de la Faculté de Toulouse dans le cadre du diplôme universitaire de prothèse complète. La patiente participant à cette étude, Mme B. est porteuse d'une PAC muco-portée maxillaire et d'une PACSI mandibulaire, stabilisées par deux locators RTX symphysaires.





Figure 26 : Fiche de travail Vita VIONIC VIGO ®

Cette image représente les étapes numériques que nous allons réaliser.

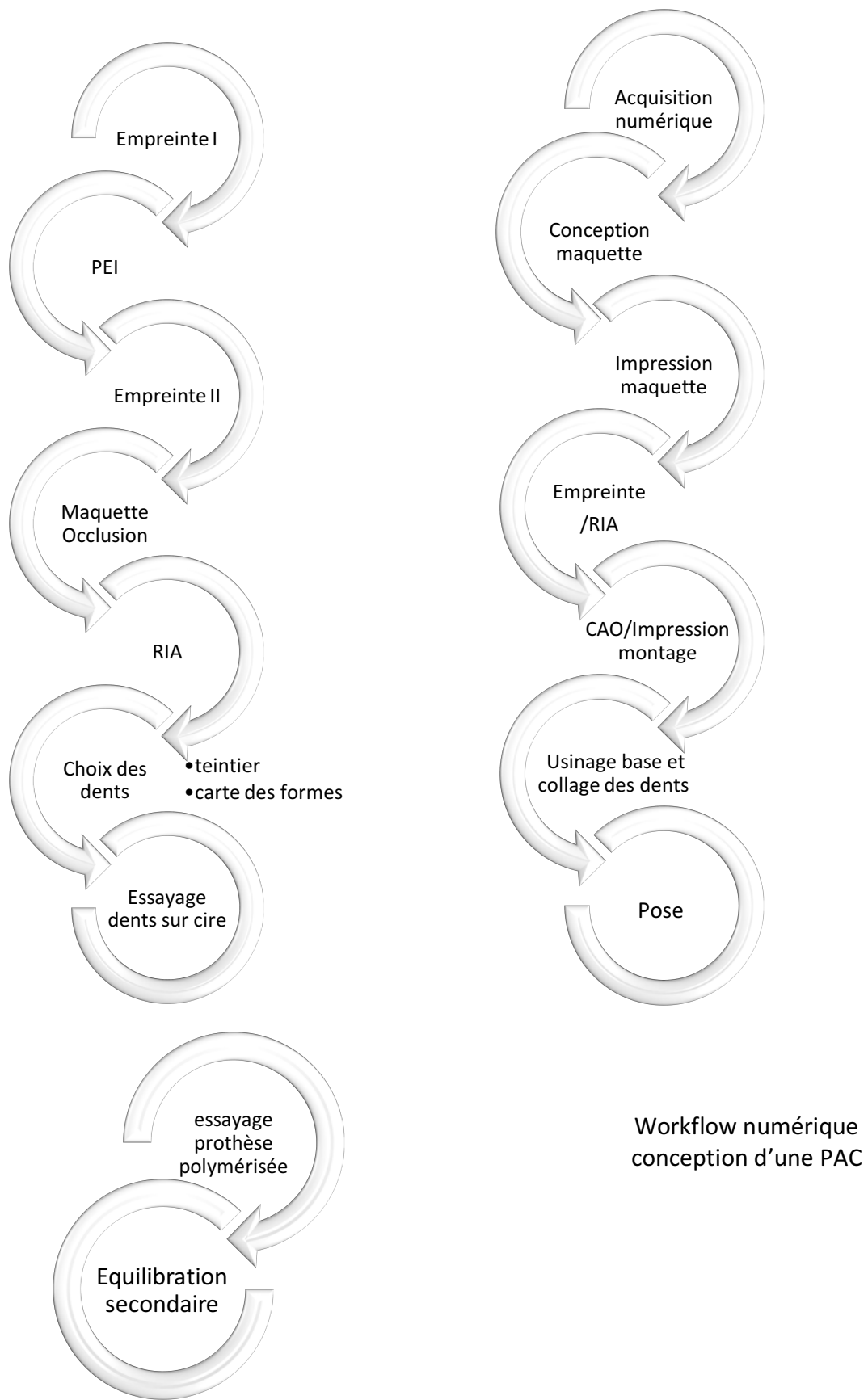
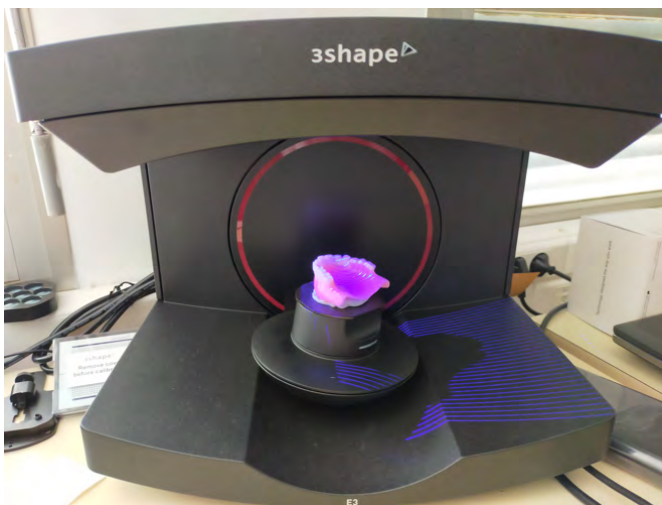


Schéma traditionnel de conception d'une PAC

### Détail du flux de travail développé dans cette étude:

Les prothèses actuelles de Mme B. sont numérisées à l'aide du scan de table E3 3Shape®.



*Figure 27 : Scan PAC maxillaire*



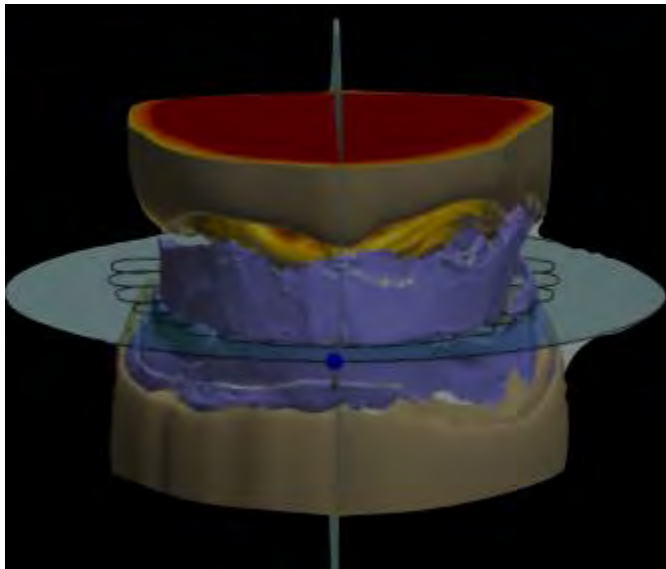
*Figure 28 : Prothèses existantes en occlusion*

Les fichiers sont ensuite importés dans le logiciel 3Shape®. Les modèles virtuels sont créés à partir de points de repères sur la prothèse existante. On définit un axe d'insertion et les plus grands contours des modèles de travail numérique.

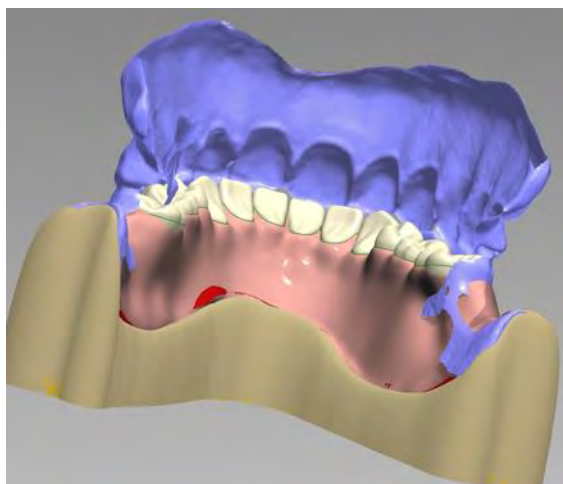
Grâce au logiciel de conception 3 Shape, en utilisant l'option de montage de dents Vionic vigo, l'info-prothésiste lors de l'étape de montage numérique des dents, choisit un montage de dents soit en normocclusion, soit en linguocclusion. Deux conceptions seront donc finalisées.

Seule l'orientation des dents cuspidées est modifiée.

Les bases des prothèses sont ainsi conçues de la même façon quel que soit le type de montage de dents. Les volumes prothétiques sont également identiques dans les deux versions de conception.



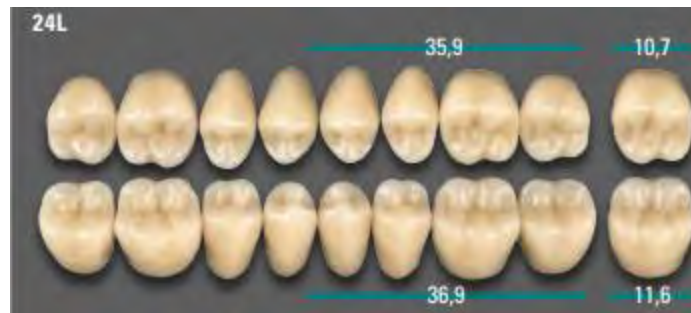
*Figure 29 : Plan d'occlusion, capture d'écran du logiciel 3 Shape*



*Figure 30 : Enveloppe maxillaire, capture d'écran du logiciel 3 Shape*

Grâce à l'enveloppe du futur volume prothétique, nous pouvons monter les dents. Le masque volumique de la prothèse initiale de la patiente est utilisé afin de positionner les dents de la conception dans les couloirs prothétiques pré-existants. L'intégration des prothèses sera donc facilitée.

Lors d'une conception intégrale sans utiliser comme point de départ une prothèse existante, cette étape est également réalisable à partir de bourrelets d'occlusion lors du rapport inter-arcade, lors de l'enregistrement piézographique pour déterminer les couloirs prothétiques fonctionnels.



*Figure 31 : Choix des dents antérieures et postérieures  
Site VITA, dents Vita VIONIC VIGO*

Le choix des dents s'est porté vers les VITA VIONIC VIGO de chez Vita (26). Elles sont en polymère SE. Cette nouvelle gamme de chez Vita a été conçue pour la réalisation de base numérique imprimée ou usinée. Les bases sont adaptées pour le collage des dents individuellement.

Ce sont les mêmes dents utilisées pour le montage lingual ou en normocclusion, ce n'est que la position des dents sur la base qui définira le montage lingual ou le montage normocclusion (avec contacts cuspides palatines et vestibulaires). Le logiciel opère dans ce cas un positionnement en effectuant une rotation frontale des dents cuspidées.



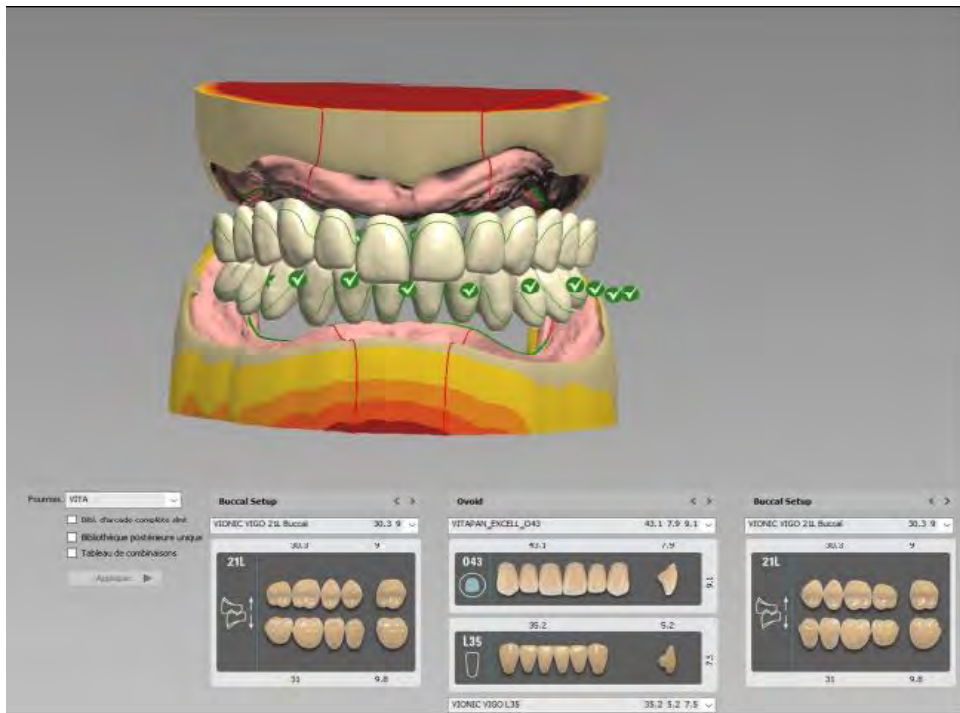


Figure 32 : Capture d'écran logiciel 3 Shape

Choix des dents antérieures (O43 maxillaire et L35 mandibule) et postérieures (21L)

Vita Vionic

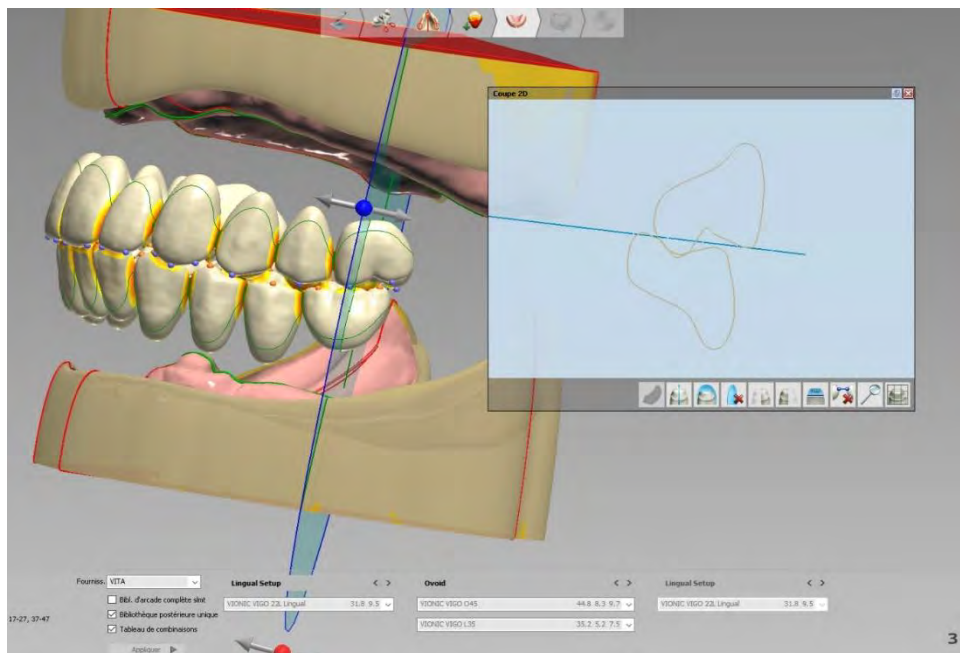


Figure 33 : Capture d'écran logiciel 3 Shape

Conception du montage Lingual vue de coupe



Figure 34 : Capture d'écran du logiciel 3 Shape

Conception du montage en normocclusion dents Vita® Vionic VIGO  
 22L postérieur, O45 antérieur maxillaire, L35 antérieur mandibulaire

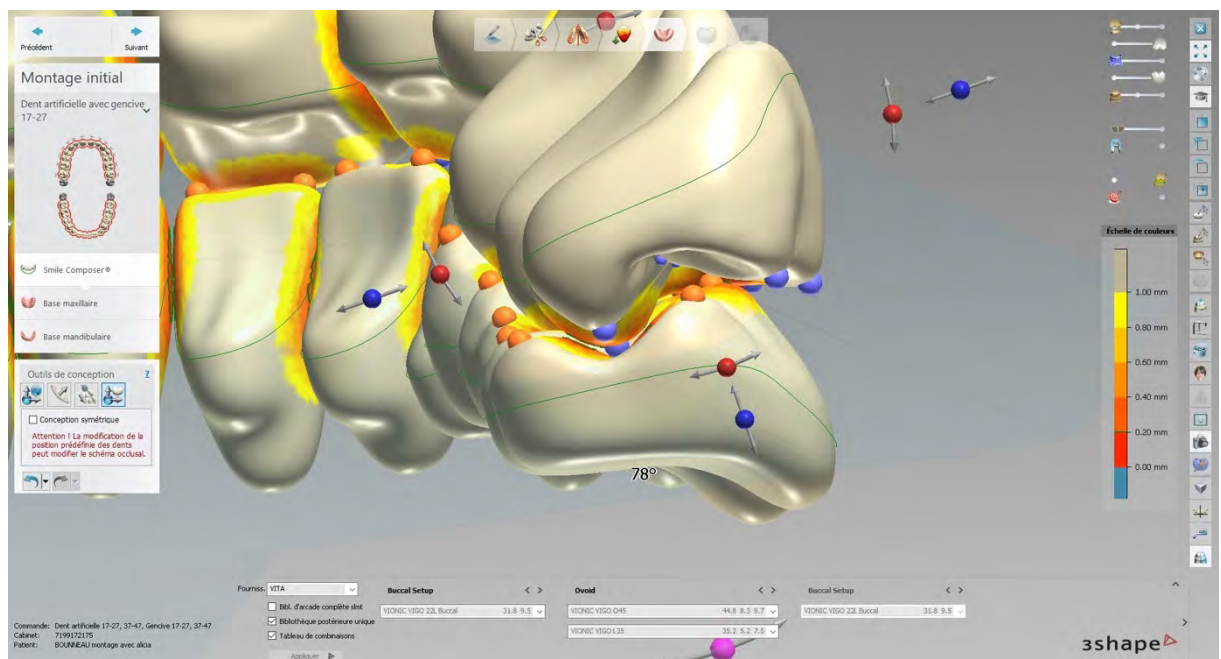
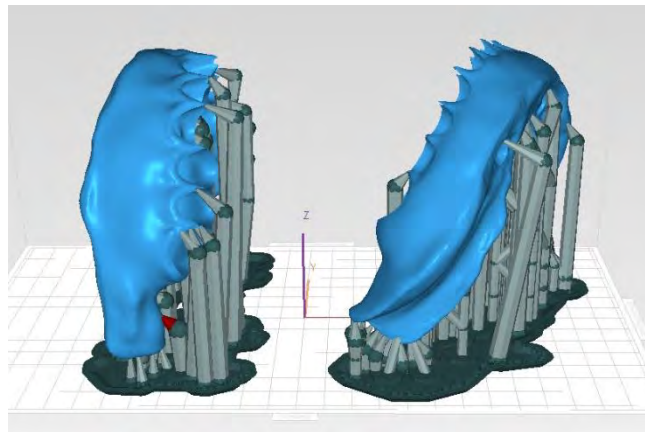


Figure 35 : Capture d'écran du logiciel 3 Shape

Vue de coupe du montage en normocclusion (dents Vita® Vionic VIGO)  
 22L postérieur, O45 antérieur maxillaire, L35 antérieur mandibulaire

La finalisation de la conception grâce au logiciel 3 shape permet d'exporter soit des fichiers de la base maxillaire et de la base mandibulaire, soit des fichiers monoblock des bases avec les dents. Le format d'export est ici du STL. Ces mêmes fichiers sont ensuite préparés pour une impression des bases.

Grâce au logiciel PHROZEN, des tiges de reliant la base au plateau d'impression sont conçues. Des tiges ont été ajoutées à la conception du fichier mandibulaire afin de consolider les bases pour ne pas avoir de déformations dimensionnelles au cours du post traitement.



*Figure 36 : Capture d'écran du logiciel PHROZEN,  
Tige de renforcement sur les bases*



Les impressions ont été réalisées grâce à l'imprimante Phrozen Sonic 4k. Les résines utilisées ont été la résine grise Phrozen ABS – like Matte GRAY pour les montages monoblock et la résine VOCO® V-Print Dentbase pour les base en vu du collage de dents du commerce. La précision de l'imprimante a été paramétrée à 50 microns (axe Z).



Figure 37 : Phrozen Sonic 4k (27)



Figure 38: Phrozen ABS-like Matter Gray (13)

Lorsque l'impression est terminée, un post-traitement des pièces est nécessaire. Celles-ci sont plongées dans un premier bain d'alcool isopropylique pendant 20 minutes puis polymérisées dans la cuve Formlabs 30 minutes à 60 °.

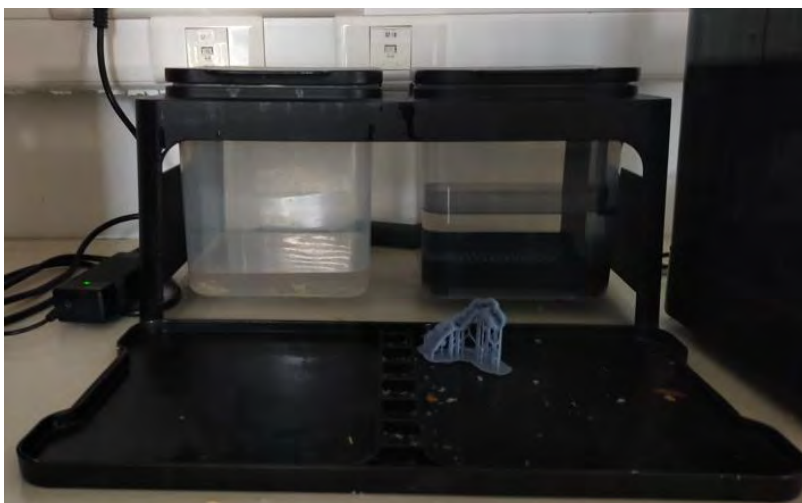


Figure 39 : Bain d'alcool

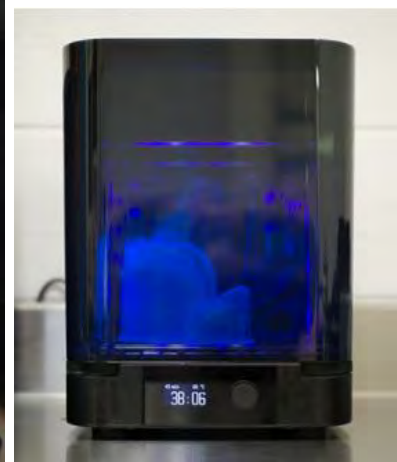


Figure 40 : Cuve Formlabs

Les dents VITA étant protégées par le fabricant, leurs modèles virtuels servant à la conception des prothèses ont donné lors de l'impression un état de surface cristallisé au niveau des faces vestibulaires. Un polissage des maquettes a donc été réalisé.

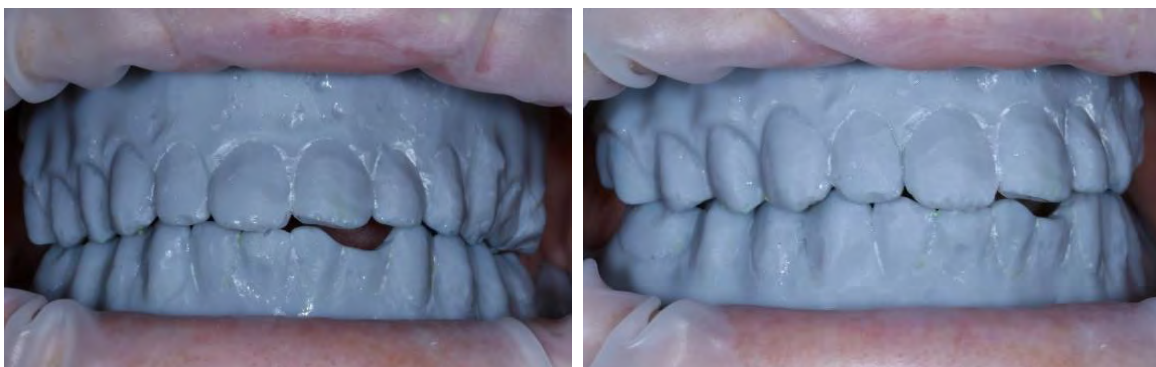


*Figure 41 : fin d'impression des monoblocs*



*Figure 42 : Etat de surface cristallisé des prothèses*

Le jour de la pose des provisoires mi- juillet 2021, nous avons évidé l'intrados des deux prothèses mandibulaires en regard des piliers locators, et avons appliqué de l'Ufi Gel Soft (Voco) afin de stabiliser la prothèse mandibulaire et éviter un appui en sustentation. Un questionnaire de satisfaction a été remis à la patiente.



*Figure 43 : Photographies du montage en normocclusion des provisoires sur fond noir et en intrabuccal*

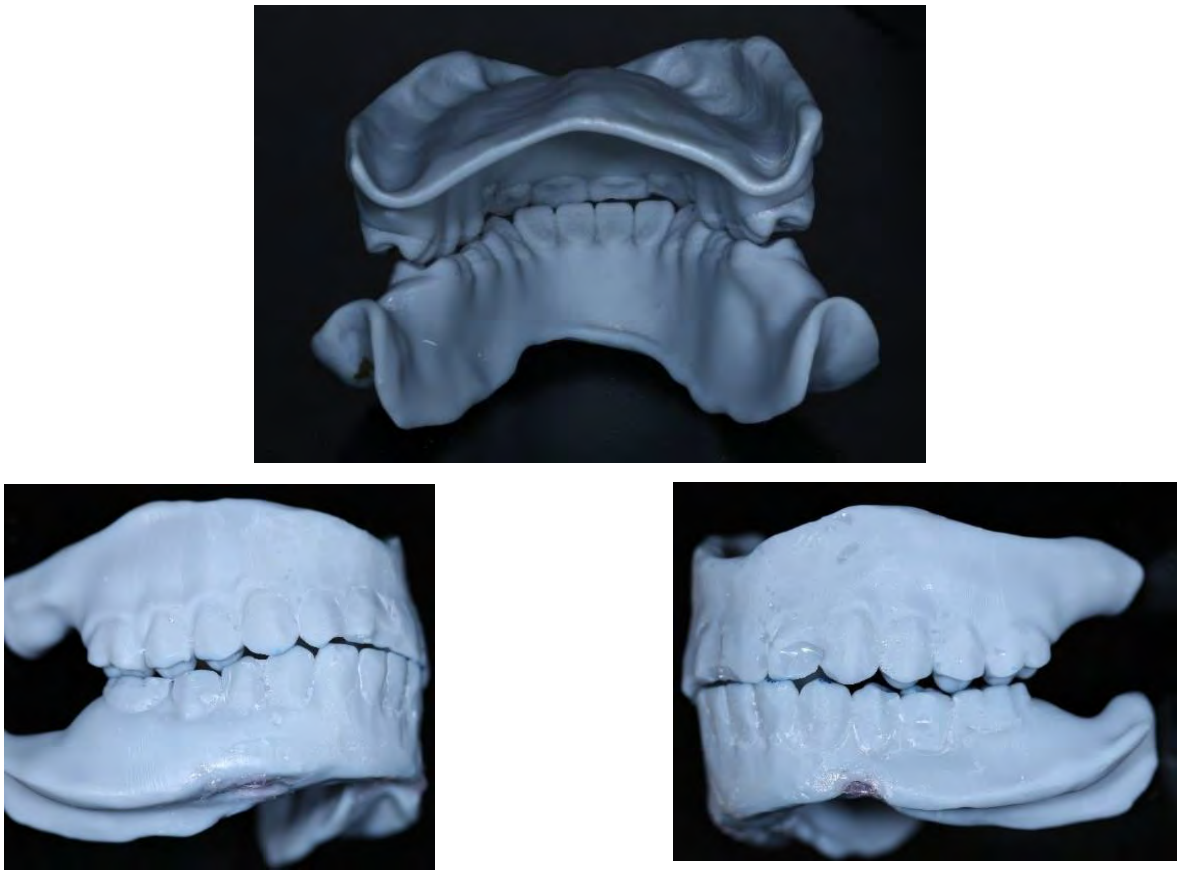


Figure 44 : Photographies sur fond noir du montage Lingualé

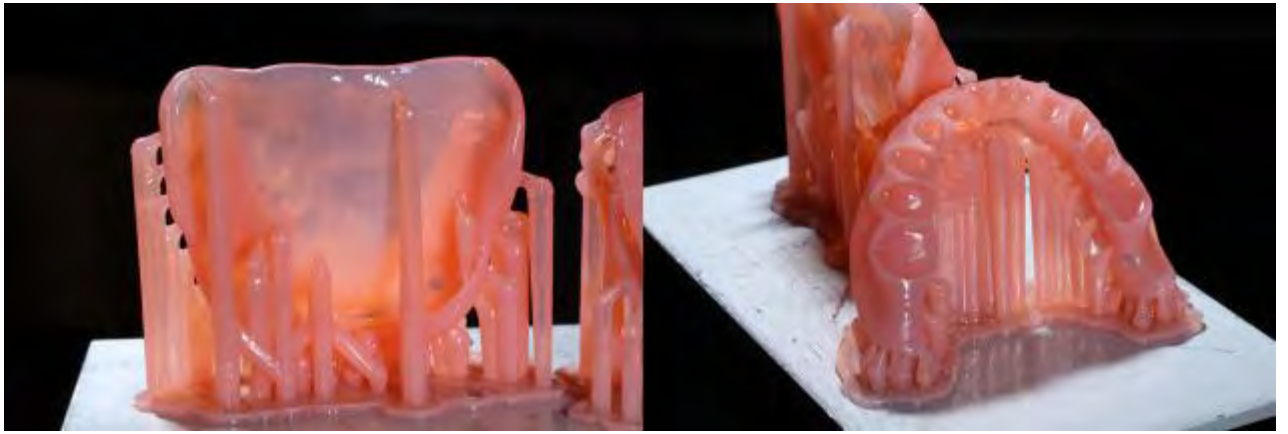
Puis les mêmes étapes d'impression et de post traitement ont été reproduites pour les prothèses provisoires avec dents du commerce. Seul les bases ont été imprimées avec la résine rose VOCO V- Print Dentbase. Les dents VITA ont été collées une à une avec le kit de collage VITA VIONIC bond Kit.



Figure 45 : Résine VOCO® V-Print Dentbase (28)



Figure 46 : Coffret collage VITA®



*Figure 47 : Bases roses imprimées avec les tiges de positionnement*



*Figure 48 : Prothèses lingualées en bouche*



*Figure 49 : Vue postérieure*



*Figure 50 : Prothèses Lingualées après polissage et collage des dents*





*Figure n°51 : prothèses définitives maxillaire et mandibulaire normocclusion*



*Figure n°52 : prothèse définitive en normocclusion*

## 5.6 Modjaw®

### Déroulement de la mise en place du Modjaw sur la patiente Mme B.

On importe les moulages (prothèses scannées avec le logiciel 3 Shape) de la patiente sur le logiciel Modjaw® au format STL. Un dossier patient est créé.

On définit les 4 points de repère dentaire sur l'écran grâce à la loupe. Le point dentale est choisi également.

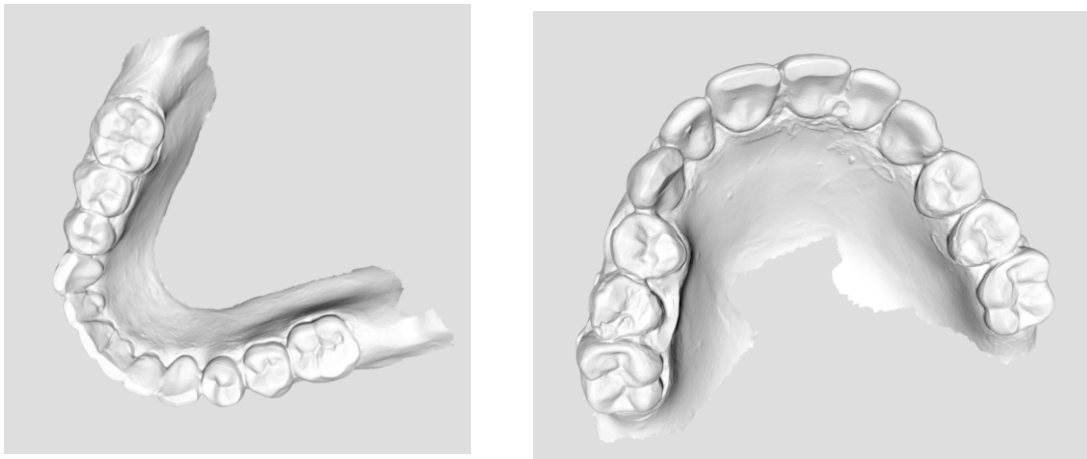


Figure 53 : Prothèses Linguales scannées

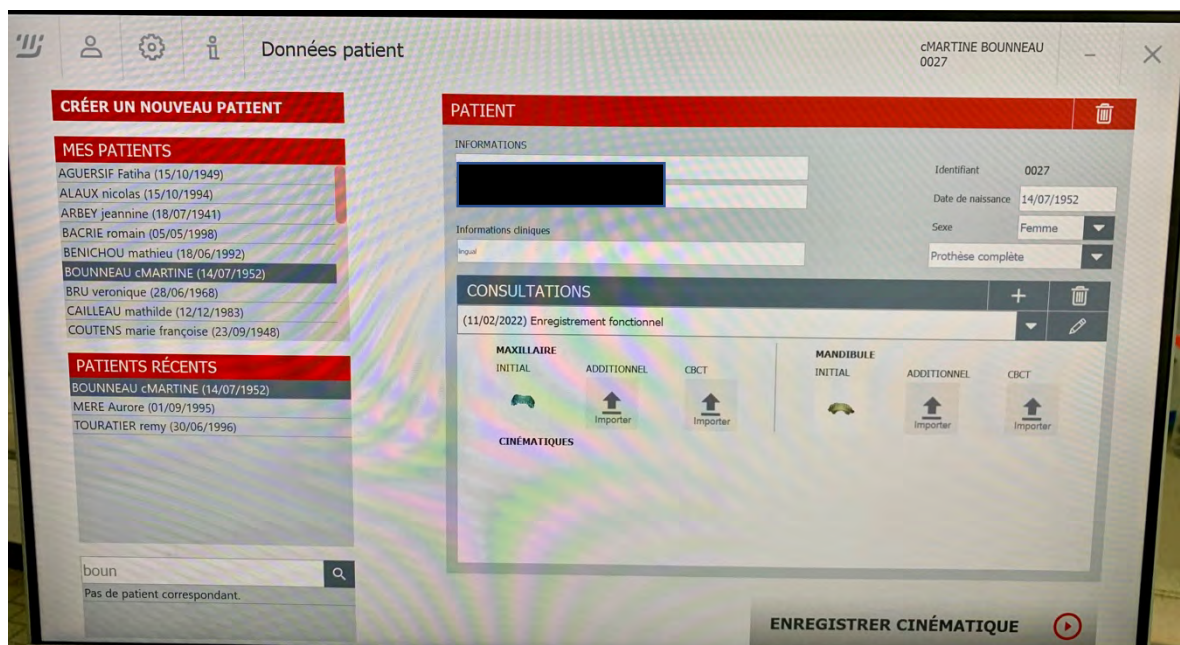


Figure 54 : Interface patient, création de l'enregistrement fonctionnel, importation des modèles (ici lingual).

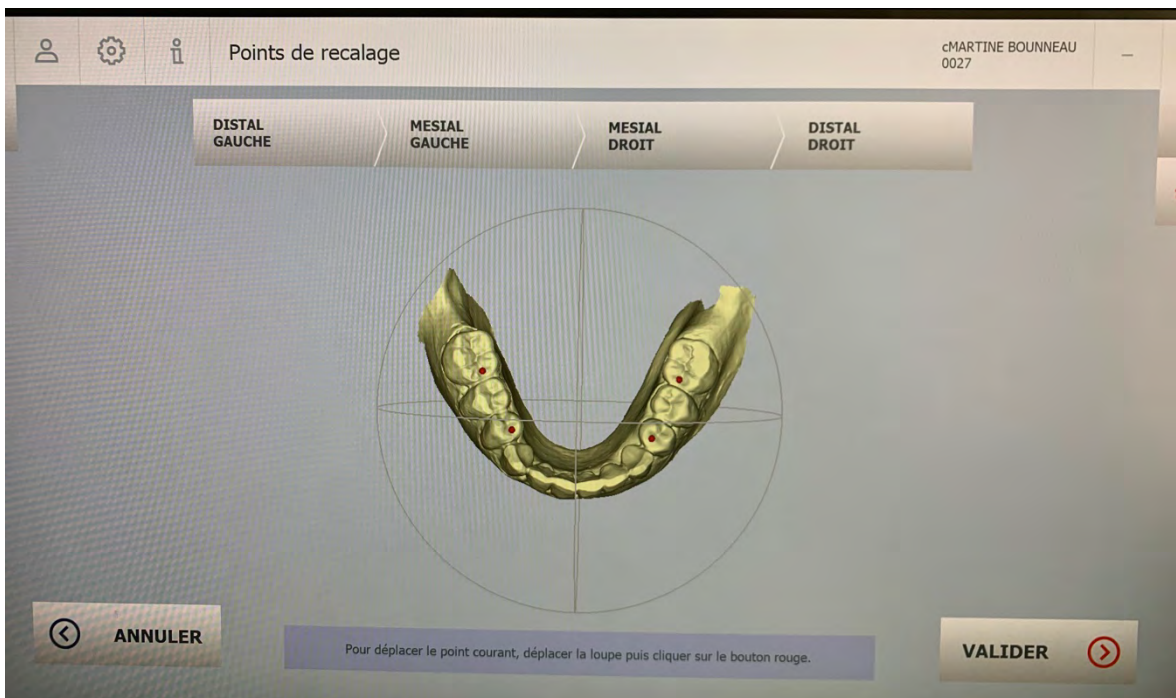


Figure 55 : Les 4 points de recalages à placer.

On positionne le Stylet sur le diadème pour le calibrage, des rotations sont faites dans le champ focal de la caméra (fig 56).

Le Papillon réflecteur est placé sur la fourchette para occlusale. Celle-ci est maintenue à la prothèse grâce à la résine autopolymérisable Voco® déposée sur les faces vestibulaires des dents mandibulaires en évitant toute interférence occlusale.

Tous les réflecteurs doivent être dans le champ focal de la caméra afin de pouvoir continuer les enregistrements.

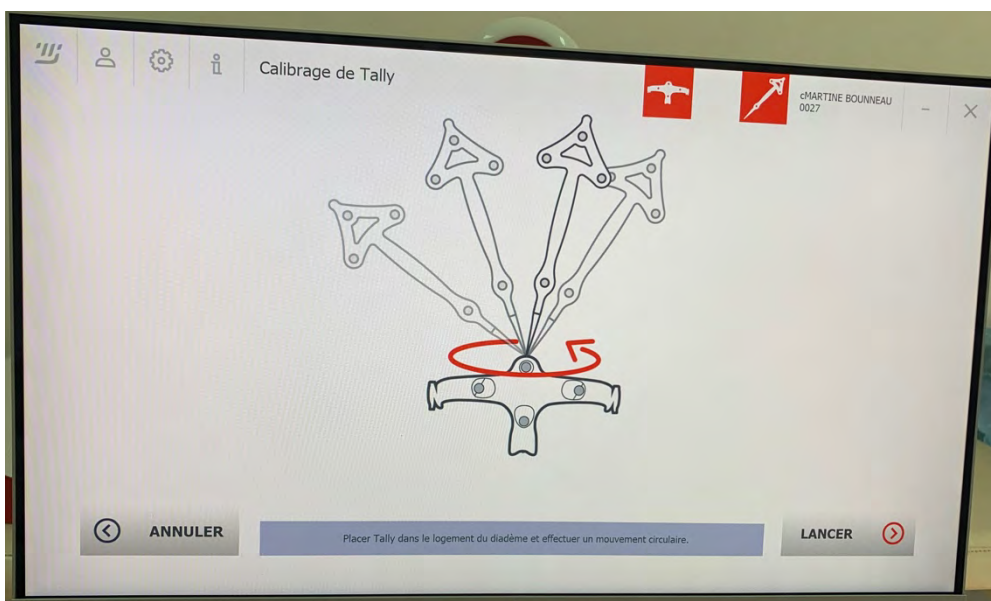


Figure 56 : Calibrage du diadème avec le stylet Tally.





*Figure 57 : mise en place du diadème et du papillon sur la patiente.*

La suite du calibrage se poursuit : il faut placer les repères cutanés demandés par le Modjaw®. A l'aide du Stylet, on place les points suivants : condyle droit, point sous nasal et condyle gauche

L'axe charnière de rotation est ainsi approché. Elle n'est pas exacte puisque les points sont issus de la palpation, et donc praticien dépendant.

Enfin, les points intrabuccaux sont désignés avec le Stylet directement en bouche (il faut s'assurer de choisir les mêmes points que ceux sélectionnés sur l'écran vus précédemment).

#### **Enregistrement de la cinétique mandibulaire :**

Les mouvements suivants ont été montrés au préalable à la patiente qui les exécutera 3 fois chacun. Cela nous permettra d'obtenir une superposition des tracés.

- Ouverture / fermeture
- Propulsion / rétropulsion
- Diduction droite / gauche
- Arc gothique
- Mastication (yogourt et carotte rapées)
- Phonation (60 à 70)



*Figure 58 : Vidéo du mouvement de diduction*



*Figure 59 : Vidéo d'ouverture  
Fermeture*

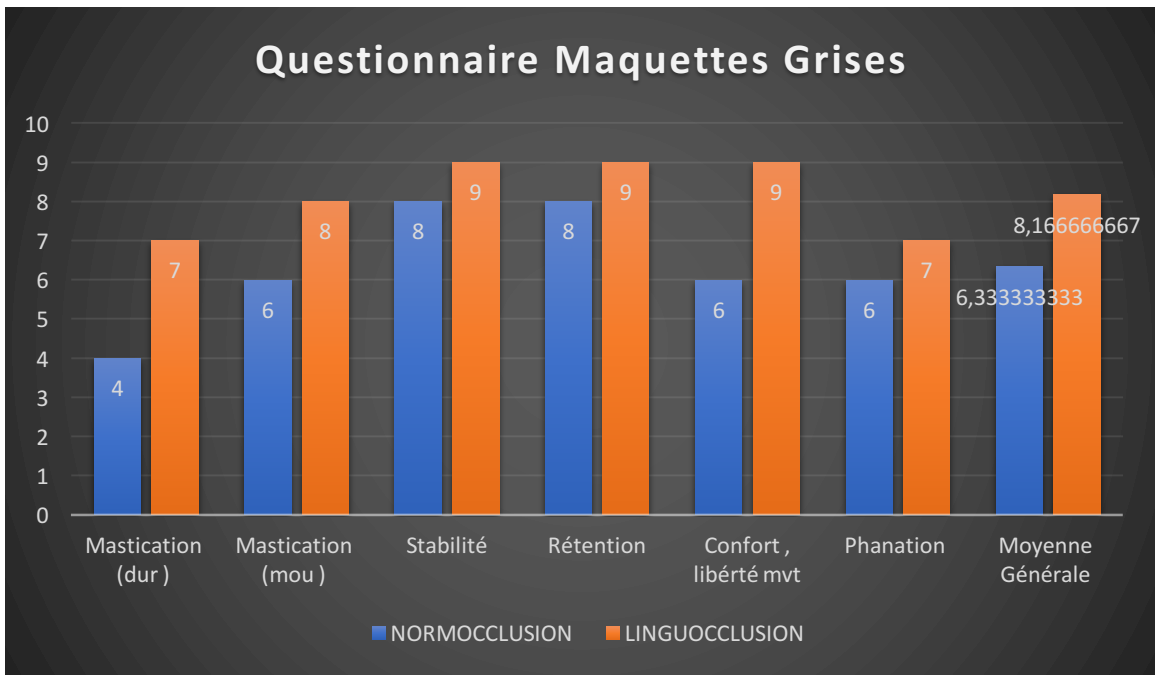
**Les résultats analysés :**

- 1) Déterminants postérieurs
- 2) Surface du parcours horizontal lors du tracé de l'arc gothique de Gysi
- 3) Amplitude et rectitude des mouvements de latéroclusion
- 4) Mastication

## 5.4 Résultats

a) Résultats du questionnaire de satisfaction :

Tableau des résultats du questionnaire des prothèses provisoires grises



Les critères suivants ont été évalué par la patiente :

Mastication (dur), Mastication (mou), Stabilité, Rétention, Confort, liberté de mouvement, Phonation.

On observe une satisfaction plus marquée sur les prothèses à occlusion linguale (moy 8,16 contre 6,33 pour la normocclusion).


L'écart de satisfaction est plus prononcé pour la mastication et la liberté de déplacement des mouvements de la mandibule.

Une différence moindre pour la stabilité, rétention et phonation est notée.

b) Résultat du MODJAW®

1) Valeurs des déterminants postérieurs en diduction et propulsion à vide :

MODJAW CONSULTATION 	
Patient CB0027 Consultation Enregistrement fonctionnel (11/02/2022)	Consultation de 10h30 : prothèses en Linguocclusion
Cinématique Diduction/Médiotrusion gauche 10h33 Bennett Gauche: 00° Bennett droit: 20° Pente Condylieune Gauche (5mm): 52° Pente Condylieune droite (5mm): 46°	
Cinématique Arc gothique 10h42 Bennett Gauche: 19° Bennett droit: 01° Pente Condylieune Gauche (5mm): 55° Pente Condylieune droite (5mm): 49°	

MODJAW CONSULTATION 	
Patient CB0027 Consultation Enregistrement fonctionnel (11/02/2022)	Consultation de 11h : Prothèses en Normocclusion
Cinématique Diduction/Médiotrusion gauche 11h10 Bennett Gauche: 00° Bennett droit: 33° Pente Condylieune Gauche (5mm): 00° Pente Condylieune droite (5mm): 60°	
Cinématique Arc gothique 11h11 Bennett Gauche: 33° Bennett droit: 09° Pente Condylieune Gauche (5mm): 69° Pente Condylieune droite (5mm): 61°	
Cinématique Mastication 11h15 Bennett Gauche: 12° Bennett droit: 00° Pente Condylieune Gauche (5mm): 61° Pente Condylieune droite (5mm): 74°	

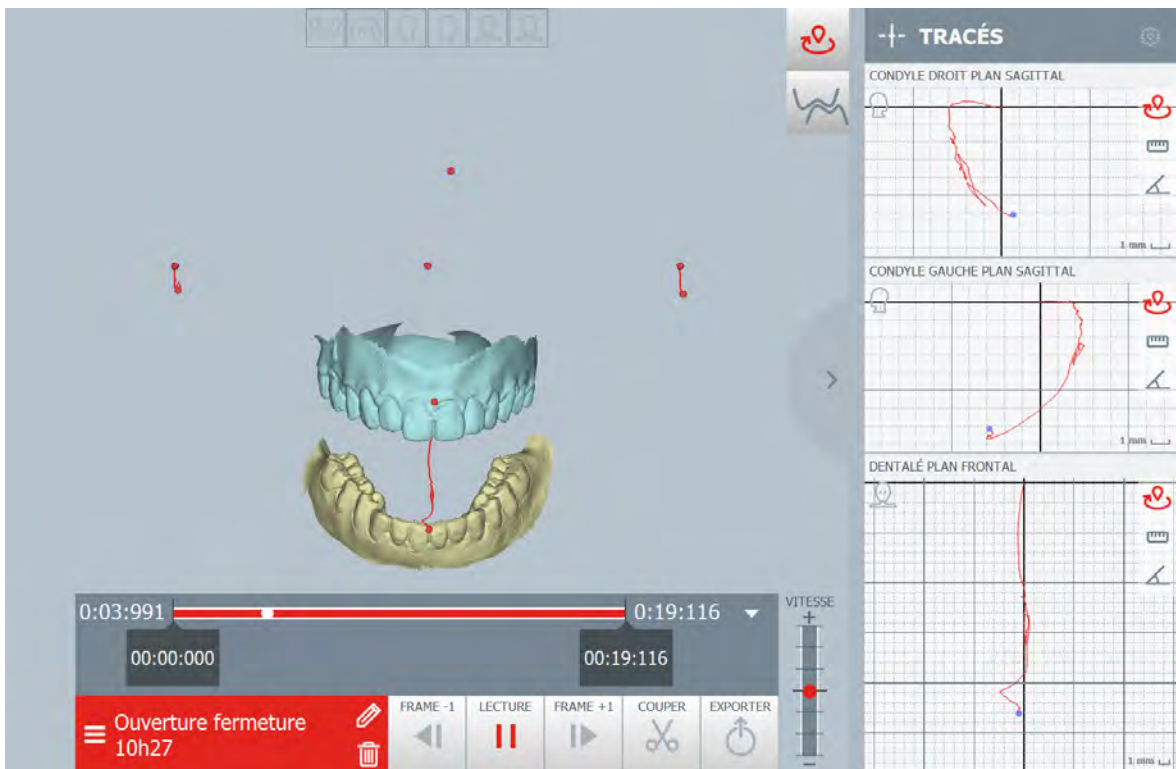
	Angle Bennett G	Angle Bennet D	Pente condylienne G	Pente condylienne D
Linguoocclusion	19°	01°	55°	49°
Normocclusion	33°	09°	69°	61°

*Tableau comparant les valeurs de l'enregistrement de L'arc gothique entre la linguoocclusion et la normocclusion.*

On remarque des différences importantes entre les deux jeux de prothèses. Celles-ci peuvent venir de plusieurs biais comme, le positionnement des points condyliens différents, un mauvais calage de l'occlusion a été remarqué lors des enregistrements en normocclusion.

De plus faibles valeurs à droite sont constatées.

Les valeurs des PC sont au-dessus des valeurs standard (40°) et l'AB gauche également (>15°).



*Figure 60 : Ouverture fermeture en Linguoocclusion*



Figure 61 : Ouverture fermeture en Normocclusion

On remarque ici quel que soit le type de concept occlusal, pour l'ouverture fermeture, une ouverture en baïonnette. Une désunion condylo discale de grade II est présente. La patiente ne décrivait aucune douleur.



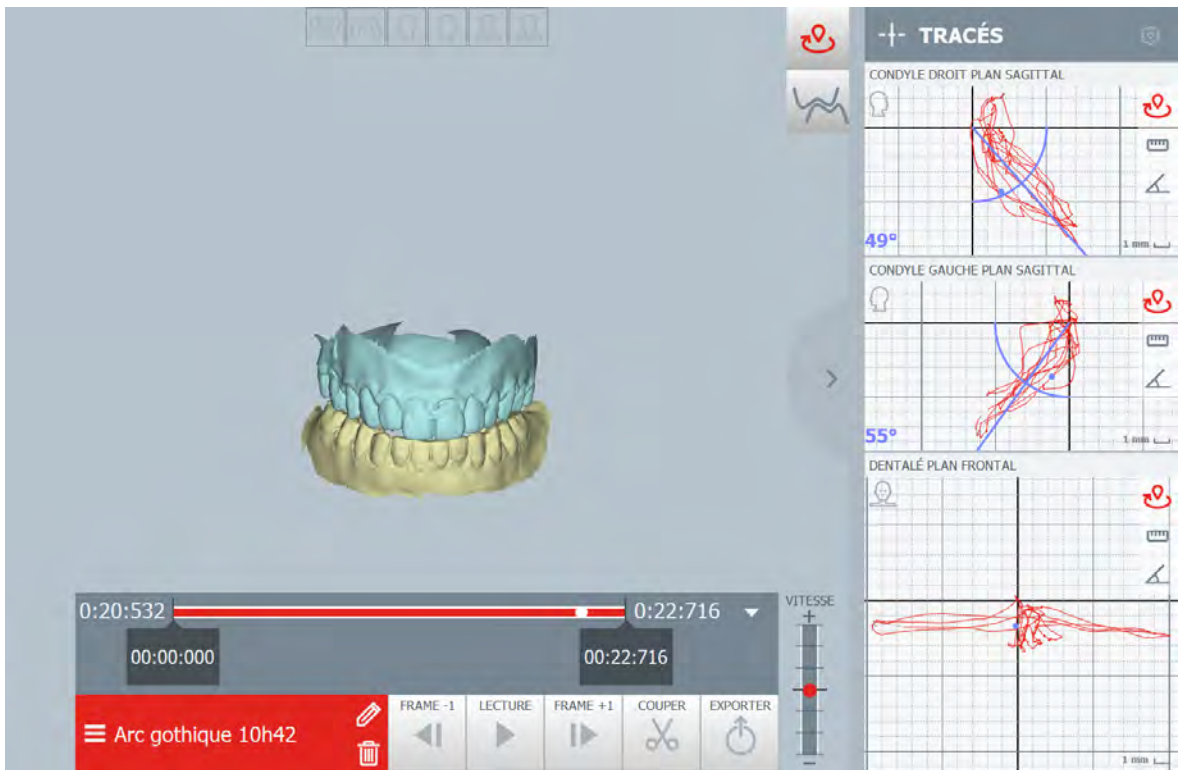


Figure 62 : Arc gothique en linguocclusion

Points dans le plan frontal A (-9,5 ; -2), B (0 ; -0,5), C(10 ; -2), D(0,5 ; -3,2)

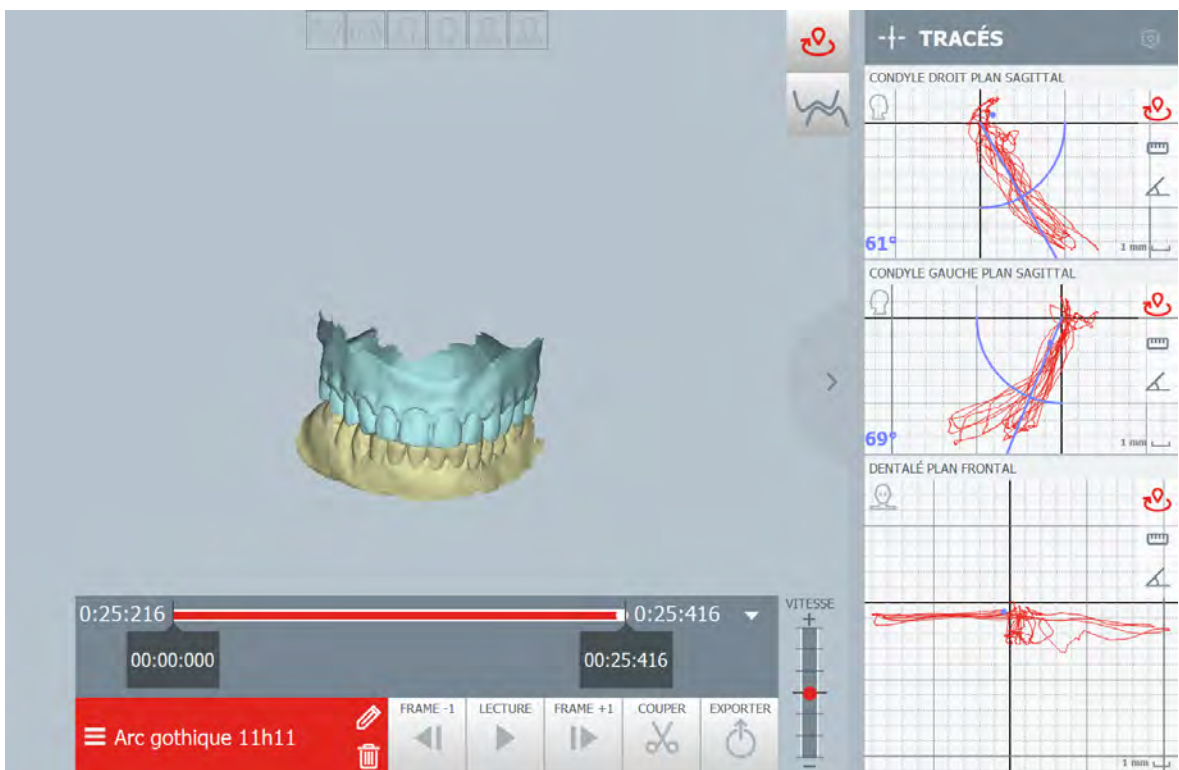


Figure 63 : Arc Gothique en Normocclusion

Points dans le plan frontal A (-9 ; -1), B (0,5 ; -1), C (10,5 ; -2) , D (0,2 ; -1,8).

## 2) Surface du parcours horizontal lors du tracé de l'arc gothique de Gysi

Comparaison des angles ABC et des aires du polygone ABCD (voir annexe de calcul) :

	LINGUOCLUSION	NORMOCLUSION
Angle ABC	162,5°	174°
Aire (polygone ABCD)	26,325mm <sup>2</sup>	7,95mm <sup>2</sup>

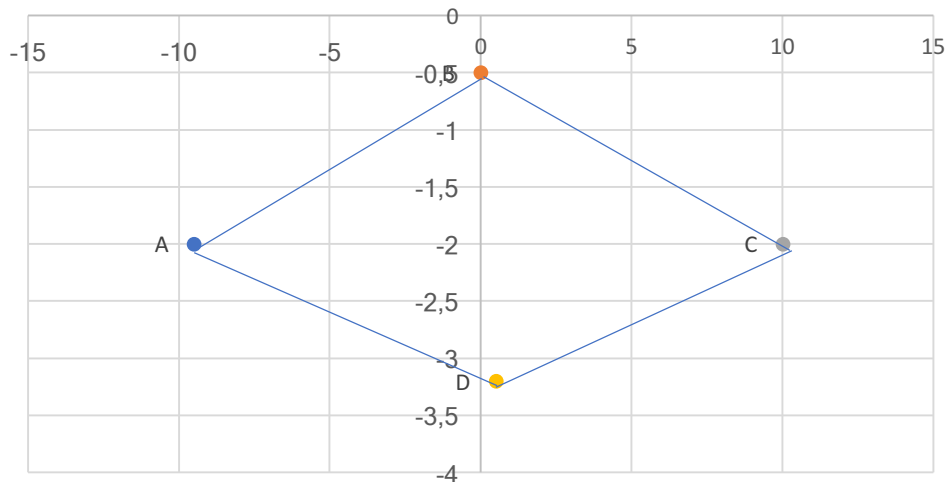


Figure 64 : Polygone obtenu en Linguoclusion

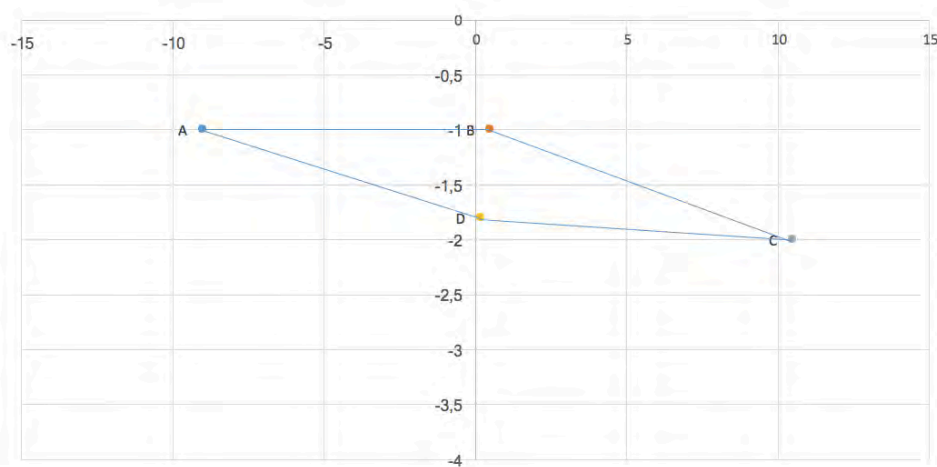


Figure 65 : Polygone obtenu en Normoclusion

La liberté de mouvements est 3,3 fois plus importante pour les prothèses lingualee que pour les normoclusion (26,325 > 7,95). De plus, la patiente nous a confirmé ce ressenti lors de l'enregistrement avec le Modjaw® et par les réponses aux questionnaires.

L'angle obtenu très large, suppose de fortes amplitudes en latéralité, une laxité articulaire et des bases prothétiques mobiles (d'après GERBER sur les travaux de l'arc gothique)



### 3) Amplitude et rectitude des mouvements de latéroclusion

Figure 66 : Laréalité normocclusion) :

Condyle droit non travaillant : diduction gauche : 7mm (axe x)

Condyle gauche non travaillant : diduction droite : (-6,5 à 2,5mm soit une distance de 8mm selon l'axe x)

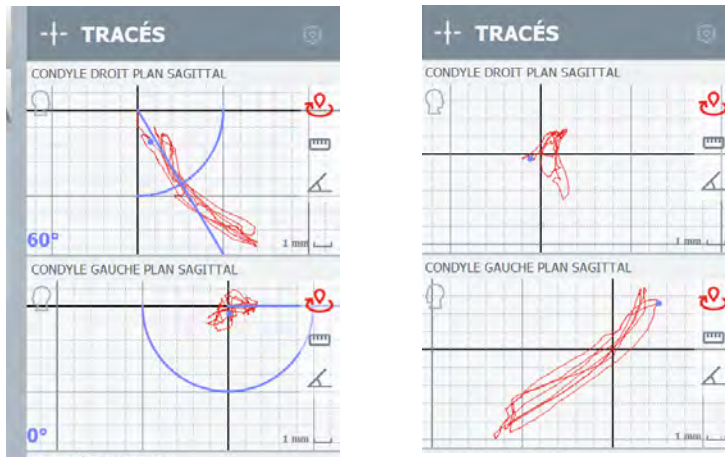


Figure 67 : Laréalité linguocclusion) :

Condyle droit non travaillant (diduction gauche) : 10 mm (axe x)

Condyle gauche non travaillant (diduction droite) : 9mm (axe x)



Les tracés obtenus sont curvilignes, concaves vers le haut, et homogènes pour la normocclusion. Pour le condyle gauche, le tracé est un peu plus rectiligne. Le mouvement est plus postérieur pour le condyle gauche.

Pour la linguocclusion, les tracés sont moins curvilignes et plus rectilignes avec une pente plus forte pour le condyle gauche.

#### 4) Mastication

On remarque des différences de courbes entre la mastication avec le yogourt et celle avec les carottes. Avec le Yogourt (fig 68 ,69), les courbes dans le plan frontal sont plus larges et étendues (fig 70 et 71) alors qu'avec les carottes les courbes dans le plan frontal sont plus courtes et plus étroites

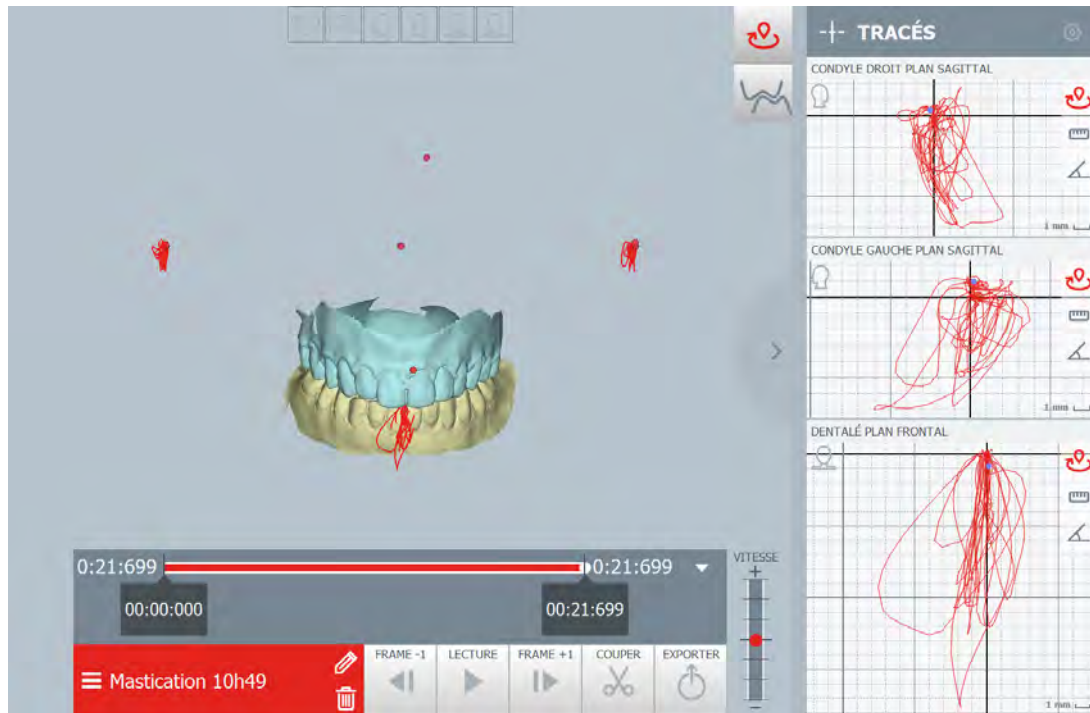


Figure 68 : Mastication yogourt en linguocclusion

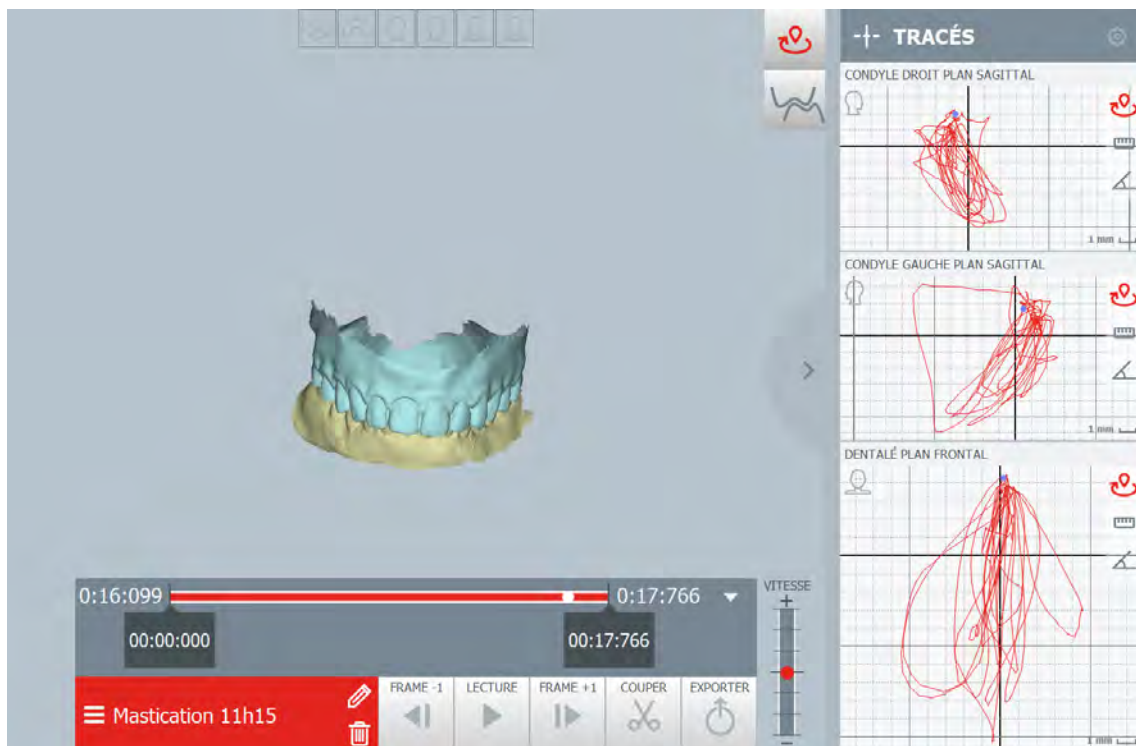


Figure 69 : Mastication yogourt en normocclusion

On ne remarque pas de grosses différences entre les tracés dans le plan frontal entre la normocclusion et la linguocclusion. La normocclusion ne démarre pas de l'origine du graphique.

Valeur de l'étendue dans le plan frontal de la linguocclusion :

- x allant de -7 à 3 mm
- y allant de 0 à -12 mm

Valeur de l'étendue dans le plan frontal de la normocclusion :

- x allant de -5 à 3 mm
- y allant de 4 à -8 mm

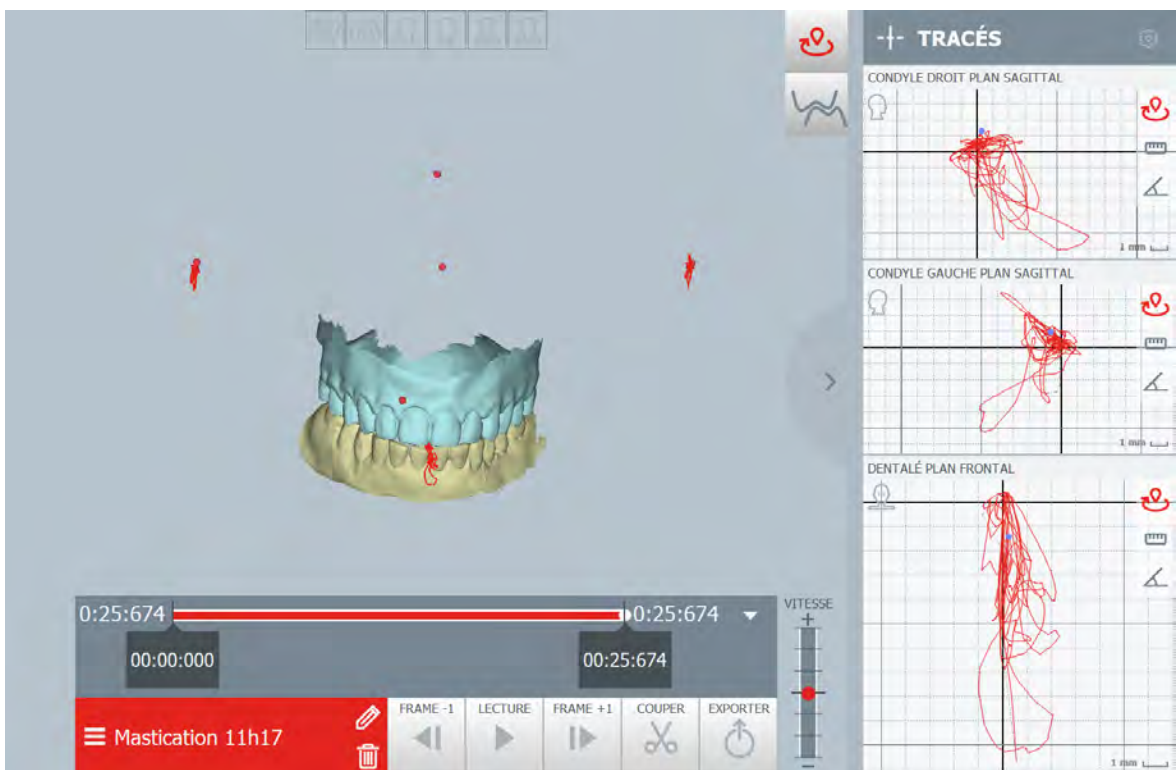


Figure 70 : Mastication Carotte en Normocclusion

Etendu de la mastication dans le plan frontal : x (-1 à 2) mm et y (0 à -10)mm

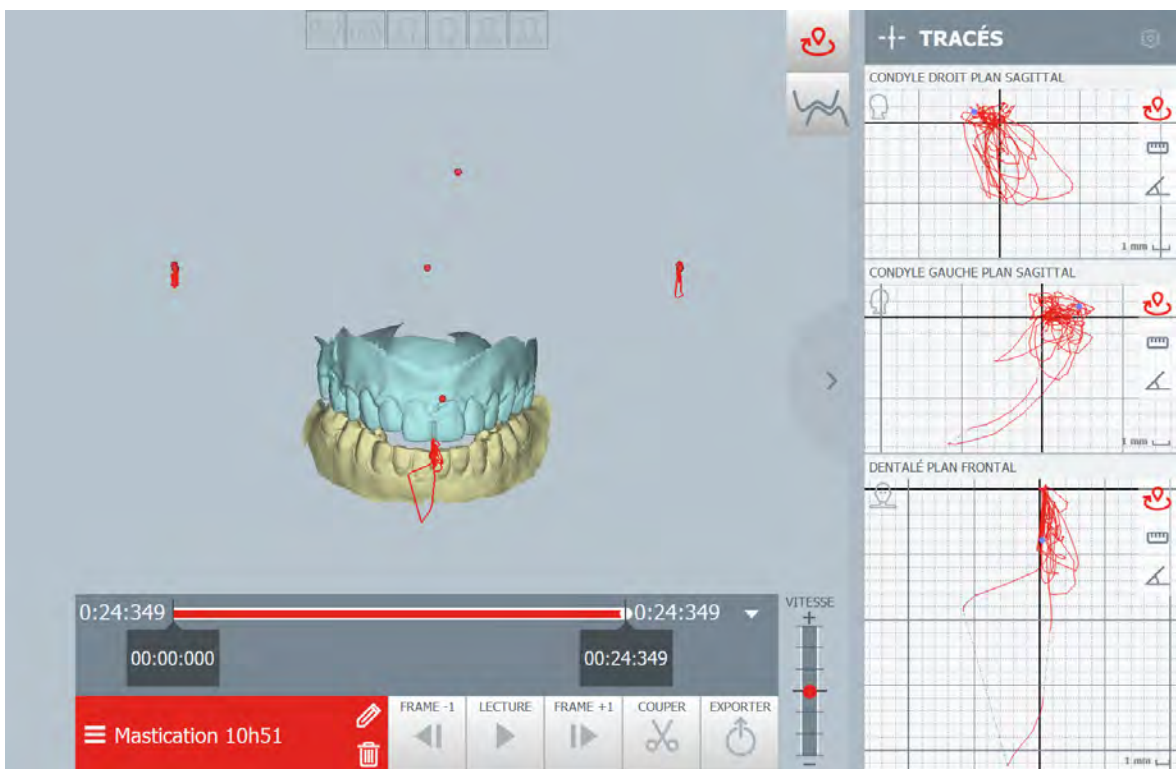


Figure 71 : Mastication carotte en Linguoocclusion

Etendue de la mastication dans le sens frontal : :x (0 ; 3) mm et y (0 ; -8) mm



Figure 71 : Contacts Normoocclusion (mastication)



Figure 72 : Contacts Linguoocclusion (latéralité)

Avec la fonction appuis, on remarque ici que les contacts sont bien répartis uniformément à l'ensemble des dents. Les contacts avec L'OL sont bien unitaires comparé à l'ON ou les cuspides d'appuis et les cuspides guides sont en contacts.

## 5.7 Discussion

### a) Les étapes de fabrications des prothèses : biais possibles ou supposés

Lors de la fabrication des prothèses, les mêmes bases ont été imprimées, seule l'orientation des dents est modifiée. On peut donc supposer que les différences au niveau du confort et des libertés de mouvements sont liées uniquement aux caractéristiques de l'occlusion. Mme B. présentant des crêtes osseuses fortement résorbées, un résultat différent aurait été, au vu de la littérature, surprenant.

Du fait d'avoir imprimé les bases et non de les avoir usinées, nous avons dû les retoucher pour enlever les tiges de positionnements ce qui a conduit à de légères déformations.

Concernant la solution de base imprimée et de dents du commerce collées, il la mise en œuvre du collage a présenté des biais de positionnement des dents lors du collage. Des déformations dimensionnelles des bases imprimées se sont produites lors du post-traitement à l'aide d'ultra-violets. Le positionnement des dents n'était donc plus précis comme indiqué par le fabricant VITA®.

A la vue de ces difficultés de mise en œuvre, Il faudrait certainement se diriger vers des arcades dentaires en monobloc. L'inconvénient serait alors l'esthétique bien moindre comparé à des dents unitaires. Des comparaisons avec essayage monobloc auraient par contre l'avantage de ne comparer que le facteur occlusal.

### b) Questionnaire de satisfaction : biais possibles ou supposés

Le temps de port de chaque prothèse est insuffisant pour extrapoler les résultats. Il faudrait entre 3 et 6 mois de port pour chaque jeu de prothèses pour avoir un résultat significatif.

La question concernant l'esthétique n'est pas prise en compte étant donné l'impression grise des prothèses. Nous nous sommes concentrés sur la stabilité et le confort principalement. Le biais classement et le biais de confusion peuvent exister.



Les plus gros écarts de notes se retrouvent pour la mastication dur (7/10 pour l'OL et 4/10 pour l'ON) et pour le confort, liberté de mouvement (09/10 pour l'OL et 6/10 pour l'ON).

On peut alors supposer que la mastication des aliments durs avec les prothèses en occlusion linguale est plus efficace qu'avec la normocclusion. Concernant les aliments mous (8/10 OL et 6/10 ON), un écart plus faible (2 points contre 3 pour la mastication dur) est constaté. En effet, les aliments mous ne nécessitent pas un broyage et une mastication aussi importante que les aliments durs et par conséquent, l'occlusion est moins sollicitée. De plus faible score pour la mastication dure peut mettre en évidence une difficulté réelle que présente la majorité des patients porteurs de prothèses complète.

Les mouvements fonctionnels sont plus simples à réaliser pour la patiente avec l'OL. Ce qui confirme notre hypothèse de départ. L'orientation des dents cuspidées a bien une influence sur le ressenti du patient, ce qui est en adéquation avec les données issues de la littérature.

La stabilité et la rétention obtiennent les mêmes scores : (9/10 pour l'OL et 8/10 pour l'ON). L'écart réduit d'1 point ne souligne pas de grosses différences entre les deux occlusions. En effet, les mêmes bases ont été imprimées, seule l'orientation des dents a été modifiée. La rétention des prothèses en lien avec un ménisque salivaire homogène dépend plus des bords prothétiques et de leur capacité à ne pas interférer avec la musculature périphérique, que de l'occlusion en elle-même.

Pour la phonation, un écart d'1 point est relevé également (7/10 OL et 6/10 ON). Les dents antérieures s'étant un peu cassées lors du post traitement et du polissage, la phonation n'était pas optimale. La phonation se fait en grande partie au niveau des dents antérieures. Celles-ci étant identiques entre les 2 prothèses, un écart plus important des scores aurait été surprenant.

c) Le Modjaw®

Concernant le Modjaw®, les biais supposés ou possibles peuvent être regroupés pour les déterminants postérieurs et les surfaces de parcours horizontal du tracé de l'arc gothique :

- Un décalage dans le plan frontal en normocclusion est retrouvé lors de tous les enregistrements (les tracés ne partent pas de l'origine du graphique). Les points placés sur les repères (pour l'arc gothique) sont donc approximatifs et par conséquent les angles et les aires également. Ce décalage peut provenir d'un mauvais positionnement des points intrabuccaux entre le calibrage sur les modèles et les points intrabuccaux. De plus, les points extrabuccaux sont des points cutanés approchés.
- Les angles de Bennett et les pentes condyliennes sont également approchées ce qui pourrait expliquer l'écart important entre les valeurs affichées pour la normocclusion (PCG 69°, PCD 61°) et la linguocclusion (PCG 55°, PCD 49°).
- Les angles de l'arc gothique sont très ouverts : 174° Normocclusion et 162,5° Linguocclusion. Ce résultat peut être expliqué par le collage imprécis des dents : une équilibration secondaire a dû être faite au fauteuil ouvrant les angles cuspidiens ce qui a permis une liberté de mouvement plus grande lors du Modjaw®.
- Les prothèses complètes restent tout de même plus mobiles qu'une dentition naturelle. Les bases ont pu bouger lors des mouvements fonctionnels. D'autre part, les capuchons rétentifs des Locators n'étaient pas présents dans les prothèses mandibulaires.



Concernant l'amplitude et rectitude des mouvements de latéralité, les valeurs sont inférieures à celles de référence pour les femmes (diduction droite  $9 \pm 2,8\text{mm}$  et diduction gauche  $9,7 \pm 3\text{mm}$ )(29). Ces résultats pourraient provenir de l'âge de la patiente plus élevé et des biais de placements des points condyliens extraoraux.

L'amplitude quant à elle est curviligne et non pathogène pour la normocclusion. Le tracé curviligne provient de l'anatomie du condyle qui est limité par la fosse temporale. Les différences de tracés entre la normocclusion et la linguocclusion peuvent venir d'une hétérogénéité intra-individuelle. Les tracés plus rectilignes du condyle droit peuvent mettre en évidence une différence anatomique de la fosse temporale usée.

Concernant la mastication, les volumes plus concentrés de la linguocclusion par rapport à la normocclusion (avec les carottes) peuvent mettre en évidence une efficacité de la mastication avec les prothèses en linguocclusion.

Lors de l'enregistrement avec les carottes, la patiente a repris des cuillères ce qui apparaît par des coupures dans les graphiques au moment de l'ouverture buccale.

Les graphiques plus étendu obtenu avec les yogourts montrent bien une différence de textures entre les aliments. Les cycles sont plus réguliers et plus amples pour les yogourts qui est un aliment plus mou à mâcher que la carotte.

#### d) Résultats

Les résultats obtenus dans cette étude sont purement indicatifs. En aucun cas ils doivent être utilisés à une autre fin en soi que cette étude. En effet, de trop nombreux biais ont été soulignés.

L'objectif principal de cette étude a été atteint en validant la faisabilité d'un protocole. L'hypothèse que l'occlusion linguale permet une liberté de mouvements et un confort plus important comparé à la normocclusion est confirmée. Le confort et la liberté de mouvement pour l'occlusion linguale obtient un score de 9/10 contre 6/10 pour la normocclusion lors de la réponse au questionnaire.

L'aire obtenue lors du mouvement fonctionnel de l'arc gothique avec le Modjaw® est 3,3 fois plus grande que celle relevée pour la normocclusion. Les mouvements sont plus

amples et plus larges ce qui prouve bien que la liberté de mouvement est plus importante.

Un étude plus large pourrait se révéler utile pour extrapoler les résultats en standardisant le protocole et en incubant un échantillon plus large afin d'obtenir des résultats statistiquement significatifs.

## CONCLUSION

Actuellement, apporter une solution stable et confortable en prothèse complète n'est pas aisé. Les workflows numériques permettent aux praticiens d'alléger certaines étapes les rendant plus simples et instructives.

Le Modjaw® est un outil fabuleux pour aider à la conception des prothèses, des gouttières, détecter des parafunctions ou encore réaliser des équilibrations occlusales. Une large fenêtre d'utilisation est possible dans différents domaines comme l'orthodontie, l'implantologie, l'occlusodontie. Son interface est didactique et pédagogique, favorisant une meilleure compréhension du patient sur les thérapeutiques à envisager.

Avec la cinématique mandibulaire du patient acquise grâce au Modjaw®, l'équilibration occlusale est simple à réaliser. Le calcul des déterminants postérieurs en temps réel et reproductible en fait un outil de réhabilitation complet.

L'occlusion lingualée est remise au goût du jour et semble être plus appréciée des patients et des praticiens. Grâce à cette étude nous confirmons les résultats issus de la littérature concernant l'occlusion lingualée : un meilleur confort, une plus grande liberté de mouvement, une meilleure efficacité lors de la mastication et une meilleure stabilité ont été décrits et analysés. Une amplitude fonctionnelle améliorée et une capacité à varier les qualités et textures alimentaires peuvent permettre de répondre à la préoccupation de santé publique que représente l'édentement total en améliorant la santé globale des patients.

L'amélioration du confort global physique contribue également à l'amélioration de confort psychologique du patient et à la réduction de son handicap ressenti.


De plus, un montage et une équilibration plus simples en font une occlusion privilégiée lorsque les conditions le permettent.

Cependant nous ne pouvons pas extrapoler nos résultats à une population cible et les résultats obtenus ne peuvent être interprétés que dans le cadre d'un single case editing.

L'objectif affiché de validation d'un protocole est atteint et une étude plus poussée avec un échantillon plus grand pourrait laisser apparaître des résultats statistiquement significatifs. Un protocole standardisé avec une conception des prothèses imprimées monoblocs pourrait être une solution envisageable. Intégrer un face-scan ajouterait une précision lors du calibrage du Modjaw®.

**Mr le président du jury**

**Dr Frédéric VAYSSE**

*Mr le président du jury*  


**Mr le directeur de thèse**

**Dr Luc RAYNALDY**

*Mr le directeur*  


## QUESTIONNAIRE MEDICAL DE SATISFACTION

NOM :  
PRENOM :  
AGE :

Ce questionnaire est à remplir après les 2 semaines de port des prothèses différentes.

### **PARTIE 1 : Prothèse avec une Occlusion Lingualée (semaine 1 de port)**

Sur une échelle de 0 à 10, (0 insatisfait et 10 très satisfait), répondez aux questions suivantes :

1) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **mastication** ?

- Aliments mous (types purée, mie de pain)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Aliments durs (type viande, carottes)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

2) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **stabilité** (sens horizontal) de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

3) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **rétenion** (sens vertical) de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

4) Quel est votre degré de satisfaction concernant le **confort, liberté de déplacement des mouvements** de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

5) Quel est votre degré de satisfaction concernant l'**esthétique** de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

6) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **phonation** ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

## QUESTIONNAIRE MEDICAL DE SATISFACTION

NOM :  
PRENOM :  
AGE :

Ce questionnaire est à remplir après les 2 semaines de port des prothèses différentes.

### **PARTIE 2 : Prothèse avec une Normoclusion Occlusion (semaine 2 de port)**

Sur une échelle de 0 à 10, (0 insatisfait et 10 très satisfait), répondez aux questions suivantes :

1) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **mastication** ?

- Aliments mous (types purée, mie de pain)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- Aliments durs (type viande, carottes)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

2) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **stabilité** (sens horizontal) de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

3) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **rétenion** (sens vertical) de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

4) Quel est votre degré de satisfaction concernant le **confort, liberté de déplacement des mouvements** de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

5) Quel est votre degré de satisfaction concernant l'**esthétique** de la prothèse ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

6) Quel est votre degré de satisfaction concernant la **phonation** ?

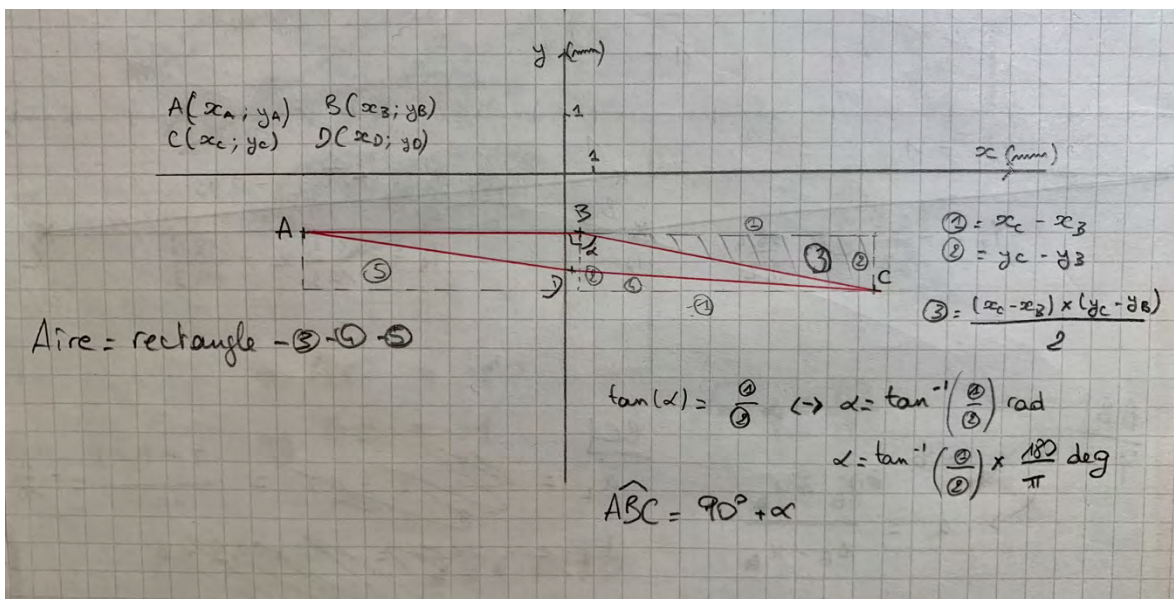
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

## ANNEXE CALCULS

### Calculs des angles ABC et de l'aire ABCD :

Pour l'angle ABC : 2 angles ont été calculés puis ajoutés.

Un rectangle a été imaginé englobant le polygone. On a calculé l'aire des triangles rectangles qu'on a soustraite à l'aire globale du rectangle, laissant alors l'aire du polygone apparaître.





## BIBLIOGRAPHIE

1. Larousse É. Définitions : cinématique - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 10 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/cin%C3%A9matique/16043>
2. Larousse É. Définitions : cinétique - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 10 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/cin%C3%A9tique/16068>
3. file://D:\Lam\CEUPF\la cinématique mandibulaire.htm. :24.
4. Guarda-Nardini L, Manfredini D, Ferronato G. Temporomandibular joint total replacement prosthesis: current knowledge and considerations for the future. *Int J Oral Maxillofac Surg.* févr 2008;37(2):103-10.
5. Bennett NG. A Contribution to the Study of the Movements of the Mandible. *Proc R Soc Med.* 1908;1(Odontol Sect):79-98.
6. Preview L'occlusion tout simplement ok [Internet]. calameo.com. [cité 10 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.calameo.com/read/0045240245cc400b241cb>
7. Orthlieb Jean-Daniel. Occlusodontie pratique. Edition CdP. Ruel-Malmaison [France: Editions CdP; 2000. 214 p.
8. Yumpu.com. Mastication et édentement total - Information dentaire [Internet]. yumpu.com. [cité 23 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.yumpu.com/fr/document/read/17188174/mastication-et-edentement-total-information-dentaire>
9. Orthlieb J-D. Gnathologie fonctionnelle : Volume 2, occlusion et reconstitution prothétique. CdP; 2011. 195 p.
10. Le Gall ML, Lauret J-F, Collectif. La fonction occlusale : Implications cliniques. 3e édition. CdP; 2011. 291 p.
11. Orthlieb JD. Occlusodontie pratique. Wolters Kluwer France; 2000. 240 p.
12. Larger C. La dynamique mandibulaire fonctionnelle : état des lieux et apport du numérique [Thèse d'exercice]. Toulouse, France : Université Toulouse III; 2014.
13. Oancea L, Stegaroiu R, Cristache CM. The influence of temporomandibular joint movement parameters on dental morphology. *Ann Anat Anat Anz Off Organ Anat Ges.* juill 2018;218:49-58.
14. Laplanche et al, « Le guide antérieur et ses anomalies », 2008.
15. Yumpu.com. Physiologie et physiopathologie de la mastication - Belbacha Dental [Internet]. yumpu.com. [cité 28 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.yumpu.com/fr/document/read/16528038/physiologie-et-physiopathologie-de-la-mastication-belbacha-dental>
16. Landeau C, Lauret JF. apport du Reverse Articulator®. 1999;1:13.
17. PM JONES. The monoplane occlusion for complete dentures.
18. Basso MFM, Nogueira SS, Arioli-Filho JN. Comparison of the occlusal vertical dimension after processing complete dentures made with lingualized balanced occlusion and conventional balanced occlusion. *J Prosthet Dent.* sept 2006;96(3):200-4.
19. Kawai Y, Ikeguchi N, Suzuki A, Kuwashima A, Sakamoto R, Matsumaru Y, et al. A double blind randomized clinical trial comparing lingualized and fully bilateral balanced posterior occlusion for conventional complete dentures. *J Prosthodont Res.* avr 2017;61(2):113-22.
20. Occlusion à impact lingual en prothèse amovible complète - Cahiers de Prothèse n° 130 du 01/06/2005 [Internet]. [cité 1 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.editionsmdp.fr/revues/les-cahiers-de-prothese/article/n-130/occlusion-a-impact-lingual-en-prothese-amovible-complete.html>
21. Raynaldy L. Choix de la morphologie et du montage des dents postérieures: allier

- classicisme et innovation [Internet]. L'Information Dentaire. [cité 10 févr 2022].  
 Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/formations/choix-de-la-morphologie-et-du-montage-des-dents-posterieures-allier-classicisme-et-innovation/>
22. Raynaldy L. Choix de la morphologie et du montage des dents postérieures: allier classicisme et innovation [Internet]. L'Information Dentaire. [cité 1 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/formations/choix-de-la-morphologie-et-du-montage-des-dents-posterieures-allier-classicisme-et-innovation/>
23. Ortman HR. The role of occlusion in preservation and prevention in complete denture prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1 févr 1971;25(2):121-38.
24. Becker CM, Swoope CC, Guckes AD. Lingualized occlusion for removable prosthodontics. *J Prosthet Dent.* déc 1977;38(6):601-8.
25. Jaisson M. Method and system for modeling the mandibular kinematics of a patient [Internet]. US10265149B2, 2019 [cité 26 janv 2021]. Disponible sur: <https://patents.google.com/patent/US10265149B2/en>
26. Zahnfabrik V. VIONIC VIGO [Internet]. VITA Zahnfabrik. [cité 15 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.vita-zahnfabrik.com/fr/VITA-VIONIC-VIGO-92200.html>
27. Phrozen Sonic 4K [Internet]. Graph'Image. [cité 10 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.graph-image.fr/produit/imprimante-3d-phrozen-sonic-4k-resine/>
28. LABOSHOP: VOCO V-Print dentbase - résine, rose [Internet]. [cité 10 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.laboshop.com/index.php?id=6&L=2&artnr=00179&aw=069&pg=12&ftu=b567a6b05d4bc1b6e230e70c19aa436b>
29. file://D:\Lam\CEUPF\la cinématique mandibulaire.htm. :24.
30. Soboleva U, Laurina L, Slaidina A. Jaw tracking devices - historical review of methods development. Part I. 2005;7(3):5.
31. Phrozen - Résine ABS-like - Gris Mat (Matte Gray) - 1 kg [Internet]. Atome3D.com 3D Printer France. [cité 10 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.atome3d.com/products/phrozen-resine-abs-like-gris-mat-matte-gray-1-kg>

## INDEX ICONOGRAPHIE

**Figure 1** : Diagramme de Posselt dans le plan sagittal (7)

**Figure 2** : Diagramme de Posselt (7) : A dans le sens para-sagittal, B dans le sens frontal et C dans le sens horizontal.

**Figure 3** : La translation condylienne et la mise en évidence de la pente condylienne (Pc) par rapport au plan axio-orbitaire (PAO) (11)

**Figure 4** : Le triangle de Slavicek (14)

**Figure n°5** : Mouvement de Bennett (Cours Dr TRIGALOU & Dr RAYNALDY)

**Figure n°6** : Schéma zone mastication 1ere molaire maxillaire (Dr Le Gall)

**Figure n°6** : Schéma zone mastication 1ere molaire maxillaire (Dr Le Gall)

**Figure n°7** : Physiologie et pathologie de la mastication, M-J Boileau (15) : Division d'un cycle masticateur en différents phases selon : A. Murphy, B. Leuret et le Gall, C. Lund, D. Ahlgren.

**Figure n°8** : Physiologie et pathologie de la mastication, M-J Boileau (15) : Forme du cycle masticateur dans les plans frontal et sagittal selon Ahlgren.

**Figure n°9** : Ganthographe de Mc Collum

**Figure n°10** : Pantographe de Stuart

**Figure n°11** Photographie de la cinématique mandibulaire complétée par des Enregistrements mécaniques (30)

**Figure n° 12** : Arc gothique de Gysi

**Figure n°13** : Articulateur Reverse (Landeau et Lauret) (16)

**Figure n°14** : Mise en place d'un axiographe

**Figure n°15** : Dents Orthoplanes DCL® Contact plan.

**Figure n°16** : Vue de coupe occlusion généralement équilibrée

**Figure n°17** : coupe occlusion lingualée

**Figure n°18** : différences **dents conventionnelles (en rouge)** et **dents lingualées (en bleu)**

**Figure n°19** : Tableau issu de : Réalités Clinique 2017, Vol 28, n°1 : Choix de la morphologie et du montage des dents postérieures : allier classicisme et innovation, L. Raynaldy, J. Azuelos, M. Blandin

**Figure n°20** : Corrélation entre la hauteur des versants verticaux restants crestaux et l'angulation cuspidienne préconisée d'après Ortman (22)

**Figure n°21** : Corrélation entre la hauteur des versants verticaux restants crestaux et l'angulation cuspidienne préconisée d'après Ortman (22)

**Figures n° 22** : Photos issues du site Modjaw ®

**Figure n°23**: Site web Modjaw®

**Figure n°24** : Visualisation des capteurs présents sur le MODJAW ® (25)

**Figure n°25** : Visualisation des données sur l'interface de l'écran (25)

**Figure n° 26** : Fiche de travail Vita VIONIC VIGO ®

**Figure n°27** : Scan PAC maxillaire

**Figure n°28** : Prothèses existantes en occlusion

**Figure n°29** : Plan d'occlusion, capture d'écran du logiciel 3 Shape

**Figure n°30** : Enveloppe maxillaire, capture d'écran du logiciel 3 Shape

**Figure n°31** : Choix des dents antérieures et postérieures Site VITA, dents Vita VIONIC VIGO

**Figure n°32** : Capture d'écran logiciel 3 Shape. Choix des dents antérieures (O43 maxillaire et L35 mandibule) et postérieures (21L) Vita Vionic

**Figure n°33** : Capture d'écran logiciel 3 Shape

Conception du montage Lingual vue de coupe

**Figure n°34**: Capture d'écran du logiciel 3 Shape Conception du montage en normocclusion dents Vita® Vionic VIGO 22L postérieur, O45 antérieur maxillaire, L35 antérieur mandibulaire

**Figure n°35** : Capture d'écran du logiciel 3 ShapeVue de coupe du montage en normocclusion (dents Vita® Vionic VIGO) 22L postérieur, O45 antérieur maxillaire, L35 antérieur mandibulaire

**Figure n°36** : Capture d'écran du logiciel PHROZEN, Tige de renforcement sur les bases

**Figure n°37** : Phrozen Sonic 4k (27)

**Figure n°38** : Phrozen ABS-like Matter Gray (31)

**Figure n°39** : Bain d'alcool

**Figure n°40** : Cuve Formlabs

**Figure n°41** : fin d'impression des monoblocs

**Figure n°42** : Etat de surface cristallisé des prothèses

**Figure N°43** : Photographie du montage en normocclusion des provisoires sur fond noir et en intrabuccal

**Figure n° 44** : Photographies sur fond noir du montage Lingualé

**Figure n°45** : Résine VOCO® V-Print Dentbase (28)

**Figure n°46** : Coffret collage VITA®

**Figure n°47** : Bases roses imprimées avec les tiges de positionnement

**Figure n°48** : Prothèses lingualées en bouche

**Figure n°49** : Vue postérieure

**Figure n°50** : Prothèses Lingualées après polissage et collage des dents

**Figure n°51** : prothèses définitives maxillaire et mandibulaire normocclusion

**Figure n°52** : prothèse définitive en normocclusion

**Figure n°53** : Prothèses Linguales scannées

**Figure n°54** : Interface patient, création de l'enregistrement fonctionnel, importation des modèles (ici lingual).

**Figure n°55** : Les 4 points de recalages à placer

**Figure n°56** : Calibrage du diadème avec le stylet Tally.

**Figure n°57** : mise en place du diadème et du papillon sur la patiente.

**Figure n°58** : Vidéo du mouvement de diduction

**Figure n° 59** : Vidéo d'ouverture et fermeture

**Figure n°60** : Ouverture fermeture en linguocclusion

**Figure n°61** : Ouverture fermeture en normocclusion

**Figure n°62** : Arc gothique en linguocclusion

**Figure n° 63** : Arc Gothique en Normocclusion

**Figure n°64** : Polygone obtenu en Linguocclusion

**Figure n°65** : Polygone obtenu en Normocclusion

**Figure n°66** : Latéralité normocclusion (arc gothique)

**Figure n° 67** : Latéralité linguocclusion (arc gothique)

**Figure n°68** : Mastication yogourt en linguocclusion

**Figure n°69** : Mastication yogourt en normocclusion

**Figure n°70** : Mastication Carotte en normocclusion

**Figure 71** : Mastication carotte en Linguocclusion

**Figure n°72** : Contacts Normocclusion(mastication)

**Figure n°73** : Contacts Linguocclusion (latéralité)

**ANALYSE DYNAMIQUE DE DEUX CONCEPTS OCCLUSAUX EN PROTHESE  
COMPLETE**

---

**RESUME**

La recherche de stabilité et de confort sont des critères recherchés en réhabilitation complète. L'occlusion lingualée décrite dès 1927 par Gysi met en avant un montage occlusal où seules les cuspidés d'appuis maxillaires sont en contact avec la fosse centrale mandibulaire. L'étude faite ici compare deux montages occlusaux sur une patiente porteuse d'une PAC maxillaire et d'une PACSI mandibulaire : un lingualé et une normocclusion. Un questionnaire de satisfaction lui a été remis et une analyse dynamique fonctionnelle a été réalisée grâce au Modjaw®. Un meilleur confort, une plus grande liberté de mouvement et une meilleure stabilité et une efficacité masticatoire ont été décrits et analysés pour l'occlusion lingualée ce qui est en adéquation avec les données issues de la littérature.

---

**TITRE EN ANGLAIS: Dynamic analysis of two occlusal concepts in complete prosthesis**

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Chirurgie dentaire

---

**MOTS-CLES :** Prothèse complète, concepts occlusaux, occlusion lingualée, normocclusion, occlusion intégralement équilibrée, Modjaw®, analyse dynamique, cinématique mandibulaire, analyse 4D, amplitude de mouvements, confort, efficacité masticatoire.

---

**INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de chirurgie dentaire : 3 chemin des Maraîchers, 31062 Toulouse CEDEX

---

**DIRECTEUR DE THESE :** Dr Luc RAYNALDY