



HAL
open science

Impression 3D des porte-empreintes individuels en prothèse totale adjointe

Daron Demirdjian

► **To cite this version:**

Daron Demirdjian. Impression 3D des porte-empreintes individuels en prothèse totale adjointe. Chirurgie. 2021. dumas-03657126

HAL Id: dumas-03657126

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03657126v1>

Submitted on 2 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

THESE

***POUR OBTENIR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE***

Présentée et publiquement soutenue devant

Aix-Marseille Université
(Président : Monsieur le Professeur Éric BERTON)

Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales
(Doyen : Monsieur le Professeur Georges LEONETTI)

Ecole de Médecine Dentaire
(Directeur : Monsieur le Professeur Bruno FOTI)

***IMPRESSION 3D DES PORTE-EMPREINTES INDIVIDUELS EN
PROTHESE TOTALE ADJOINTE***

Présentée par

DEMIRDJIAN Daron

Né(e) le 12 Juin 1996

A Marseille

Thèse soutenue le **28 Octobre 2021**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RUQUET Michel

Assesseurs : Docteur TAVITIAN Patrick

Docteur PRECKEL Bernard

Docteur BALLESTER Benoit

ADMINISTRATION

Mise à jour : sept. 2020

Doyens Honoraires

Professeur Raymond SANGIUOLO[†]
Professeur Henry ZATTARA
Professeur André SALVADORI
Professeur Jacques DEJOU

Doyen Assesseurs

Professeur Bruno FOTI
Professeur Michel RUQUET
Professeur Anne RASKIN

Directeurs de Départements

Formation Initiale
Recherche
Formation Continue

Professeur Michel RUQUET
Professeur Anne RASKIN
Professeur Frédéric BUKIET

Charges de missions

Relations Internationales
Internat et Diplômes d'études spécialisées
Affaires générales

Professeur Hervé TASSERY
Professeur Virginie MONNET-CORTI
Docteur Patrick TAVITIAN

Responsable des Services Administratifs et Techniques

Madame Katia LEONI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (56-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
ORTHLIEB Jean-Daniel (58-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ABOUT Imad (65)

PROFESSEURS EMERITES

DEJOU Jacques
HUE Olivier

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

ABOUDHARAM Gérard (58-01)	LAN Romain (56-02)
BANDON Daniel (56-01)	LAURENT Michel (58-01)
BELLONI Didier (57-01)	LAURENT Patrick (57-01)
BOHAR Jacques (56-01)	MAILLE Gérald (58-01)
CAMOIN Ariane (56-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GIRAUDEAU Anne (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TERRER Elodie (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES ASSOCIES

BALLESTER Benoît (58-01)
BLANCHET Isabelle (56-01)
MENSE Chloé (58-01)
SILVESTRI Frédéric (58-01)

ASSISTANTS HOSPITALIERS ET UNIVERSITAIRES

AL AZAWI Hala (56-01)	HAHN-GOLETTI Larissa (58-01)
ANTEZACK Angeline (57-01)	LAURENT Camille (58-01)
ARNIER Canelle (56-01)	LIOTARD Alicia (58-01)
BAUDINET Thomas (58-01)	MADENIAN Pauline (58-01)
BRINCAT Arthur (57-01)	MANSUY Charlotte (58-01)
BROS Agnès (56-01)	MARTIN William (56-01)
CASAZZA Estelle (56-01)	MATERRA Rémi (58-01)
CASTRO Romain (57-01)	PARFU Anne (58-01)
CHIARINI Thomas (58-01)	PASCHEL Laura (58-01)
DAVID Laura (56-01)	PILLIOL Virginie (58-01)
DRAUSSIN Thierry (57-01)	ROUSCOFF Eva (56-01)
DUMAS Cathy (57-01)	SANTUNIONE Charlotte (58-01)
FAURE-BRAC Mathias (57-01)	VINAÏ Michael (56-01)
FERRE Enzo (58-01)	
HADJ-SAID Mehdi	

ASSISTANTS DES UNIVERSITES ASSOCIES

GRINE Ghilès (57-01)
HOUVENAEGHEL Brice (57-01)

Intitulés des sections CNU :

- 56^{ème} section : Développement, croissance et prévention
- 56-01 Odontologie pédiatrique et orthopédie dento-faciale
- 56-02 : Prévention – Epidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale
- 57^{ème} section : Chirurgie orale ; Parodontologie ; Biologie Orale
- 57-01 : Chirurgie orale – Parodontologie – Biologie orale
- 58^{ème} section : Réhabilitation orale
- 58-01 : Dentisterie restauratrice – Endodontie – Prothèses – Fonction-Dysfonction – Imagerie – Biomatériaux

L'auteur s'engage à respecter les droits des tiers, et notamment les droits de propriété intellectuelle. Dans l'hypothèse où la thèse comporterait des éléments protégés par un droit quelconque, l'auteur doit solliciter les autorisations nécessaires à leur utilisation, leur reproduction et leur représentation auprès du ou des titulaires des droits. L'auteur est responsable du contenu de sa thèse. Il garantit l'Université contre tout recours. Elle ne pourra en aucun cas être tenue responsable de l'atteinte aux droits d'un tiers

Remerciements :

Au Professeur Michel RUQUET

Quelle satisfaction d'avoir comme Président du Jury celui qui est adoré de tous les étudiants ! Merci Professeur pour tout ce que vous faites, pour votre gentillesse, votre bienveillance ; et pour tout l'intérêt que vous accordez auprès de cette formation, pour l'écoute dont vous faites preuve et le temps que vous donnez pour que tout se déroule au mieux. C'est un réel plaisir d'avoir pu apprendre à vos côtés, et il en sera ainsi pour les générations futures.

Au Docteur Patrick TAVITIAN

Quel privilège de vous avoir dans notre formation, clinique comme universitaire, avec le sérieux, la précision et la rectitude dont vous faites preuve à l'égard de l'enseignement que vous dispensez. Je vous remercie pour le partage de votre immense savoir lors de ces dernières années. Avoir travaillé à vos côtés m'a beaucoup appris. Je suis fier de pouvoir vous compter parmi les membres de mon jury de thèse pour clore mon parcours étudiant.

Au Docteur Bernard PRECKEL

J'ai énormément appris à tes côtés, et ce durant toute la durée du cursus universitaire. Merci de m'avoir apporté les réponses que je cherchais, tant bien dans tes cours qu'en pratique clinique. Ton expérience, ta rigueur de travail et la clarté de tes explications font ta grandeur en tant qu'enseignant. Le temps passé à tes côtés était agréable, et j'ai pris beaucoup de plaisir à rédiger cette thèse, c'était hautement instructif. Je suis conscient qu'avoir supervisé ce mémoire a demandé beaucoup d'énergie et de patience, et je t'en suis extrêmement reconnaissant.

Un grand merci d'avoir été présent jusqu'à aujourd'hui, et de l'être encore pour les générations à venir.

Au Docteur Benoît BALLESTER

C'est avec grande joie que je vous compte parmi les membres de mon jury. Votre patience n'a d'égal que votre charité. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi, d'être aussi accessible, bienfaisant et humain. Vous avez toujours été présent, et je suis honoré de la confiance que vous m'avez accordée dès le premier jour. Vous faites partie de la nouvelle génération d'enseignants qui perpétuent les valeurs de leurs maîtres, soyez assuré de l'estime que je vous porte et vous porteront les promotions d'étudiants à venir. Je me souviendrai de votre générosité et vous considère comme modèle.

**A ma famille, mes amis ;
A ceux qui me sont liés par le sang ou par l'esprit ;
Présents comme disparus.**

A ma mère et à mon père

Vous avez nourri l'espoir de ma vie grâce à vos nombreux sacrifices, ce sont les fondations de l'existence que je mène aujourd'hui. Accomplir ces études est pour moi une étape très importante, mais pour vous c'est un symbole de récompense des efforts de toute votre vie. Vous avez toujours été là, vous l'êtes encore aujourd'hui et le resterez demain. Merci.

A mon frère Djivan

Merci pour ta présence, ta disponibilité, et la patience dont tu fais preuve envers moi. Ta gentillesse n'a d'égal que ton humanité.

A Mathias, Mathieu, Alexis, Yoann et Remy

On y est les amis, pour moi une ère se termine... et une autre commence ! Merci pour tous ces moments que l'on passe ensemble et d'être à l'écoute, dans les instants de joie comme de difficulté. Vous tous avec Djivan donnez un sens à mon existence. Le meilleur est encore à venir !

A Sébastien, Marie, Raphaël et Anna

Merci d'illuminer mes jours par votre présence, votre gentillesse et votre bienveillance. Je suis en admiration devant la force du lien qui vous unit tous les quatre, c'est une source d'énergie inépuisable. Soyez assurés de tout mon soutien.

A Thibault

Ami et frère d'armes qui me suit depuis la première année, d'une grande lucidité et d'un discernement sans égal. Sois assuré de toute mon estime et ma loyauté pour toi.

A Luc

Que je connais depuis son arrivée à Marseille en tant qu'interne. Je sais que ça a été difficile pour toi ces dernières années, mais tu t'es toujours relevé ! Quel que soit l'obstacle à franchir tu continues toujours d'avancer, tu es un modèle pour moi ! Sois assuré de ma disponibilité et de toute mon amitié. Une carrière brillante t'attend !

A Morgane et Caroline

C'est un plaisir d'avoir pu vous guider jusqu'à aujourd'hui, vous avez pris beaucoup d'assurance, même si vous ne le réalisez pas encore. Je vous souhaite de terminer vos études avec aisance et vous attends de l'autre côté !

A Samuel, Anas, Adam, Adrien, Walid, Loïc, Alexis, Aristide, Vladimir et tous les autres amis de promotion

Je vous porte tous en grande estime et vous souhaite une carrière lumineuse, vous êtes justes et compétents. J'ai énormément apprécié ce voyage à vos côtés ! Même si nos chemins se séparent aujourd'hui pour la plupart d'entre nous, je suis sûr qu'ils se croiseront de nouveau ! Force et Honneur !

A Quentin, Jean-Marc, Zaven, et Guillaume

Merci pour tout ce que vous faites pour moi, pour toutes ces soirées interminables au Churchill, c'est une grande chance que j'ai de vous connaître ! Je vous souhaite du courage car vous devrez me supporter encore longtemps !

A Maurice

Tu es le symbole de la jeunesse et tu rayannes, tant bien dans ton exercice, qu'en tant que pédagogue auprès des générations futures ! Merci pour ton soutien au cours de ces dernières années !

A Alain, Laurent, Caroline, Delphine et Bettina

Apprendre et travailler à vos côtés est un réel plaisir, vous êtes tous droits et bienveillants ! C'est agréable d'être entouré tous les jours de personnes souriantes telles que vous, soyez témoins de toute ma gratitude.

A Jean-Charles

Je ne vous connais pas, mais je tiens à vous remercier grandement pour l'aide que vous nous avez apportée à Bernard et moi pour la réalisation de cette thèse, d'avoir été aussi disponible et de nous avoir accordé votre temps. Je vous souhaite le meilleur !

Aux secrétaires de la scolarité

Je ne vous ai pas oubliées ! Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi durant ces années d'études, pour votre bienveillance, vos conseils, et la patience dont vous faites preuve au quotidien ! Je vous souhaite un bon courage pour la suite !

Sommaire

I.	Introduction	1
II.	Caractéristiques des SAP de l'édenté total.....	5
1.	Description des SAP maxillaires	5
2.	Description des SAP mandibulaires.....	14
3.	Relation maxillo-mandibulaire	22
4.	Comportement mécanique muqueux	23
5.	Indices biologiques	25
6.	Application : surfaces d'appui primaires et secondaires.....	25
III.	Le PEI dans l'enregistrement des SAP	26
1.	Le PEI.....	27
2.	Matériaux d'enregistrement (pour enregistrement du joint périphérique (EJP), et EC) 32	
IV.	CFAO	36
1.	Généralités.....	36
2.	Protocole.....	36
3.	Impression	39
V.	Application clinique.....	43
1.	Détermination de l'axe d'insertion	43
2.	Tracé des limites du PEI.....	43
3.	Modélisation de la plaque Base	44
4.	Choix du type de SAD, réglages.....	45
5.	Affichage de la relation intermaxillaire par contact des faces occlusales des SAD	48
6.	Fin de conception.....	49
7.	Enregistrement du fichier	49
8.	L'imprimante	50
9.	Programmation de l'impression.....	50
10.	PEI Imprimé.....	54
VI.	Conclusion.....	56
VII.	Bibliographie	I
VIII.	Table des figures et tableaux	VI

I. Introduction

L'édentement complet [a] est une pathologie bucco-dentaire toujours d'actualité, et essentiellement liée à l'allongement croissant de l'espérance de vie [b].

La nutrition et l'esthétique sont les principaux domaines touchés par cette pathologie, et responsables de la diminution de la qualité de vie [c] des patients.

La prévention et l'amélioration de la prise en charge bucco-dentaire participent à diminuer la prévalence [d] de cette pathologie, qui s'élève aujourd'hui à plus de 20% chez les plus de 65 ans (1).

Bien que la prévalence des édentés totaux diminue chez les plus de 65 ans, l'augmentation de la population vieillissante dû au changement de tranche d'âge et à l'allongement de l'espérance de vie compense la prévalence en baisse de cette pathologie (2).

Statistiquement en 2050, plus d'un tiers de la population française sera âgée d'au moins 60 ans (3). On peut donc supposer que le nombre de sujets édentés totaux sera lui aussi accru.

Cette prévision d'augmentation des édentés totaux dans les pays développés s'explique donc par :

- l'augmentation de l'espérance de vie et donc une population de plus en plus âgée
- la difficulté de l'accès aux soins dentaires résultant de problèmes socio-économiques.

Toutefois le vieillissement [e] n'est pas le seul facteur conduisant à l'édentation totale. Nous retrouvons notamment les maladies parodontales, dont la complexité et l'agressivité ne permettent plus la conservation des dents en état et nombre suffisant au long terme.

Nous retrouvons aussi les mesures préventives dans certains traitements telles que les radiothérapies par exemple, où est réalisée l'avulsion de toute dent considérée comme foyer infectieux (4).

Il existe également des mesures préventives pour les patients à haut risque d'endocardite infectieuse où le traitement endodontique de dents considérées comme foyers infectieux ne peut se réaliser que sous certaines conditions restreintes (5). La dent causale ne respectant pas ces conditions, l'avulsion est effectuée.

Un stade carieux avancé, notamment par une limite juxta-osseuse, remet en question le pronostic de la dent et la démarche thérapeutique peut s'orienter vers l'extraction pour non conservabilité (6).

A ces cadres pathologiques, s'ajoutent les cas de traumatismes et de fractures corono-radiculaires ou radiculaires, dont l'ampleur entrave la fonction et la pérennité de l'organe dentaire, conduisant à son avulsion (7).

La prise en charge du patient édenté complet passe par le questionnaire médical et l'entretien clinique, qui permettent de déceler les causes de cet état pathologique.

Le traitement prothétique de l'édentation totale peut donc s'accomplir :

- Soit par la prothèse totale adjointe amovible bimaxillaire, qui remplit les impératifs esthétiques et fonctionnels par un dispositif prenant appui sur les surfaces ostéo-muqueuses maxillo-mandibulaires
- Soit par la prothèse supra implantaire :

Amovible : la PACSI (Prothèse Amovible Complete Supra Implantaire)

Fixe : la prothèse complète implanto-portée transvissée

Les conditions médicales, anatomiques, biologiques et psychologiques le permettant, le traitement prothétique peut être envisagé.

Concernant le traitement par prothèse totale adjointe, il existe deux protocoles exposés par Kawai et al. (2005) (8) : soit conventionnel, soit simplifié.

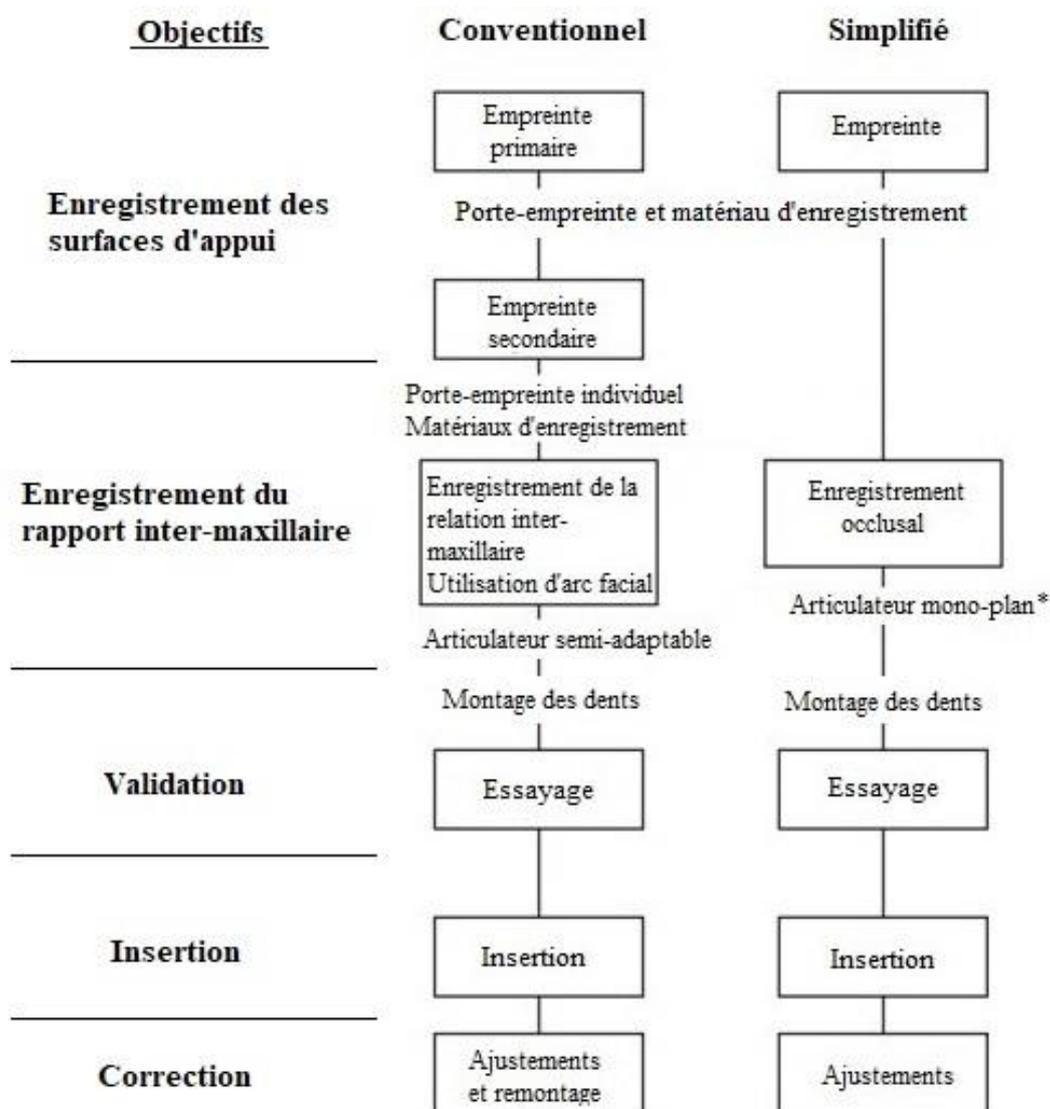


Figure 1 : Séquences de traitement selon choix d'un protocole conventionnel ou simplifié (8), traduction de la version anglaise

**Articulateur mono-plan signifie l'utilisation d'une table de montage (plan de Camper moyen selon données statistiques) à la place d'une programmation individualisée avec Arc Facial*

Hormis la phase de préparation prothétique, le protocole simplifié, supprime les étapes d'empreinte secondaire et d'enregistrement personnalisé de la relation inter-maxillaire, se montrerait significativement équivalent au protocole conventionnel (9).

En effet, que ce soit en termes de satisfaction des patients, ou d'évaluation de la qualité de celle-ci, les prothèses totales adjointes réalisées selon le protocole simplifié montrent un résultat équivalent à celles réalisées de manière conventionnelle (8,10–13).

Le temps, représenté par le nombre et la durée des séances, et le coût de réalisation de ces prothèses, sont les critères principaux en faveur du protocole simplifié. (14)

Même si certains articles concluent à l'efficacité voire la supériorité de ce protocole simplifié, ces méta-analyses [f] (9) n'ont pas un niveau de preuve élevé dû aux nombreux biais.

Dans le cadre du protocole conventionnel, le PEI est utilisé pour la prise de l'empreinte secondaire. Sa conception est soit manufacturée soit assistée par ordinateur.

L'objectif de ce travail est de décrire la fabrication du PEI. L'enregistrement des surfaces d'appui prothétiques (SAP) étant réalisées par ce PEI, le cadre anatomique est décrit sous forme de rappels, ainsi que les matériaux utilisés pour cette séance d'empreinte.

Le protocole de Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) d'un PEI est détaillé dans une troisième partie.

Des modèles pédagogiques de la marque Frasco® sont utilisés afin d'illustrer ce protocole de CFAO du PEI.

Lexique

[a] édenté complet (édentement complet) : l'édentement complet est défini comme une pathologie se manifestant par la perte ou l'absence totale de dents naturelles en bouche (The Academy of Prosthodontics, 2005), or l'édentation désigne un état d'absence partielle ou totale de dents (15).

[b] espérance de vie [définition de l'INSEE] : L'espérance de vie à la naissance représente la durée de vie moyenne d'une génération fictive soumise aux conditions de mortalité par âge de l'année considérée.

C'est un cas particulier de l'espérance de vie à l'âge x, c'est-à-dire le nombre moyen d'années restant à vivre au-delà de cet âge x dans les conditions de mortalité par âge de l'année.

[c] qualité de vie : « La qualité de vie est définie comme la perception qu'un individu a de sa place dans la vie, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes. C'est donc un concept très large qui peut être influencé de manière complexe par la santé physique du sujet, son état psychologique et son niveau d'indépendance, ses relations sociales et sa relation au éléments essentiels de son environnement », *World Health Organization*, 1993, (16).

[d] prévalence : Dans une population, nombre de cas (anciens et nouveaux) observés à un instant donné. (17)

[e] vieillissement : Selon l'OMS, la vieillesse commence à partir de 65 ans. Le vieillissement c'est l'ensemble des phénomènes physiologiques et psychologiques associés à l'avancée en âge.

[Figure 2] 3 types de vieillissement en fonction du volume de réserves adaptatives que présente l'organisme sont distingués : vieillissement réussi (partie 1 uniquement, sans atteinte du seuil d'insuffisance), habituel (partie 1+2+3 sur la courbe), ou pathologique (partie 1+3)

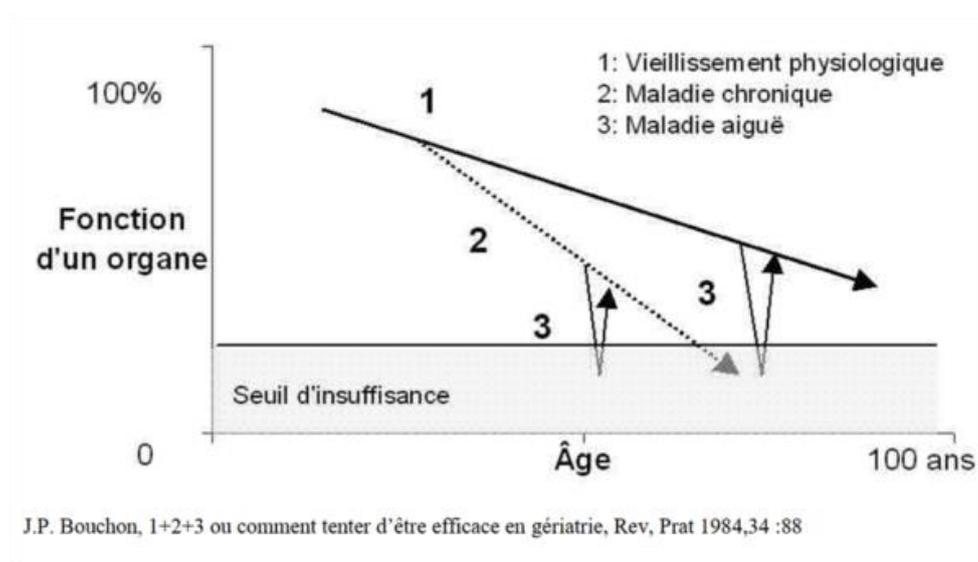


Figure 2 : Courbe des performances organiques moyennes d'un individu en fonction de l'âge

[f] méta-analyse : « La méta-analyse est une conception d'étude épidémiologique quantitative, formelle, utilisée pour évaluer systématiquement les études de recherche antérieures afin de tirer des conclusions sur cet ensemble de recherches » (traduction de la version anglaise) (18). Etude synthétisant toutes les données recueillies sur le sujet et se différenciant d'une simple synthèse bibliographique. (17) Une revue systématique qui utilise des méthodes quantitatives pour intégrer et résumer les résultats. (19)

II. Caractéristiques des SAP de l'édenté total

Ces surfaces d'appui prothétique (SAP) présentent au maxillaire et à la mandibule des spécificités anatomiques et histologiques. Ces SAP sont formées par deux types de tissus : le tissu osseux et les tissus épithélio-conjonctifs.

Les tissus épithélio-conjonctifs, par leurs histologie et comportement mécanique, permettent d'identifier ces SAP, et le relief osseux permet quant à lui de les quantifier. (20)

Un examen clinique endo-buccal permet d'observer, de palper et d'apprécier les différentes composantes de ces SAP.

1. Description des SAP maxillaires

1. *Plan osseux*

Au niveau de la paroi supérieure de la cavité orale, l'armature osseuse est représentée par :

- L'os maxillaire avec les processus alvéolaires et les processus palatins
- La lame horizontale de l'os palatin.

L'ensemble forme le palais dur.

Il est possible d'y observer des concavités, balcons vestibulaires, ou encore des excroissances (torus).

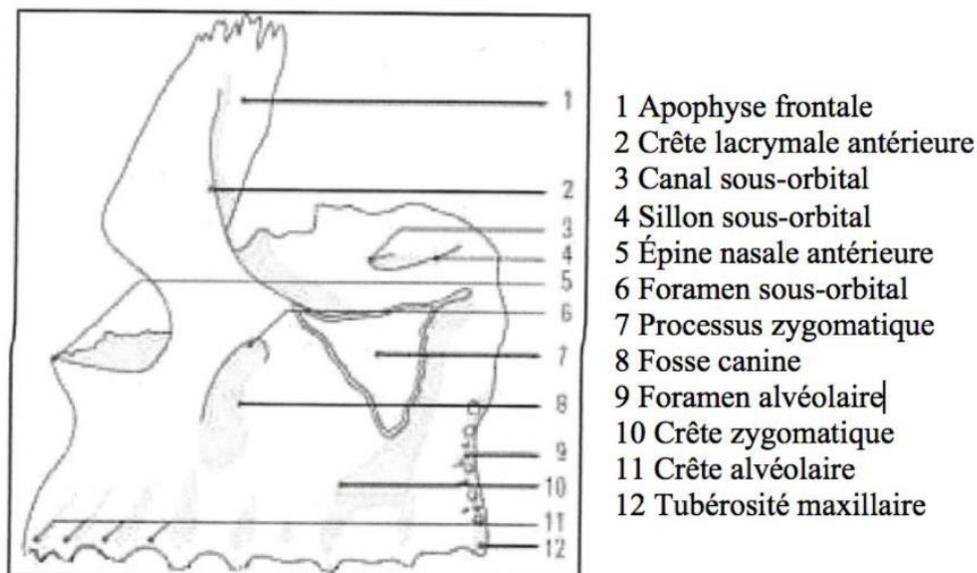
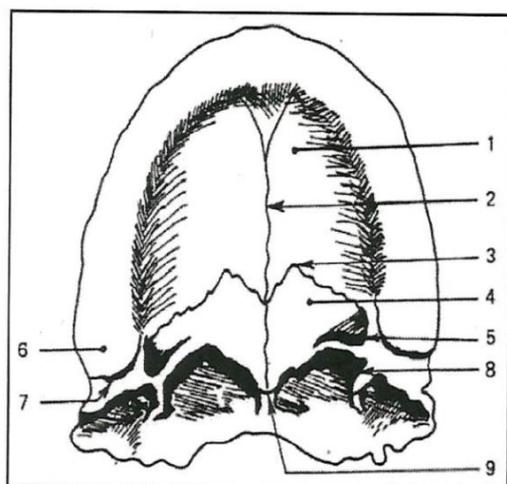


Figure 3 : Os Maxillaire, vue latérale (21)



- 1 Apophyse palatine
- 2 Suture médiane intermaxillaire
- 3 Suture palato-maxillaire
- 4 Lamé horizontale du palatin
- 5 Canal palatin postérieur
- 6 Tubérosité maxillaire
- 7 Sillon ptérygo-maxillaire
- 8 Crochet de l'aile interne de l'hamulus
- 9 Epine nasale postérieure

Figure 4 : Composante Osseuse de la voute palatine, vue endobuccale (22)

Résorption osseuse (23)

C'est un phénomène d'involution du tissu osseux où l'ostéoclasie prédomine sur l'ostéogenèse, chronique, progressif, cumulatif et irréversible.

L'âge, l'édentement et l'apparition de pathologies favorisent la résorption à l'apposition osseuse.

La partie essentiellement concernée par ce phénomène n'est autre que l'os alvéolaire, soutien de l'organe dentaire.

Le volume osseux subit, avec le temps et la perte successive des dents, des modifications.

La résorption, à l'échelle de la face, cause une inversion des rapports maxillo-mandibulaires dans le sens transversal et antéro-postérieur par le sens de résorption qui diffère au maxillaire de la mandibule. La résorption est centripète au maxillaire et centrifuge à la mandibule avec un « élargissement » de l'arc. (20)

La résorption se réalise en deux temps distincts : (3)

- La résorption à court terme

À la suite de l'avulsion, elle dépend en grande partie des conditions de réalisation de l'acte : au plus le trauma chirurgical est important, au plus la résorption immédiate sera prononcée. Le niveau de l'os néoformé n'atteint pas le niveau osseux pré-extractionnel, c'est la résorption immédiate.

- La résorption à moyen et long terme

La résorption primaire se poursuit, appelée alors résorption chronique et influencée par des facteurs :

- Généraux :
 - Le vieillissement : au-delà de trente ans, la résorption est inéluctable
 - La diminution de l'absorption du calcium
 - L'altération du métabolisme de la vitamine D à l'origine d'une déminéralisation osseuse
 - L'augmentation des taux d'hormones parathyroïdiennes stimulant la résorption
 - L'ostéoporose sénile
 - La plupart des cytokines, des neuropeptides sécrétés par les cellules inflammatoires et l'utilisation prolongée de corticoïdes inhibent l'ostéogénèse.
- Locaux :
 - Durée de l'édentement
 - Prothèses mal adaptées
 - Para fonctions
 - Problèmes occlusaux et forces exercées sur les surfaces d'appui
 - Hygiène

Nous décrivons dans cette partie les classifications de résorption maxillaire.

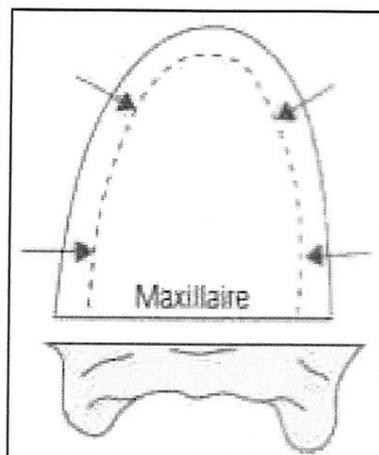


Figure 5 : « Réduction » de l'arc maxillaire (21)

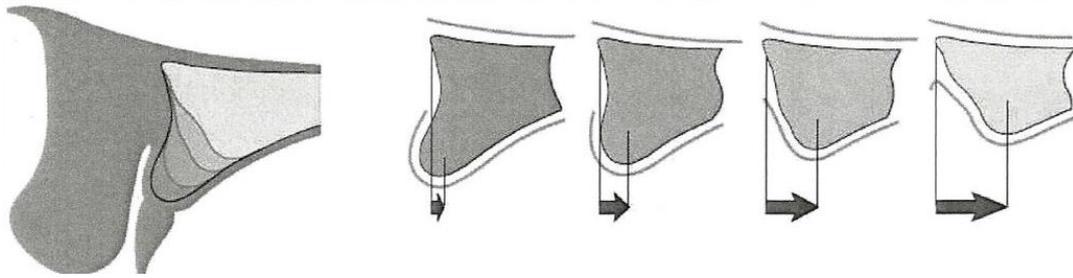


Figure 6 : Description selon « Nagle and Sears » de la résorption du maxillaire après extractions dentaires (24)

La classification de Zarb et Lekholm (1985) permet de préciser l'examen clinique et d'établir un pronostic par l'évaluation de la quantité osseuse.

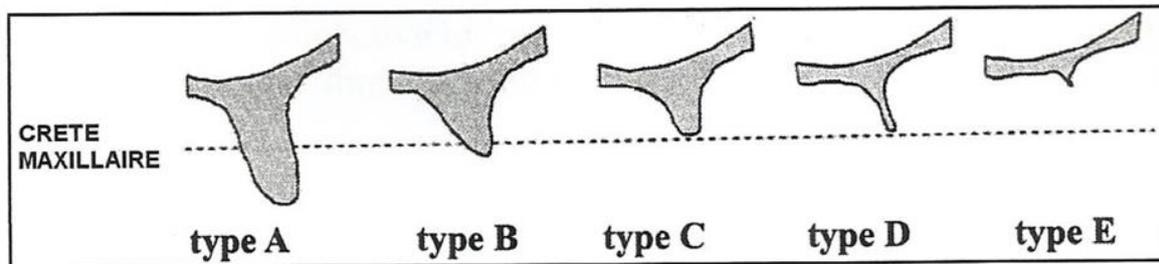


Figure 7 : Classification de Zarb et Leckholm, au maxillaire (3)

Volume osseux disponible :

- Type A : persistance de la majorité de la crête alvéolaire
- Type B : résorption modérée de la crête
- Type C : résorption avancée de la crête
- Type D : résorption modérée de l'os basal
- Type E : résorption avancée de l'os basal

La classification de Cawood présente le processus de résorption, en le décrivant en 6 phases (classes) (25) (traduction de la version anglaise) :

- Classe I : denté.
- Classe II : Situation post extractionnelle immédiate.
- Classe III : Forme de crête bien arrondie, adéquate en hauteur et largeur
- Classe IV : forme de crête en forme de couteau, adéquate en hauteur et inadéquate en largeur
- Classe V : forme de crête plate, insuffisante en hauteur et en largeur
- Classe VI : forme de crête déprimée, avec une certaine perte basilaire évidente.

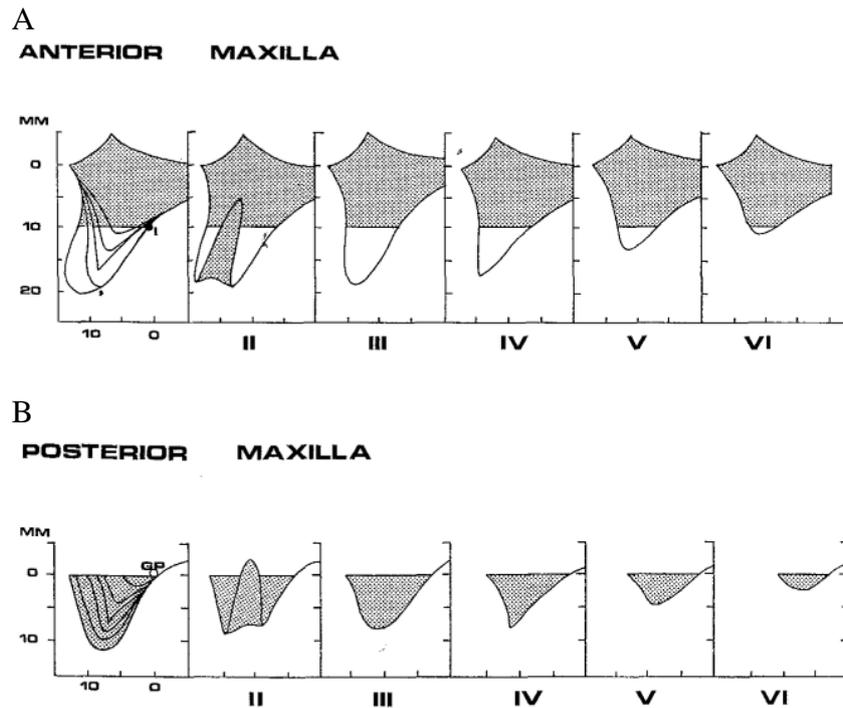


Figure 8 : Classification de Cawood au maxillaire, (A) Maxillaire antérieur, (B) Maxillaire postérieur (25)

2. Plan muqueux

Description histologique

La muqueuse buccale recouvre le plan osseux. En fonction du type d'attache, nous décrivons :

- Une fibro-muqueuse, d'épaisseur variable, adhérente au périoste sous-jacent. C'est une des surfaces histologiques au contact des matériaux prothétiques.
- Une muqueuse libre, mobilisée par les muscles et ligaments périphériques. La face externe est en continuité avec la muqueuse de la région jugale et labiale.
- La zone de transition entre la fibro-muqueuse adhérente et la muqueuse libre est représentée par une ligne, nette et continue, repérable notamment par une différence de couleur. Cette démarcation constitue au niveau prothétique une limite d'extension des bords de la base prothétique sur les SAP (zone de réflexion muqueuse).
- Côté palais, au niveau molaire, une zone dépressible constituée de tissus adipeux, appelée zone de Schröder
- La ligne de transition entre la fibro-muqueuse du palais dur et la muqueuse du palais mou, dite ligne de réflexion du voile du palais, ou Post-Dam. Elle est mise en évidence par la différence de couleur entre les deux palais, mais également par élévation du palais mou. En effet, la limite du palais dur est mise en évidence par la mobilisation tissulaire du voile du palais.

C'est sur cette structure anatomique que vient d'appuyer le dispositif, dont la rétention est assurée par l'appui contre le tissu muqueux (dépressible).

Repères anatomiques

Les SAP comprennent plusieurs points anatomo-histologiques particuliers, comprenant :

- Zone vestibulaire : freins médians, freins latéraux, zone de réflexion muqueuse,
- Zone para-tubérositaire (poche d'Eisenring), sillon ptérygomaxillaire, zone de jonction vélo-palatine
- Zone crestale et tubérositaire
- Zone palatine : concavité palatine, papille rétro-incisive, rugosités palatines, fossettes palatines (fovea), zones de Schröder, torus palatin et Post-Dam

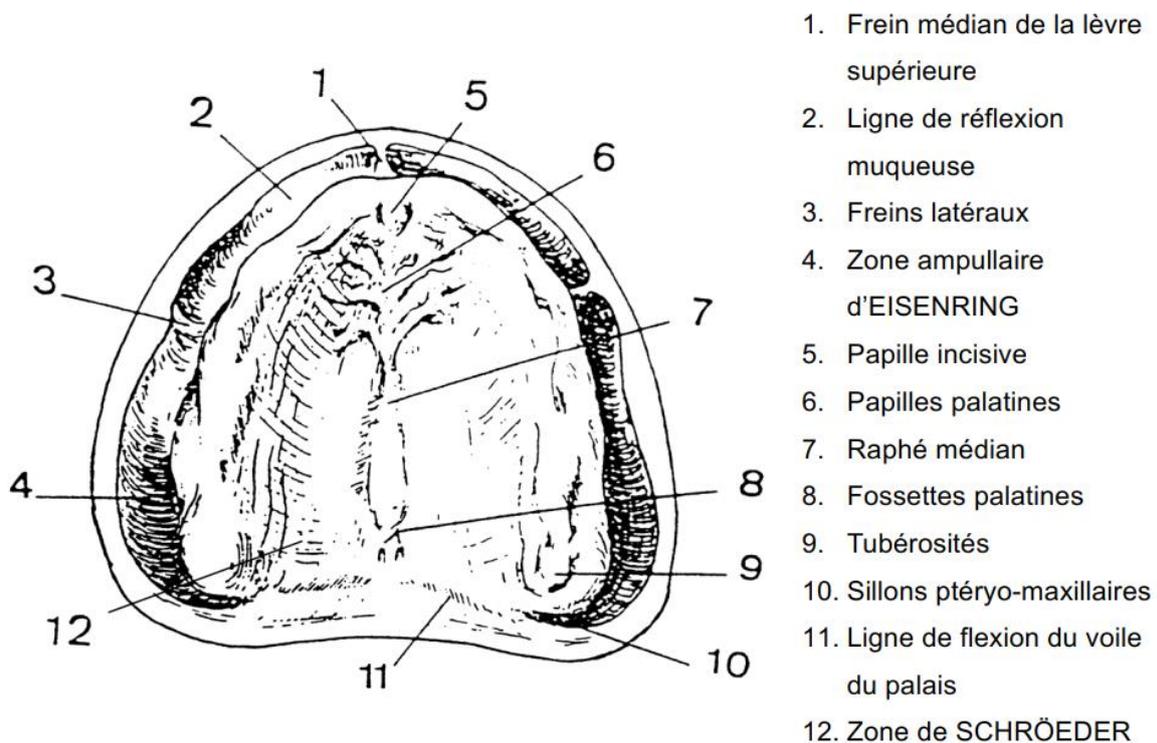


Figure 9 : Identification des éléments anatomiques de l'arcade édentée maxillaire (26)

3. Zone de réflexion muqueuse

Au maxillaire, il existe zone gingivale mobile, située au niveau du fond vestibulaire et au post-dam, appelée zone de réflexion muqueuse. Cette gencive libre prend ancrage sur l'os mais également sur les muscles ou insertions tendineuses.

Elle se limite dans la partie vestibulaire, côté labio-jugal :

- Antérieurement par les muscles orbiculaires labiaux et le frein labial (aucune insertion osseuse)
- Latéralement par les muscles buccinateurs et les freins latéraux (s'insère sur les tubérosité et bord alvéolaire maxillaires au niveau des dents molaires, pour se terminer sur le muscle orbiculaire de la bouche, par de multiples faisceaux tendineux)
- A proximité des tubérosités, les poches d'Eisenring, issues du croisement des fibres musculaires du masséter et du buccinateur. En lien avec l'arcade alvéolaire, cette zone tend à disparaître avec la résorption osseuse.

Ces muscles s'insèrent sur le massif facial ou sur d'autres muscles par le biais de ligaments, et leur action modifie la situation de la gencive libre, tapissant ces muscles.

Une autre ligne virtuelle peut être mise en évidence entre le palais dur et le palais mou, par élévation de ce dernier lors de l'émission du phonème « A ». Nous distinguons aussi cette démarcation par les couleurs différentes des tissus muqueux fixes et mobiles, histologiquement différents. Landa (27) a décrit trois types de connections, la plus favorable à la tenue de la prothèse est un palais mou qui prolonge presque horizontalement le palais dur, et la plus défavorable un palais mou tombant en rideau, dont l'élévation met en doute l'efficacité du joint postérieur.

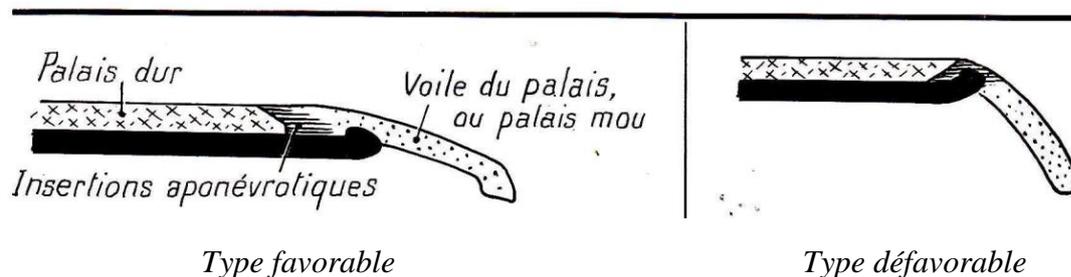
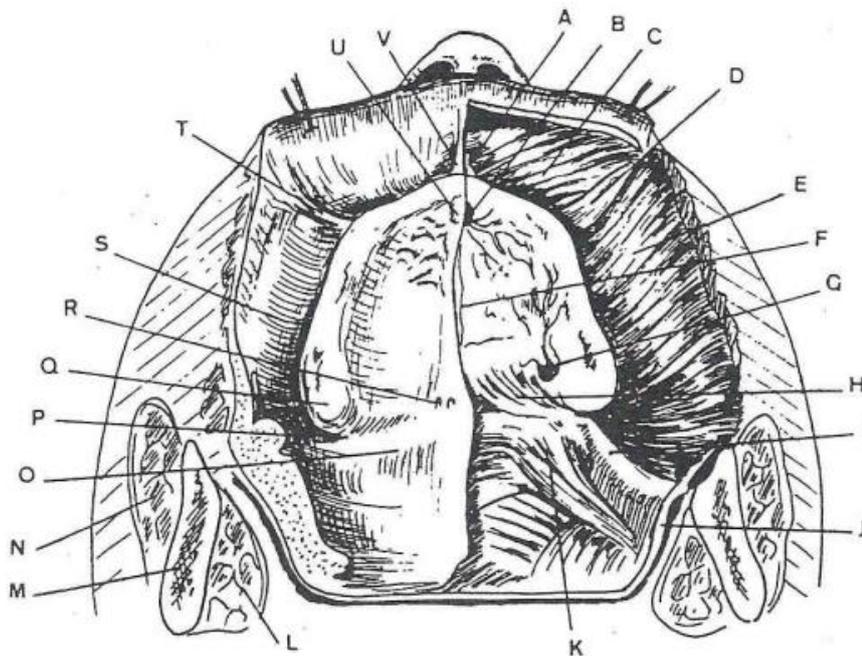


Figure 10 : Représentation schématique des types de connection palais dur / palais mou (26)

Toutes ces zones d'insertion permettent de positionner les limites du PEI lors du tracé sur le moulage.

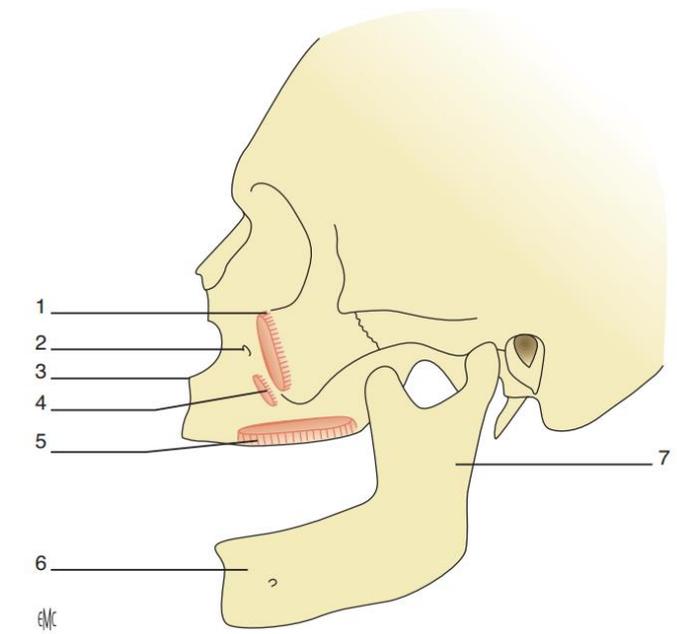
Plan muqueux

Plan osseux



- | | | |
|----------------------------|---|--|
| A. Epine nasale antérieure | I. Ligament ptérygomaxillaire | Q. Tubérosité |
| B. Trou palatin antérieur | J. Muscle constricteur supérieur du pharynx | R. Fossettes palatines |
| C. Muscle orbiculaire | K. Muscle palatoglosse | S. Poche paratubérositaire |
| D. Muscle canin | L. Muscle ptérygoïdien interne | T. Frein latéral |
| E. Muscle buccinateur | M. Branche montante | U. Papille incisive |
| F. Suture intermaxillaire | N. Muscle masséter | V. Frein médian de la lèvre supérieure |
| G. Trou palatin postérieur | O. Voile du palais | |
| H. Aponévrose vélopalatine | P. Sillon ptérygomaxillaire | |

Figure 11 : Eléments anatomiques remarquables de la surface d'appui en relation avec la prothèse maxillaire (26)



1. Bord infraorbitaire (insertion muscle élévateur de la lèvre supérieure) 2. Foramen infraorbitaire ; 3. épine nasale antérieure ; 4. Fosse canine (insertion muscle élévateur de l'angle de la bouche) ; 5. Processus alvéolaire (insertion muscle buccinateur) ; 6. corps de la mandibule ; 7. branche de la mandibule.

Figure 12 : Cadre osseux cavité buccale, Os maxillaire face jugale et mandibule (28)

4. Couloir prothétique

Le couloir prothétique peut se définir comme l'espace virtuel correspondant au volume dento-alvéolaire, différent suivant le degré de résorption et le volume des organes para-prothétiques.

Au maxillaire, cet espace est situé entre les structures labio-jugales, la zone crestale et le palais où prend appui la langue. C'est une zone neutre où les pressions exercées sur le support alvéolo-dentaire (SAD) par les structures labio-jugales et la langue se compensent. Plusieurs paramètres définissent ce couloir prothétique (3):

- Soutien de la lèvre et des joues
- Position, axe et épaisseur de la crête alvéolaire
- Appui lingual lors de la phonation et de la déglutition

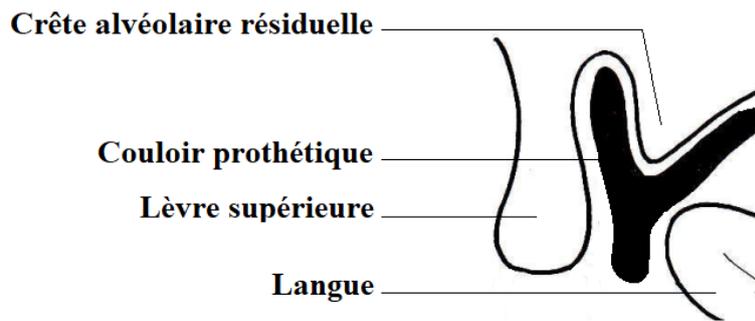


Figure 13 : Représentation schématique du couloir prothétique maxillaire, coupe sagittale (26), le couloir prothétique est mis en évidence par le tracé noir

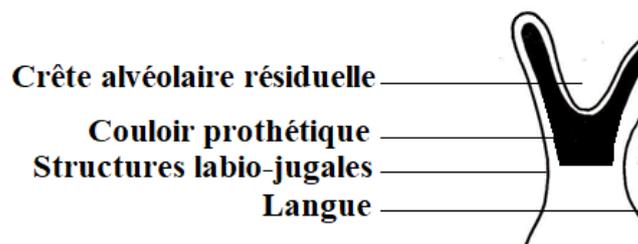


Figure 14 : Représentation schématique du couloir prothétique maxillaire, coupe frontale (26), le couloir prothétique est mis en évidence par le tracé noir

Le couloir prothétique est comblé par le SAD du PEI. Ce dispositif permet d'évaluer cet espace virtuel.

2. Description des SAP mandibulaires

1. Plan osseux

La structure osseuse à de la paroi inférieure de la cavité orale est formée par le corps de la mandibule, os unique et médian. Il présente une concavité postérieure avec une face supérieure, une latérale, une antérieure et une médiale rentrant dans la constitution de la SAP. Ces surfaces d'appui sont définies :

- Sur la face supérieure, le processus alvéolaire en continuité avec la partie basale
- Sur la face latérale, la ligne oblique externe partant d'un tubercule mentonnier et se prolongeant en arrière avec le bord antérieur de la branche montante de la mandibule.
- Sur la face antérieure, le processus alvéolaire situé au-dessus des tubercules mentonniers.
- Sur la face médiale, la ligne mylo-hyoïdienne (oblique interne) partant de l'épine mentonnière supérieure et se prolongeant en arrière avec la ligne interne de la branche la mandibule. Des excroissances osseuses sont parfois mises en évidence : les torus mandibulaires.

En arrière, en jonction entre le bord antérieur des branches de la mandibule, la partie

supérieure du corps présente un espace triangulaire : le triangle rétro-molaire (éminence piriforme).

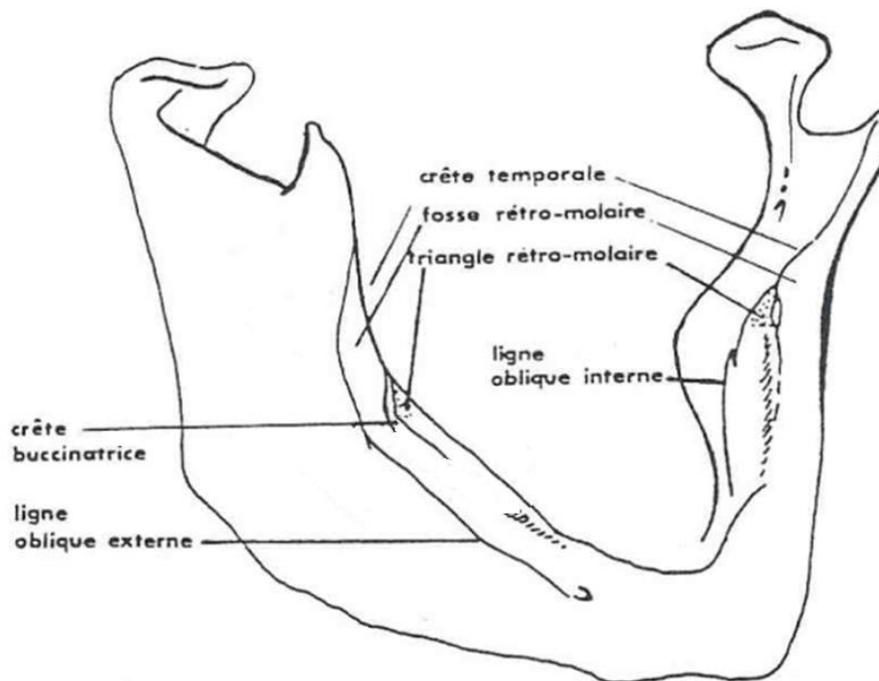


Figure 15 : Eléments anatomiques remarquables de l'os mandibulaire, version édenté total (29)

Résorption osseuse

On retrouve ce phénomène à la mandibule également, avec cette fois ci une résorption de l'os alvéolaire, caractérisé par une perte de hauteur dans le sens vertical et d'épaisseur dans le sens transversal. La base osseuse subit une expansion, centrifuge, conduisant à terme à un englobement de l'arcade maxillaire.

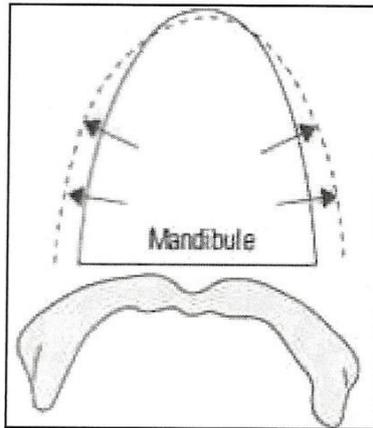


Figure 16 : « Elargissement » de l'arc mandibulaire (21)

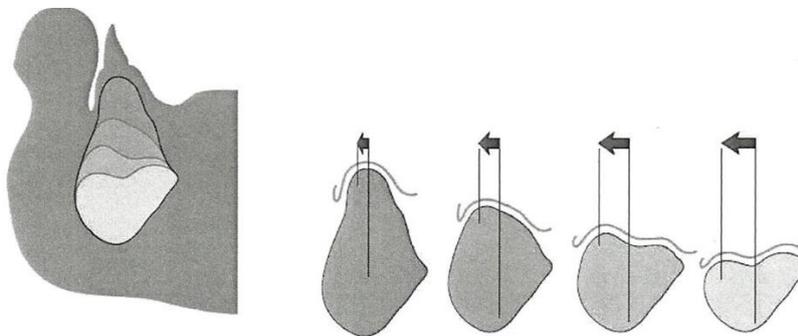


Figure 17 : Description selon « Nagle and Sears » de la résorption de la mandibule après extractions dentaires (24)

On retrouve notamment la classification de Zarb et Lekholm (1985), cette fois à la mandibule.

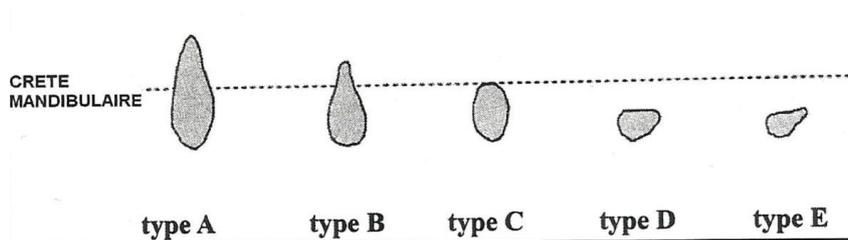


Figure 18 : Classification de Zarb et Leckholm (3)

Pareillement à la mandibule, la classification de Cawood décrit les différents stades de résorption osseuse.

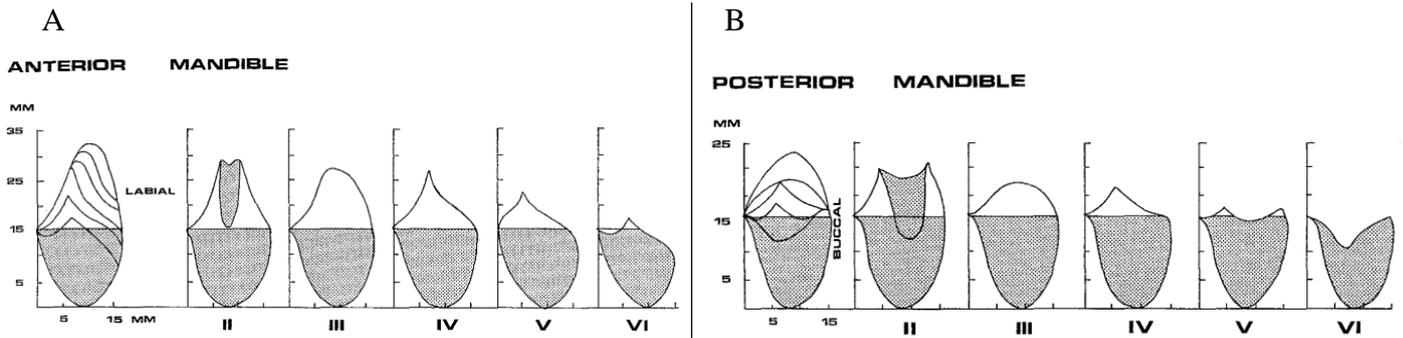
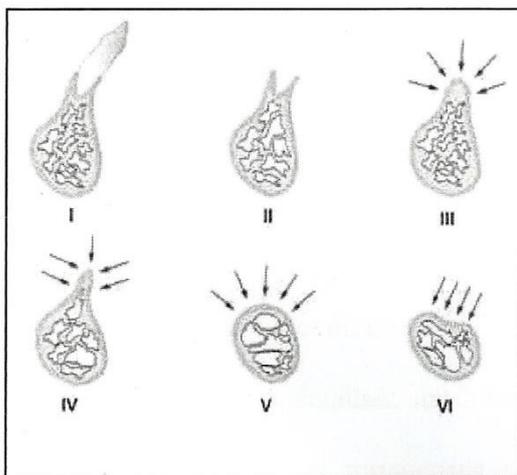


Figure 19 : Classification de Cawood à la mandibule, (A) Partie antérieure jusqu'au foramen mentonnier, (B) Partie postérieure jusqu'au foramen mentonnier (25)
Enfin, la classification d'Atwood (30) définit également 6 phases d'évolution de la résorption, au niveau de la crête antérieure de l'arcade mandibulaire.



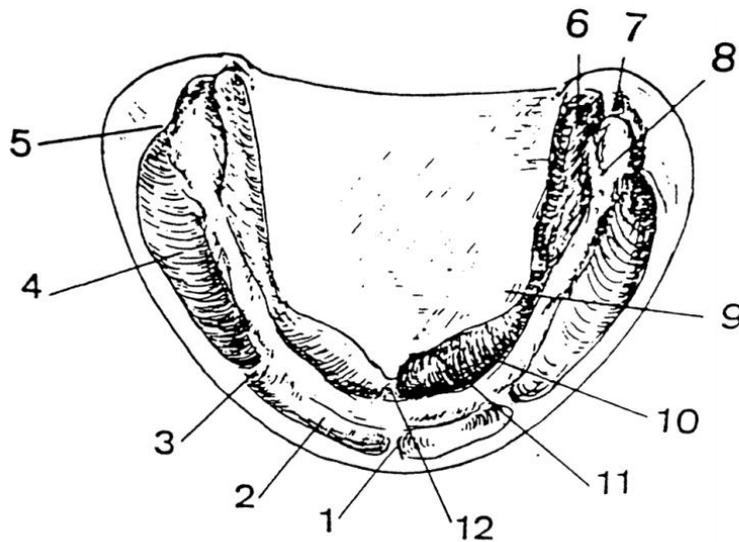
- Phase I : avant l'extraction
- Phase II : après l'extraction
- Phase III : crête haute arrondie
- Phase IV : crête en lame de couteau
- Phase V : crête basse arrondie
- Phase VI : crête déprimée

Figure 20 : Classification d'Atwood : phases d'évolution de la crête antérieure à la suite d'extractions (30)

2. Plan muqueux

On distingue essentiellement trois zones qui décrivent les SAP dans leur qualité muqueuse :

- Zone vestibulaire : freins médians, freins latéraux, zone de réflexion muqueuse, zone du trigone rétro-molaire
- Zone crestale, dont la hauteur et la forme de l'os résiduel varie selon le stade de résorption (3)
- Zone linguale : frein lingual, zone insertion du génio-glosse, zone sublinguale, ligne mylo-hyoïdienne, zone rétro mylohyoïdienne.



1. Frein médian de la lèvre inférieure
2. Ligne de réflexion muqueuse
3. Frein latéral de la lèvre inférieure
4. Poches de FISH
5. Insertion du masséter
6. Arc palatoglosse
7. Concavité limitant le trigone rétromolaire
8. Trigone rétromolaire
9. Limite postérieure de la loge sublinguale
10. Hamac sublingual
11. Frange sublingual
12. Frein de la langue

Figure 21 : Identification des éléments anatomiques de l'arcade édentée mandibulaire (26)

3. Zone de réflexion muqueuse

A la mandibule, la ligne de réflexion muqueuse existe au niveau vestibulaire mais aussi du côté interne de la mandibule par les nombreuses insertions musculaires présentes.

Nous retrouvons sur la face latérale :

- Antérieurement les muscles mentonniers et orbiculaires labiaux, ainsi que le frein médian de la lèvre
- Latéralement les muscles buccinateurs et les freins latéraux
- Au niveau postérieur, nous retrouvons une zone bilatérale para tubérositaire, en vestibulaire, qui précède le trigone rétro molaire, ce sont les poches de Fish (paroi jugale constituée par les fibres horizontales du buccinateur, au niveau de la partie la plus antérieure de l'insertion du masséter).

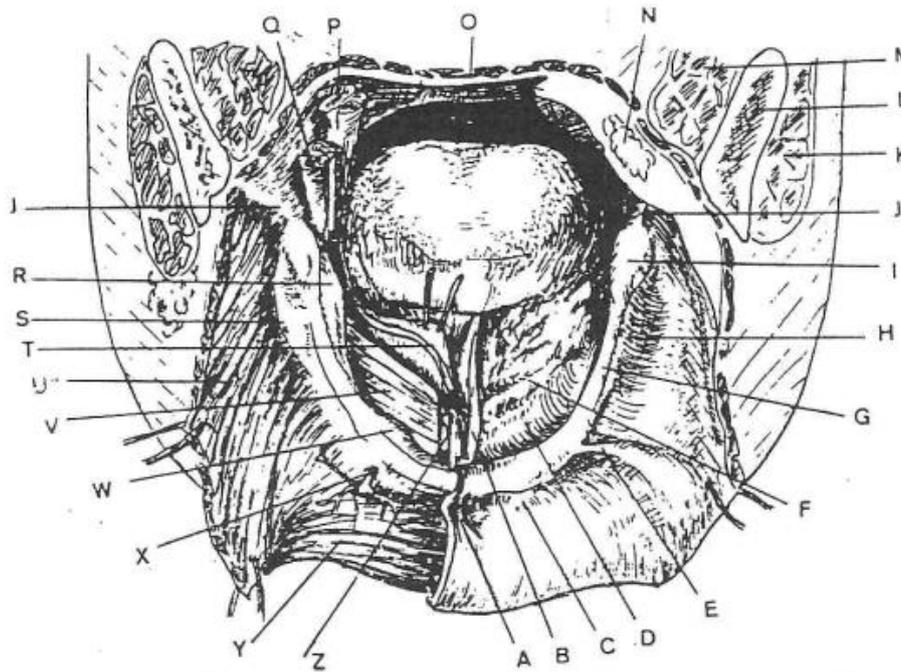
Concernant les limites de la face médiale mandibulaire, nous décrivons :

- Le frein lingual (médian, unique)
- Les hamacs sublinguaux (26) (muscles génio-glosses)

- Les réflexions latérales par les muscles mylo-hyoïdiens
- Postérieurement, au niveau de la zone tubérositaire, le muscle palato-glosses et le ligament ptérygo-maxillaire qui de chaque côté limitent les SAP.

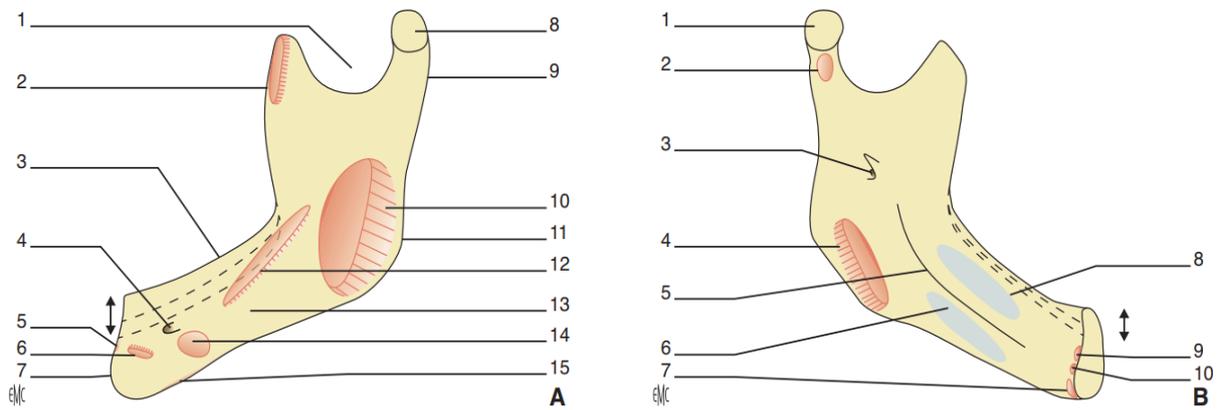
Plan osseux

Plan muqueux



- | | |
|---|---|
| A. Frein de la lèvre | N. Amygdale |
| B. Frein de la langue | O. Muscle constricteur supérieur du pharynx |
| C. Ligne de réflexion de la muqueuse | P. Muscle palato-pharyngien |
| D. Hamac sublingual | Q. Muscle palato-glosse |
| E. Frein latéral | R. Ligne oblique interne |
| F. Frange sublinguale | S. Ligne oblique externe |
| G. Rebord alvéolaire | T. Hamac sublingual recliné (glande sublinguale retirée) |
| H. Poches de Fish | U. Muscle buccinateur |
| I. Trigone rétromolaire | V. Muscle mylo-hyoïdien |
| J. Ligament ptérygo-maxillaire | W. Torus mandibulaire |
| K. Muscle masséter | X. Trou mentonnier |
| L. Branche montante du maxillaire inférieur | Y. Muscle orbiculaire |
| M. Muscle ptérygoïdien interne | Z. Muscle génio-glosse |

Figure 22 : Eléments anatomiques remarquables de la surface d'appui en relation avec la prothèse mandibulaire (31)



A. Vue latérale. 1. Incisure mandibulaire ; 2. processus coronnoïde ; 3. processus alvéolaire ; 4. foramen mentonnier ; 5. insertion du muscle mentonnier ; 6. insertion du muscle abaisseur de la lèvre inférieure ; 7. protubérance mentonnière ; 8. tête ; 9. col ; 10. tubérosité massétérique (muscle masséter) ; 11. angle ; 12. ligne oblique (muscle buccinateur) ; 13. corps ; 14. insertion muscle abaisseur de l'angle de la bouche ; 15. bord inférieur (m. plastyma). Double flèches : modification du processus alvéolaire en fonction de la résorption osseuse.

B. Vue médiale. 1. Tête ; 2. fossette ptérygoïdienne ; 3. foramen mandibulaire ; 4. tubercule ptérygoïdien (muscle ptérygoïdien médial) ; 5. ligne mylohyoïdienne (muscle mylo-hyoïdien) ; 6. fosse mandibulaire ; 7. fossette digastrique (muscle digastrique) ; 8. fosse sublinguale ; 9. épine mentonnière supérieure (muscle génio-glosse) ; 10. épine mentonnière inférieure (muscle génio-hyoïdien).

Figure 23 : Mandibule, anatomie et insertions musculaires, faces latérale et médiale (28)

4. Couloir prothétique

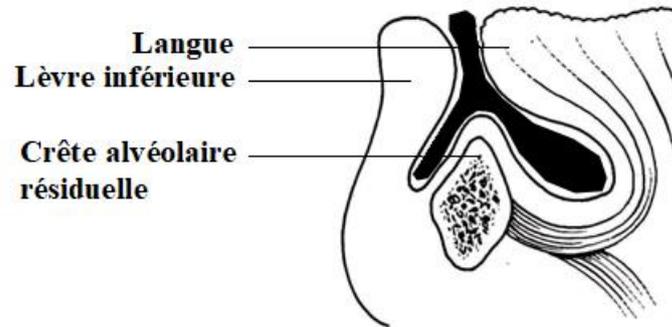
Le couloir prothétique dentaire mandibulaire se situe entre les structures labio-jugales et la langue.

Ce couloir prothétique, zone neutre de pression (32) (33), est un espace virtuel dans les cas d'édentement compris entre :

- Les joues et la lèvre
- La langue, qui ne doit pas être comprimée entre les deux secteurs latéraux.

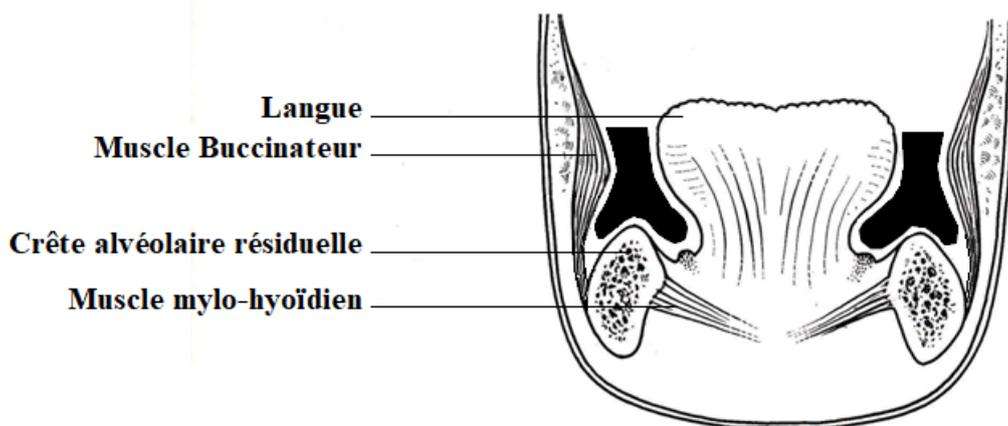
Les forces exercées par les lèvres et les joues d'un côté sont neutralisées par celles exercées par la langue de l'autre côté, c'est la zone neutre. La situation de ces organes paraprothétiques définissent donc l'épaisseur vestibulo-linguale du couloir prothétique.

L'aspect fonctionnel de ce couloir réside dans sa hauteur et son inclinaison, qui soient suffisantes de manière que la langue puisse pousser le bol alimentaire au niveau des arcades, mais qu'elle ne se place pas entre ces dernières lors de la mastication.



Le tracé noir indique le couloir prothétique

Figure 24 : Représentation schématique du couloir prothétique, coupe sagittale (26)



Le tracé noir indique le couloir prothétique

Figure 25 : Représentation schématique du couloir prothétique, coupe frontale (26)

3. Relation maxillo-mandibulaire

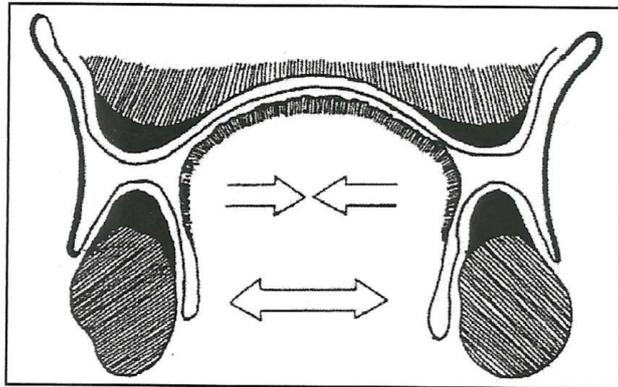
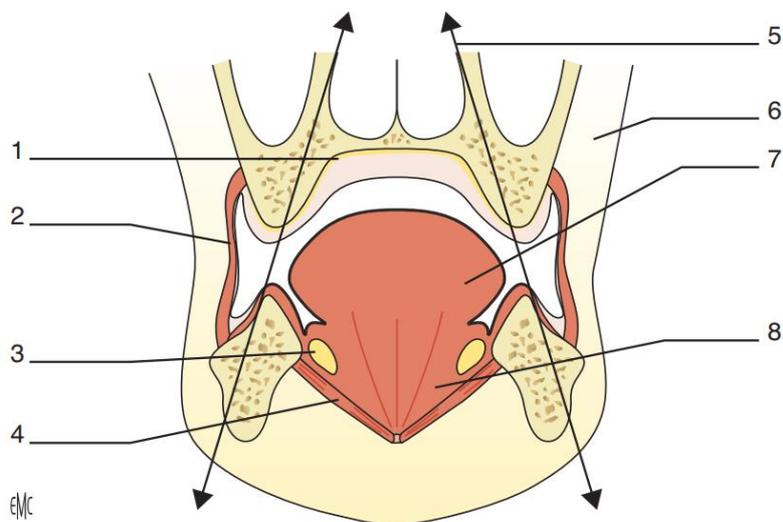


Figure 26 : Modification des relations entre les crêtes résiduelles dues à la résorption centripète maxillaire et à la résorption centrifuge de la mandibule, coupe transversale (34)



1. Plan glandulaire du palais dur ; 2. muscle buccinateur ; 3. glande sublinguale ; 4. Muscle mylo-hyoïdien ; 5. direction de la résorption des processus alvéolaires ; 6. corps adipeux buccal ; 7. muscle génio-glosse ; 8. muscle génio-hyoïdien

Figure 27 : Coupe coronale de la cavité buccale, effets de la résorption sur les rapports intermaxillaires (28)

4. Comportement mécanique muqueux

La muqueuse buccale est configurée de la manière suivante : un épithélium recouvre un tissu conjonctif, séparés par une membrane basale. Le tissu conjonctif comprend la matrice extracellulaire, les cellules, une composante nerveuse et des vaisseaux sanguins.

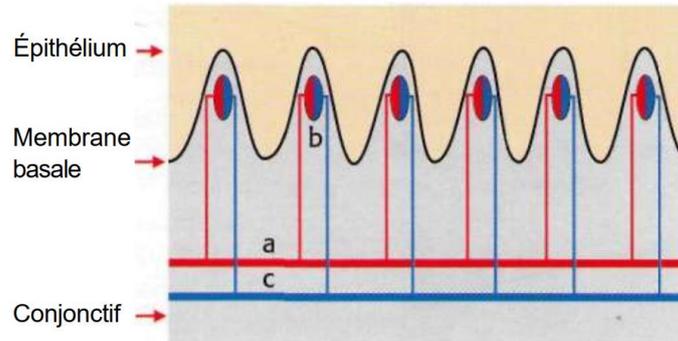


Figure 28 : Artérioles (a) remontant vers les plans superficiels au niveau de l'anse capillaire (b) puis redescendant vers les plans profonds par les veinules (c) (3)

Le tissu muqueux présente des caractéristiques rhéologiques particulières par sa composition.

La rhéologie, ou résistance des matériaux aux contraintes et aux déformations, permet d'interpréter le comportement de la muqueuse soumise à une force (compression par la plaque base dont l'intrados est configuré à partir des empreintes, matériaux de réplique et type de polymérisation de la base).

En effet, la compression de la muqueuse lors de la prise d'empreinte entraîne un tassement des différentes couches histologiques (notion de plasticité vasculaire : compression -> collapsus -> ischémie).

Après cette compression ayant provoqué une déformation, les tissus peuvent retrouver, après un certain délai, leur forme initiale.

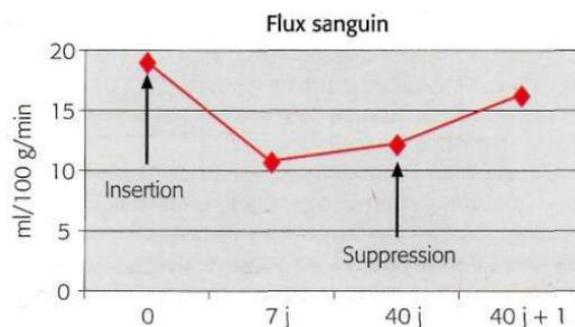


Figure 29 : Incidence de l'insertion prothétique (temps 0) sur le débit sanguin (7 jours : forte diminution, 40 jours : légère augmentation, suppression de la prothèse : retour au débit initial) (35)

Le sujet jeune possède une récupération élastique tissulaire plus grande que le sujet âgé, ceci corrèle avec les modifications histologiques au cours du vieillissement ((d) lexique). Cette récupération est partielle et immédiate chez les personnes âgées, alors qu'elle tend à être totale chez un patient jeune, de façon différée dans le temps (vingtaine de minutes).

On retrouve un diagramme avec les différentes phases de la muqueuse lors de sa compression chez des sujets jeune et âgé :

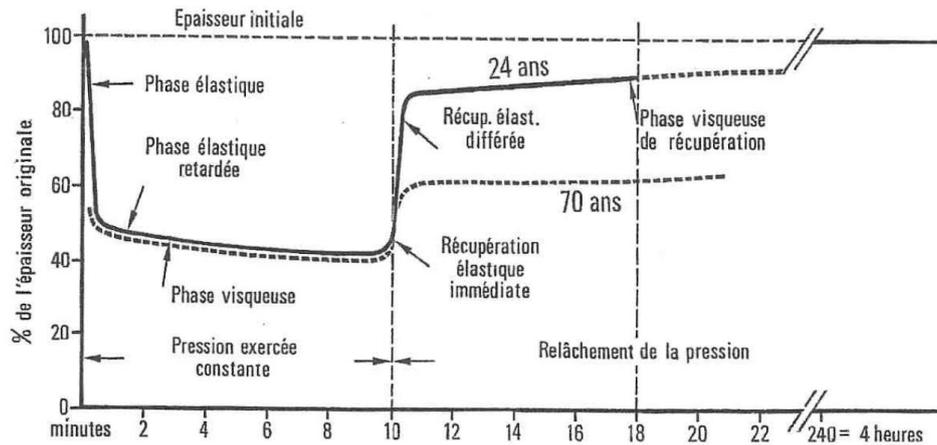


Figure 30 : Diagramme de visco-élasticité de la muqueuse d'après Kidd, Daly et Wheller (36)

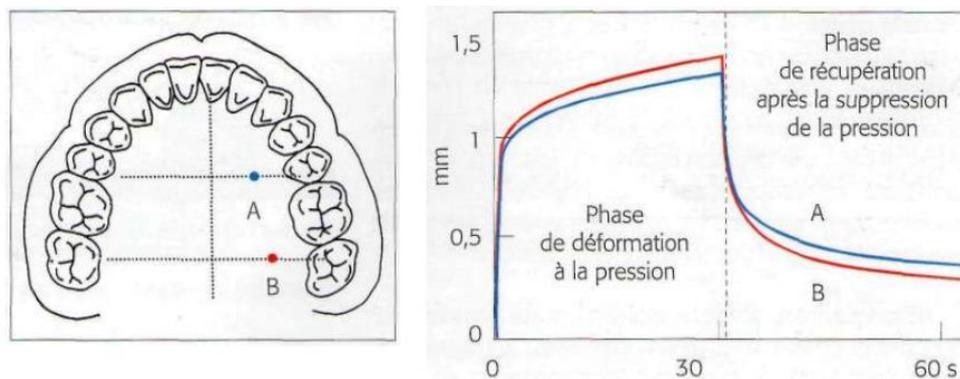


Figure 31 : Au niveau des points A et B, sous l'action d'une pression le comportement de la muqueuse est similaire, mais l'amplitude des déplacements varie entre ces deux points à la fois lors de l'application de la pression et lors de la phase de récupération (3)

Ainsi, par rapport à ce comportement mécanique muqueux, l'empreinte secondaire (PEI et matériaux d'enregistrement) trouve tout son intérêt grâce à une compression homothétique de la surface tissulaire enregistrée, permettant moins de déformation tissulaire suite au retrait de l'empreinte. De plus, la conception du PEI doit tenir compte de ce comportement rhéologique

en intégrant ce comportement mécanique (déformation à la suite d'une contrainte) par le biais des zones de décharges en regard des surfaces où la dépressibilité est marquée (zones de Schröder) ou inexistante (cas de reliefs osseux : torus maxillaire).

5. Indices biologiques

La notion d'indices biologiques (Housset) permet de relever les éléments anatomiques en relation avec les éléments prothétiques. L'intrados s'établit sur ces éléments qui sont observés lors de l'examen clinique et enregistrés lors des phases d'empreintes.

Dans le domaine de la prothèse adjointe totale, ils sont classés en indices positifs et négatifs, tels que :

➤ *Indices favorables* : ligne crestale – tubérosités maxillaires – trigones rétro-molaires

Ces indices, par leur ampleur, leur volume, constituent des éléments favorables aux principes de la triade d'Housset (triade d'équilibre de la prothèse : sustentation, stabilisation et rétention).

➤ *Indices défavorables* : zones d'insertions ligamentaires et musculaires – raphé médian saillant – zone de Schröder – zone d'insertion du plancher buccal – torus mandibulaire

A contrario des indices favorables, ceux-ci par la haute dépressibilité tissulaire (zone de Schröder), une surface saillante telle qu'un raphé médian, un tori, ou des insertions musculo-ligamentaires hautes provoquent un déséquilibre de la prothèse et font défaut aux principes d'Housset.

Cette notion d'indice biologique permet de configurer le PEI :

- Par appui sur les zones d'indices favorables,
- Par retraits (décharges) sur les zones d'indices défavorables

6. Application : surfaces d'appui primaires et secondaires

Cet équilibre du PEI se caractérise au niveau des surfaces d'appui primaires et secondaires.

1. *Surfaces d'appui primaires*

On retrouve au niveau des ces SAP primaires les structures anatomiques fixes (26) :

- favorables telles que : crêtes alvéolaires résiduelle élevée, arrondie et parallèle au plan d'occlusion, tubérosités imposantes, fibromuqueuse palatine et alvéolaire ferme, saine et peu dépressible
- défavorables avec : un raphé médian palatin saillant, des torus volumineux, des zones de Schröder très dépressibles nécessitant une décharge.

2. Surfaces d'appui secondaires

Il existe au niveau des SAP secondaires des structures anatomiques mobiles (26) :

- favorables telles que : ligne de réflexion muqueuse haute (vestibule profond par insertions musculo-ligamentaires hautes), insertion basse des freins.
- défavorables comme : une zone d'insertion du plancher buccal haute diminuant la SAP de la plaque base, des insertions tendineuses et ligamentaires hautes et importantes.

Ces structures anatomiques doivent être examinées et leur comportement participe à l'élaboration du PEI dont l'équilibre, une fois inséré, permet une empreinte sans déformation dû aux caractéristiques des SAP. Cette étape est le garant de la tenue du SAD résultant.

III. Le PEI dans l'enregistrement des SAP

Dans un protocole conventionnel, deux types d'empreinte sont indiquées :

- L'empreinte primaire, permettant l'obtention d'un moulage, à partir duquel est réalisé le PEI.
- L'empreinte secondaire, ayant comme support le PEI, permettant l'enregistrement fonctionnel des SAP. Le traitement de cette empreinte avec un matériau de réplique (plâtre), donne le modèle de travail.

Les objectifs de l'empreinte secondaire concordent avec la Triade de Housset (3) :

- Enregistrer la morphologie
- Etablir le volume prothétique au niveau des zones de réflexions muqueuses
- D'assurer simultanément le libre jeu des organes paraprothétiques (enregistrement de la zone de réflexion)
- Garantir la stabilité de la future prothèse et le maintien des tissus d'appui prothétique et paraprothétiques.

Nous décrirons dans un premier temps les différents types de PEI conventionnels, puis rappelons les différents matériaux d'enregistrement.

1. Le PEI

1. Définition

Le Porte-Empreinte Individuel (PEI), est un dispositif élaboré sur le moulage obtenu d'une empreinte primaire. Il recouvre les SAP, et ses limites correspondent à la ligne de réflexion muqueuse.

Le tracé de ces limites doit tenir compte de l'épaisseur du matériau d'enregistrement de la ligne de réflexion muqueuse (joint périphérique).

2. Description (3)

PEI Maxillaire

Le PEI maxillaire présente les caractéristiques suivantes :

- Une plaque base adaptée à la voute palatine et aux crêtes édentées
- La limite vestibulaire du PEI suit la ligne de réflexion muqueuse en regard des zones tubérositaires, latérales et incisivo-canine.
- Un espace aménagé au niveau des freins médian labial et latéraux jugaux, afin d'éviter des interférences
- Une limite postérieure qui s'établit entre le voile du palais et le palais dur
- Des zones de décharge au niveau des zones dépressibles (papille bunoïde, zones de Schröder) et des zones osseuses non compressibles (torus palatins et raphé médian).
- Une simulation du SAD au niveau des crêtes afin de visualiser le couloir prothétique.

PEI Mandibulaire

Le PEI mandibulaire présente les caractéristiques suivantes :

- Une plaque base prenant appui sur la crête édentée, jusqu'à la ligne de réflexion muqueuse dans sa partie vestibulaire (zones incisive, latérales, poches de Fish et tubérositaire) et jusqu'aux zones d'insertion musculo-ligamentaires dans sa partie linguale (zones sublinguale, mylo-hyoïdienne et tubérositaire).

- Au niveau postérieur, un appui sur les éminences piriformes, sans extension sur les ligaments ptérygo-mandibulaires
- Un aménagement en regard des freins latéraux jugaux et médian labial, et du frein lingual, dont les limites de mouvement sont enregistrées lors de l’empreinte secondaire
- Un SAD situé dans la zone neutre de pression pour matérialiser le couloir prothétique

3. Matériaux

Il est généralement réalisé avec une résine chémo ou photo-polymérisable, de type PMMA (PolyMéthacrylate de Méthyle).

Un élément dit « activateur » va stimuler un autre élément dit « amorceur » afin de former un radical libre. Ce radical libre vient activer un monomère de MMA qui, à son tour, va se lier à un autre monomère et l’activer par la même occasion. Ainsi a lieu la réaction de polymérisation en chaîne qui aboutit au PMMA.

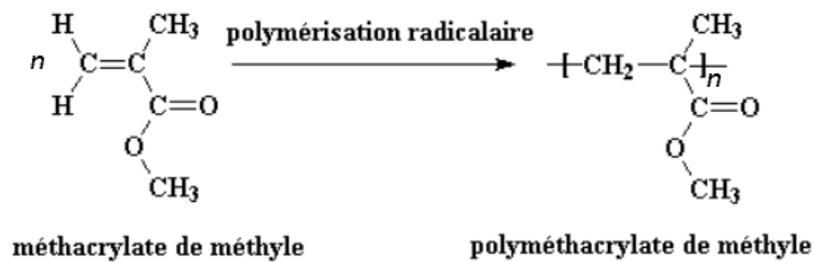


Figure 32 : Formules chimiques des MMA et PMMA

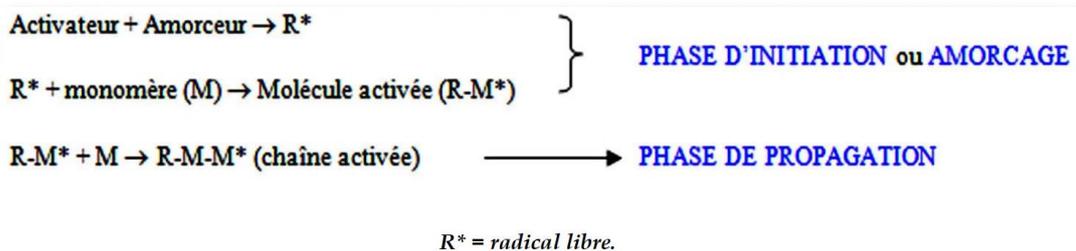


Figure 33 : Représentation schématique de la polymérisation en chaîne, mécanisme de polymérisation radicalaire (37)

Concernant la chémo-polymérisation, les principaux amorceurs sont des peroxydes et les activateurs peuvent être des amines ou des acides.

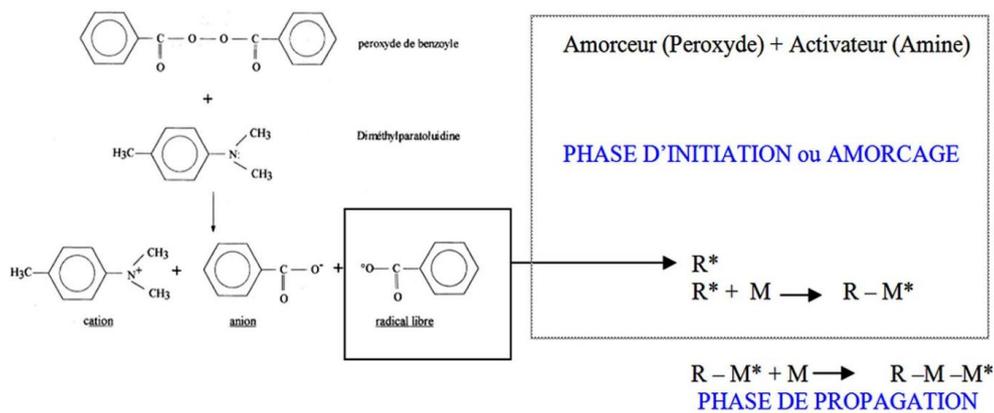
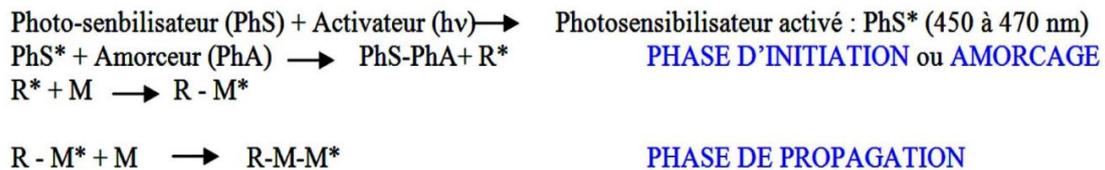


Figure 34 : Représentation schématique de la chémpolymérisation (37)

La photopolymérisation se réalise à l'aide d'un amorceur et d'un activateur. L'amorceur comprend un photosensibilisateur (généralement la camphoroquinone) et une amine tertiaire. L'activateur est composé de photons dont la longueur d'onde correspond à celle du photosensibilisateur.



$R^* : \text{Radical libre}, M : \text{Monomère}, M^* : \text{Monomère activé}$

Figure 35 : Représentation schématique de la photopolymérisation (37)

Les avantages de la photopolymérisation sur la chémpolymérisation sont : (37–39)

- une porosité moindre
- une répartition homogène des activateurs
- un temps de travail modulable
- l'absence de monomère résiduel.

Le module d'élasticité et la résistance à la flexion sont également différents selon le mode de polymérisation.

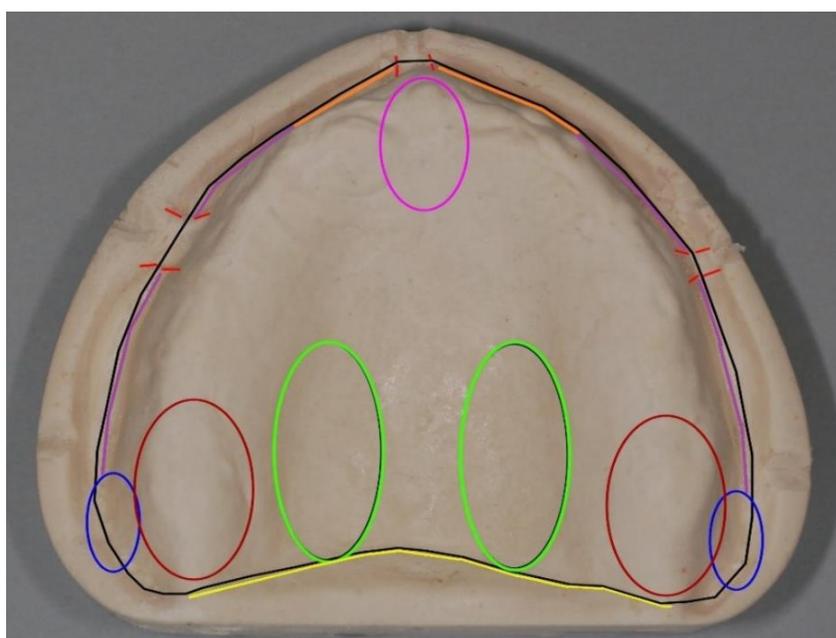
Matériau x /propriétés	Module d'élasticité (GPa)	Résistance flexion (MPa)	Dureté (microns)	Absorption d'eau (%)	Energie d'impact (Kj/m ²)	contraction polymérisation (%)	Intensité contrainte (Kic)	Fatigue (millions cycles)
PMMA auto.	2.22	60.9	29.3	2.12	0.89	0.22	1.04	-
PMMA à chaud	2.38	70.8	28.2	2.14	1.33	0.16	1.30	400
VLC UDMA	2.71	57.8	24.6	2.73	0.46	0.46	1.28	3

Figure 36 : Comparaison des propriétés mécaniques des résines acryliques et des résines polyuréthanes à activation lumineuse (38)

De plus, il a été démontré que suite à une empreinte secondaire, à l'aide d'adhésifs et pour un même matériau d'empreinte utilisé (silicone ou polysulfide), les empreintes avec PEI en résine photo présentent une meilleure résistance à la traction (matériau – PEI) que les résines auto (40). Cette résine photo permet la confection du PEI sans contrainte temporelle car le temps de travail est plus long : la polymérisation de la résine étant soumise à un émetteur lumineux de longueur d'onde adéquate.

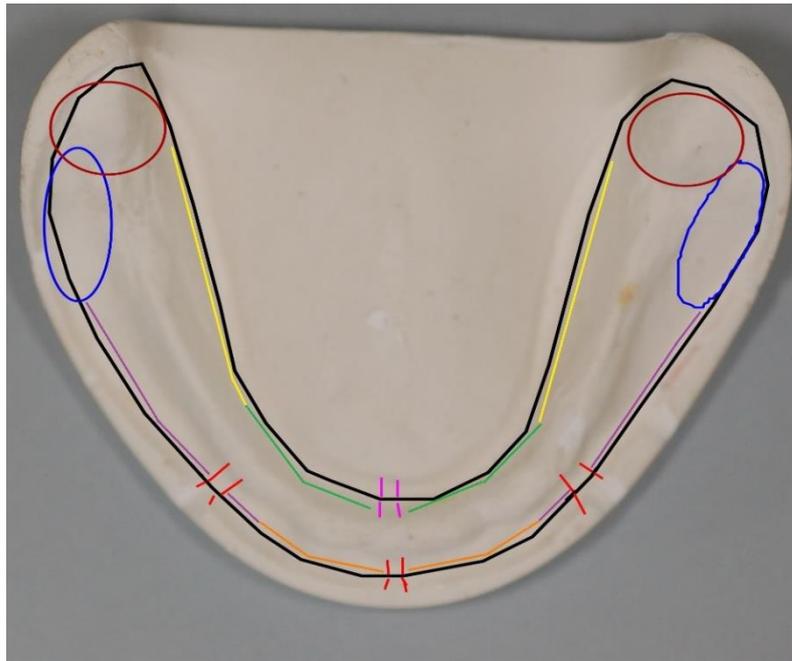
Enfin, la stabilité dimensionnelle des résines acryliques autopolymérisables pour PEI a fait l'objet de nombreuses études, la plupart recommandent une période d'attente de 20 à 24 heures avant utilisation (41).

4. Représentation des repères anatomiques utilisés pour la réalisation du PEI



Rouge : délimitation des freins latéraux et médian, **Rose** : Papille bunoïde, **Vert** : Zones de Schröder, **Violet** : Segments de réflexion du Buccinateur, **Orange** : Segment de réflexion de l'orbiculaire des lèvres, **Bleu** : Poches d'Eisenring, **Marron** : Tubérosités, **Jaune** : Post-Dam, **Noir** : tracé, limites de la plaque base du PEI

Figure 37 : Description des zones anatomiques maxillaires retrouvées sur le PEI



Rouge : délimitation des freins latéraux et médian,
Rose : Frein lingual,
Vert : Segment de réflexion du Génio-Glosse, **Violet** : Segments de réflexion du Buccinateur, **Orange** : Segment de réflexion de l'orbiculaire des lèvres,
Bleu : Poches de Fish,
Marron : Eminences piriformes, **Jaune** : Segment de réflexion du Mylo-Hyoïdien, **Noir** : tracé, limites de la plaque base du PEI

Figure 38 : Description des zones anatomiques mandibulaires retrouvées sur le PEI



Figure 39 : PEI maxillaire configuré avec SAD

Le SAD est réalisé en résine. Sa hauteur au niveau antérieur est de 22 mm au maxillaire et 18 mm à la mandibule (3). En théorie, le plan d'occlusion matérialisé par l'affrontement des SAD maxillo-mandibulaires se projette au niveau de la partie supérieure du tubercule rétro-molaire (Figure 40).

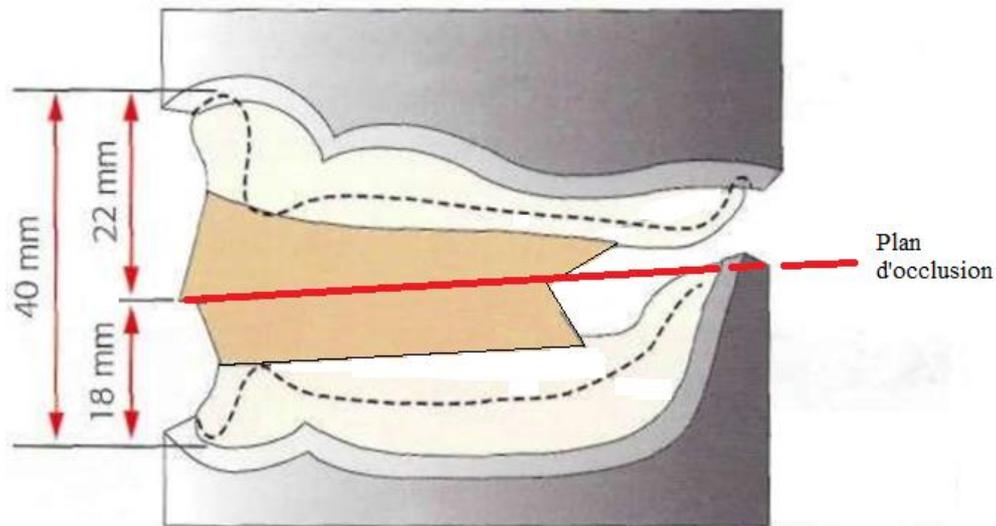


Figure 40 : Hauteur moyenne des bourrelets à l'arcade maxillaire et à l'arcade mandibulaire au niveau incisif et molaire (3)

Aucune donnée dans la littérature n'a été mise en évidence concernant le PEI à support médian de préhension.

Comparativement, celui à SAD présente des avantages certains :

- Le positionnement à l'aplomb et le volume du SAD permettent une évaluation du couloir prothétique (26)
- Rétablissement de l'esthétique par soutien de la lèvre
- Appui digital lors de la prise d'empreinte
- Simulation des pressions occlusales dentaires lors de la prise d'empreinte
- Orientation du plan d'occlusion (3)

Par la présence du SAD, ce type de PEI enregistre les SAP dans des conditions fonctionnelles proches de la future PTA.

2. Matériaux d'enregistrement (pour enregistrement du joint périphérique (EJP), et EC)

1. Objectifs

Les matériaux d'empreinte décrits dans la littérature présentent des caractéristiques spécifiques à une situation donnée, justifiant leur indication en fonction des données de l'examen clinique.

On retrouve une continuité intrados – joint périphérique où le matériau d’EJP soutient le matériau de surfaçage.

2. Propriétés des matériaux

Concernant les matériaux du joint périphérique, les propriétés suivantes sont requises : (3)

- présenter une viscosité élevée, suffisante pour se maintenir sur le bord du porte-empreinte
- permettre un préformage manuel pour placer correctement la matière au niveau des limites du PEI (éviter un fluage ou une fusée excessive dans l’intra-extrados)
- avoir un temps de prise autorisant une manipulation suffisante
- posséder des viscosités compatibles avec le tonus des muscles périphériques et de la zone de réflexion
- pouvoir être ajustés sans difficulté si une modification est nécessaire.

3. Rappels des différents matériaux d’enregistrement secondaire des SAP

Comme mentionné précédemment, ces matériaux diffèrent selon le type d’enregistrement réalisé à l’aide du PEI.

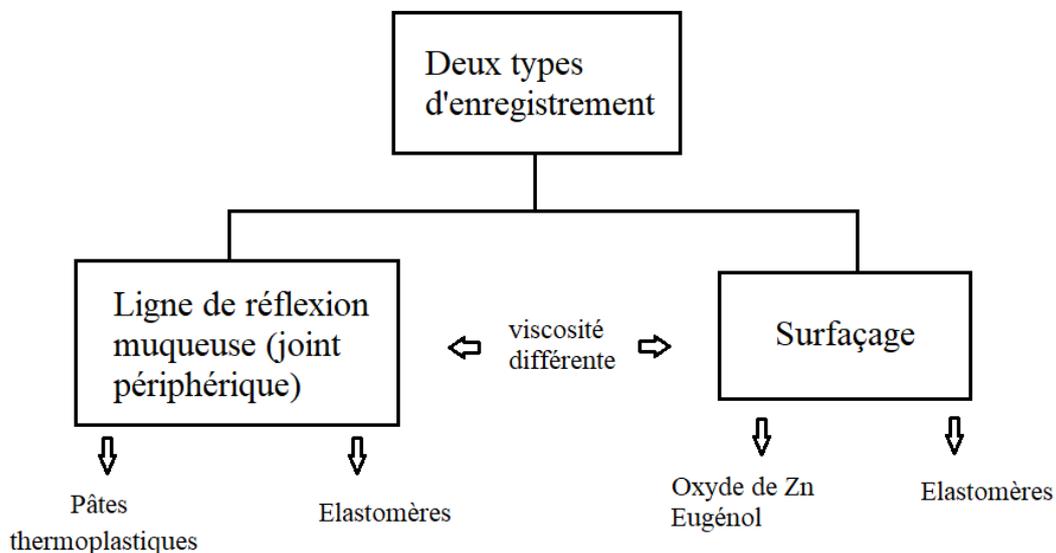


Figure 41 : Schéma des types d’enregistrement anato-fonctionnels

Matériaux d'enregistrement du joint périphérique (3,42,43), (44)

	Pâte thermoplastique (Pâte de Kerr)	Elastomère Polyéther 3M Impregum)	Elastomère Silicone (3M ESPE Express)
Norme	(ISO functional sticks)	ISO 4823:2000	I.S.O. 4823
Hydrophilie	-	+	+
Variation dimensionnelle	0,3%	0,3% (45)	0,3% [mode d'emploi]
Elasticité	Inélastique (à température ambiante)	+++	++
Viscosité	Diminuée par réchauffement (à 50-51°C)	+	Variable (Light, Regular, Heavy)
Enregistrement	Sectoriel	Sectoriel ou global	Sectoriel ou global
Rebasage	+++	+	+
Temps de travail	1 min (environ)	3 min (environ)	2 à 3 min
Temps de prise	30 secondes (environ, à température buccale)	5 min (environ)	3 min (environ)
Cout	-	+++	++

Figure 42 : Tableau comparatif entre les différents matériaux d'EJP en fonction de la situation clinique

Matériaux de surfaçage, propriétés physiques

	Pate oxyde de zinc – eugénol (ZOE B&T)	Polysulfures (Kerr Permlastic)	Silicones (3M ESPE Express)	Polyéthers (3M Impregum)
Norme [modes d'emploi]	I.S.O. AAAA/MM (8601)	I.S.O. 4823	I.S.O. 4823	ISO 4823:2000
Hydrophilie	++	-	+	+
Variation dimensionnelle	-0,38 à +0,11% (46)	0,35% [mode d'emploi]	0,3% [mode d'emploi]	0,3% (45)
Elasticité	-	++	++	+++
Recouvrance élastique	Non élastique (47,48)	97,2% [mode d'emploi]	> 99% [mode d'emploi]	99% [mode d'emploi]
Dureté Shore A (49)	<	<	54.5	53,7
Viscosité	++	+++	-	+
Précision (µm)	25	25	25	25
Temps de travail	3 à 4 min	2 min	2 à 3 min	2 à 4 min
Temps de prise	6 à 7 min	10 min	3 à 4 min	4 à 6 min
Cout	---	--	++	+++
Temps de conservation avant traitement	24 h	1 h	12 h	24 h

Figure 43 : Tableau comparatif entre les différents matériaux de surfaçage en fonction de la situation clinique (44)

IV. CFAO

1. Généralités

L'utilisation de l'informatique en odontologie a augmenté au cours des dernières décennies (50), en particulier, les systèmes de conception et de fabrication assistées par ordinateur (CAO / FAO). Cette technologie est initialement introduite par Duret et Termoz dans les années 1970, pour une utilisation dans les domaines prothétique et restaurateurs de la dentisterie. Le premier scanner intra-oral numérique a été introduit par Mörmann et Brandestini dans les années 1980, puis a été développé jusqu'à devenir ce que l'on appelle : la restauration économique de la céramique esthétique au fauteuil (CEREC).

La conception et fabrication par ordinateur (CFAO), s'établit grâce à des systèmes informatiques. Ils sont utilisés pour l'acquisition de données (scans ou caméras intra-orales), ainsi que pour concevoir un projet et le matérialiser (par imprimante ou usineuse). Des logiciels avec des formats de fichiers bien spécifiques permettent le traitement de ces informations.

Le champ d'application des techniques de CFAO concerne notamment le traitement des édentations totales par prothèses adjoindes. Il est possible d'obtenir, par différents moyens de production, les dispositifs nécessaires à la réalisation de chaque séquence de traitement.

Les généralités de ce protocole moderne sont donc décrites dans le cadre d'un sujet édenté total.

L'objet de notre travail étant centré sur le PEI, nous décrivons les moyens d'obtenir ce dispositif par CFAO.

2. Protocole

Il existe différents moyens d'obtenir un dispositif prothétique par CFAO, selon le fabricant et le matériel utilisé.

Néanmoins, le protocole général de CFAO reste le même, à savoir :

- Acquisition des données numériques par scan de laboratoire, ou caméra-intraorale du moulage ou de l'empreinte primaire
- Conception assistée par ordinateur
- Fabrication assistée par ordinateur, qui peut se faire par un procédé d'usinage ou d'impression.

1. Acquisition des données

L'empreinte primaire de l'édenté total ne s'effectue, préférentiellement, pas directement par une caméra intra-orale car celle-ci ne tient pas compte du facteur de résilience muqueuse et présente des difficultés d'enregistrement de la zone rétro-myloïdienne (51).

En effet, les empreintes optiques effectuées sur le patient denté voient leurs indications justifiées par l'appui fixe que représentent les dents (si l'on néglige l'enfoncement dento-alvéolaire).

L'empreinte anatomo-fonctionnelle en PAC enregistre uniquement ce qui est visible, sans comprimer dans une certaine mesure, les SAP. L'obtention de la zone de réflexion muqueuse est également un point important, qui n'est pas systématiquement retrouvé avec une empreinte optique. (52)

De plus, l'obtention de ces zones de réflexion, particulièrement à la mandibule au niveau lingual, est difficile par le recouvrement des zones d'appui par le plancher buccal (53).

La numérisation du moulage ou de l'empreinte primaire, matérielles, s'effectue grâce à un scan de laboratoire. Si on considère l'arcade en résine, utilisée pour son étude *in vitro*, comme un moulage, Tomita et al. (2018) démontre alors que les moulages obtenus via un scan de modèle ou issus d'une empreinte primaire à l'alginat, ont une précision comparable. En effet, la dépressibilité muqueuse n'est pas prise en compte lors du scan avec la caméra optique car l'étude est réalisée sur un moulage en résine. De plus, bien que l'étude citée prenne en considération un modèle denté, nous gardons la conclusion qui stipule que la déformation du modèle lors de l'enregistrement numérique est négligeable.

Le fichier numérique obtenu de ce moulage est dans un format numérique 3D spécifique pour la CFAO, dit STL (STereoLithography ou Standard Tessellation Language). Il existe d'autres formats tels que Objet 3D (OBJ), DAE, IGES, STEP, Triangle mesh (52).

Rappelons que l'acquisition de ces données par scanner se définit par des mailles triangulaires sur ordinateur, dont la vitesse de traitement numérique est inversement proportionnelle au nombre de triangle. Cependant, plus il y a de triangles, plus l'image 3D a une définition élevée (23).

2. Conception assistée par ordinateur

Suite à l'acquisition numérique et la définition de l'image 3D, le traitement de ces données s'effectue sur ordinateur par un logiciel aux caractéristiques propres selon le fabricant.

Il existe trois sortes de logiciels (54):

- les modeleurs volumiques qui permettent le travail d'objets aux formes primitives. L'objet est conçu par ajout, soustraction ou assemblage de formes.
- les modeleurs surfaciques, qui définissent mathématiquement la surface de l'objet.
- les modeleurs paramétriques conçoivent les objets à partir d'équations mathématiques et non pas de dessin.

Parmi les logiciels pouvant élaborer le PEI à partir d'un fichier STL ou OBJ, on retrouve notamment :

- DigitalDenture (Wieland Ivoclar),
- 3Shape Dental System (3Shape)
- FreeCAD (logiciel libre, Open source),
- DentalCAD (Exocad)
- Blenderfordental (Blender),
- DWOS (Dental Wings),
- Preform (FormLab),
- Zirkonzahn.tray (Zirkonzahn)
- Ceramill mind (Amann Girrbach),
- Logiciel CAO Porte Empreinte Individuel (3D Biotech).

La conception du PEI peut commencer une fois que le fichier, contenant les modèles dématérialisés, est chargé sur l'application.

Le protocole est globalement similaire pour le maxillaire et la mandibule.

Il s'établit à travers plusieurs étapes clés (52) :

- délimitation et découpe des bords périphériques du PEI,
- repérage des potentielles zones de contre-dépouille
- Adaptation et épaissement de la base prothétique
- Choix du SAD : forme, à l'aplomb, inclinaison en antérieur, et coupe à 45° en postérieur.

Les outils nécessaires à la réalisation de chaque étape sont retrouvés dans les logiciels sous différents aspects. Il existe des possibilités de finition, de correction de l'aspect de surface du PEI représenté par le maillage dont la précision est propre au logiciel choisi.

3. *Fabrication assistée par ordinateur (52)*

Une fois que le dispositif est modélisé en 3D, il est fabriqué selon deux procédés :

- par soustraction, c'est l'usinage (d'une plaque de matériau)
- ou par addition : l'impression.

Un logiciel et une imprimante spécifiques au fabricant peuvent être utilisés pour la fabrication, plus ou moins différents de celui de la conception.

Concernant l'impression, il existe plusieurs modes de fabrication :

- le dépôt de matière,
- la photopolymérisation,
- l'agglomération par collage.

Le système informatique découpe numériquement l'objet à imprimer en planches (2D) qui, empilées, matérialisent le projet en 3D.

3. Impression

L'impression est donc l'étape finale de ce protocole de CFAO du PEI.

Différents matériaux peuvent être mis en œuvre pour cette étape, mais certains nécessitent un procédé bien spécifique par rapport à leur nature.

Par exemple, la résine PMMA photopolymérisable, sera plus utilisée avec une technologie de stéréolithographie (SLA), alors que le métal sera manipulé selon un frittage par laser.

Un tableau récapitulatif des matériaux utilisés pour l'impression 3D selon la technologie mise en œuvre est cité.

Technologie	Matériaux	Coût	Précision
SLA	Résine acrylate, Résine époxy, ABS Résines photopolymérisables	+	0.1mm
DLP	Photopolymères	+	0.03mm
DPP	Photopolymères	-	0.05mm
SLS	Verre, Céramique, Polyamides, Alumide	++	0.1mm
DMLS	Métal	++	0.02mm
LOM	Papier, plastiques	+	Moins précis
EBM	Matériau conducteur	+++	0.01mm
3DP	Résine acrylique	+	0.1mm
MJM	Photopolymères, céramique	+	0.016mm
FDM	Polymères thermoplastiques, bois, pierre, alimentaire, céramique	-	0.15mm Présence de «marches»

Figure 44 : Matériaux utilisés en fabrication additive (52)

Les technologies d'impression 3D les plus couramment utilisées sont (52):

- la stéréolithographie (SLA, DLP, DPP)
- le frittage par Laser (SLS, DMLS)
- le frittage par faisceau d'électrons (EBM)
- impression 3D par collage (LOM)
- impression 3D dite Binder Jetting (3DP)
- impression par jets multiples (MJM)
- impression par extrusion de matière fondue (FDM).

Il existe diverses imprimantes, propres à chaque marque commerciale, dont le champ d'utilisation est plus ou moins étendu en dentisterie.

L'imprimante utilisée dans ce travail est la Form 3 de Formlabs, basée sur la technologie SLA dont nous évoquons un bref rappel. Le matériau utilisé pour la fabrication du PEI est du PMMA (ISO 10993-1:2018).

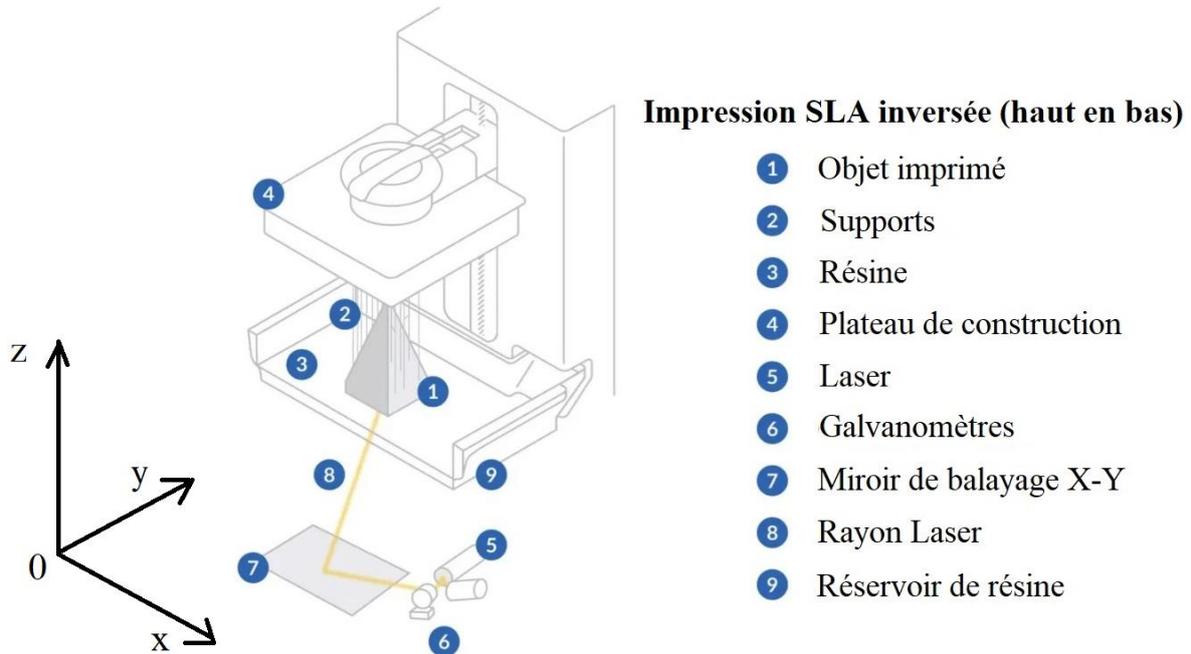


Figure 45 : Représentation graphique de la mécanique de base de l'impression 3D par stéréolithographie, traduction de la version anglaise (55)

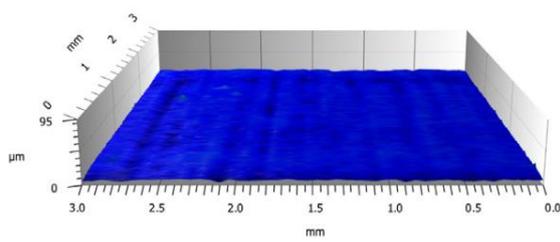
Une cuve est remplie de monomères de résine. Un rayon laser de longueur d'onde adaptée est émis sur un miroir dit « de balayage X-Y » (car situé dans ce plan) qui va réfléchir cette lumière et permettre la polymérisation du matériau situé dans la cuve, point par point. L'objet nécessite un traitement au four à la fin de sa polymérisation. Les matériaux utilisables sont l'époxy, la résine acrylate, l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène).

Propriétés

Ces PEI réalisés par méthode additive par stéréolithographie sont légèrement plus compressifs que ceux réalisés par usinage (56).

L'impression par SLA présente une meilleure précision de surface et un état de surface moins poreux qu'un PEI conventionnel, mais sa force de liaison aux matériaux d'enregistrement n'est pas supérieure (57).

Dental LT



Reference

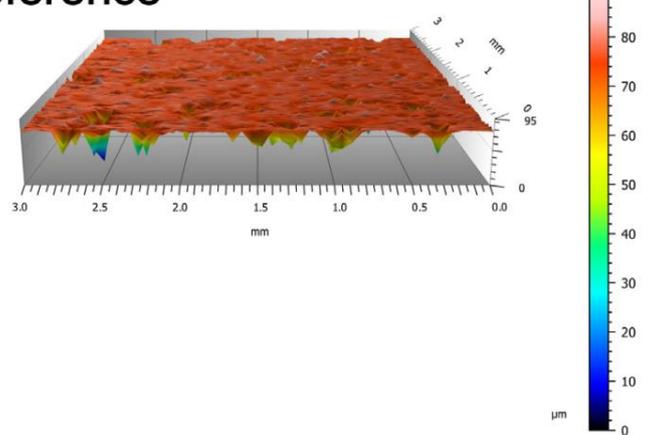


Figure 46 : Topographie reconstruite en 3D de la surface des matériaux des portes-empreintes (57), Dental LT étant issu d'une impression 3D par SLA, et la référence un PEI conventionnel (57)

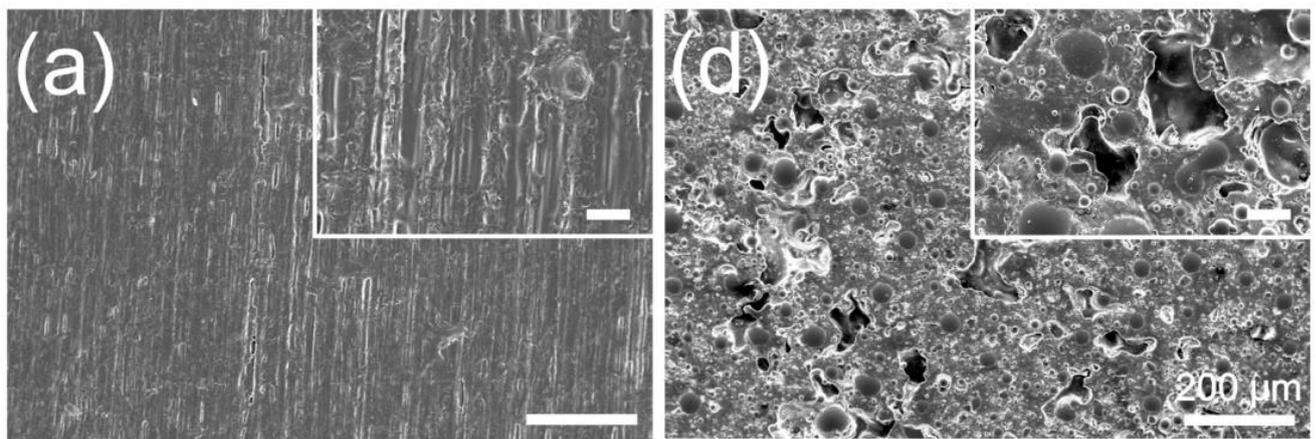


Figure 47 : Images de Microscopie électronique à balayage des surfaces, grandissement à 100 x et 500 x, (a) Surface du PEI imprimé 3D par SLA, (d) Surface du PEI conventionnel (57)

La précision du PEI imprimé dépend alors :

- De la précision du matériau d'empreinte et de réplique utilisé
- De la qualité de l'enregistrement numérique (procédé de maillage par triangulation)
- De la marge d'erreur lors de la fabrication, ici impression 3D par SLA (précision de $25\mu\text{m}$ (57)).

V. Application clinique

Nous décrivons dans cette partie le protocole de CFAO du PEI, suite à l'étape de la numérisation des moulages eux-mêmes tirés de l'empreinte primaire.

Le logiciel 3Shape Dental System est utilisé pour la partie conception du PEI.

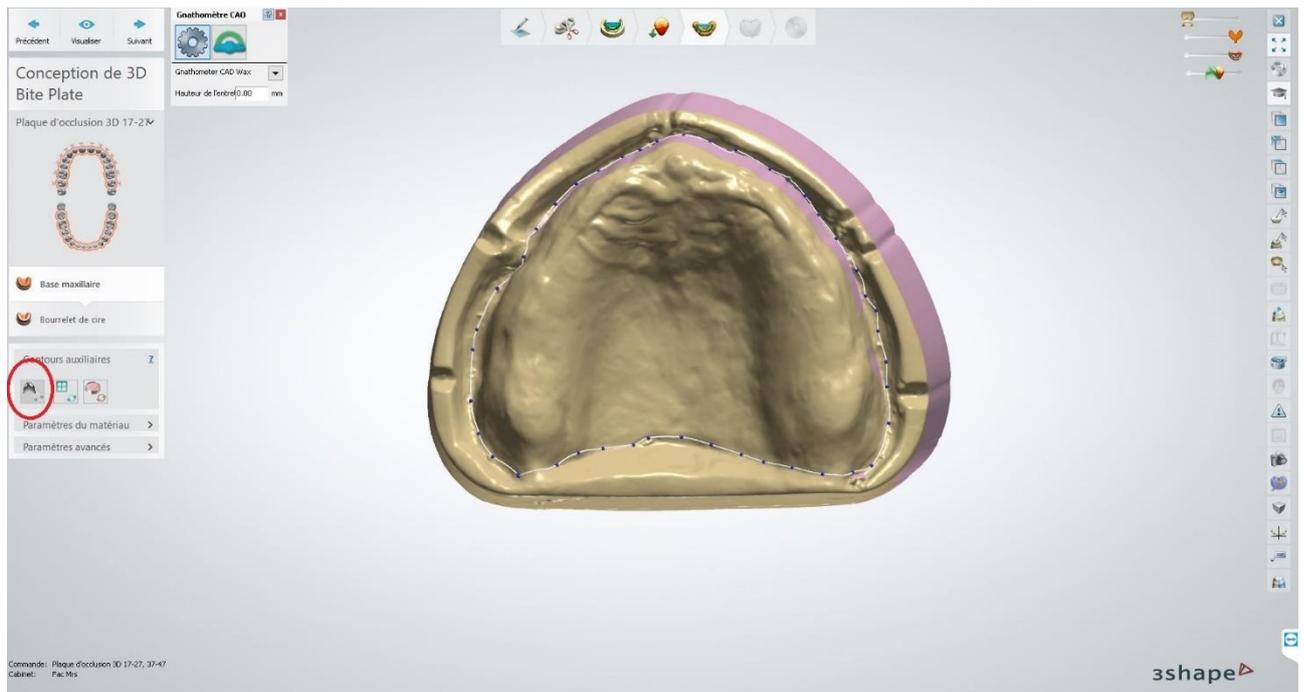
1. Détermination de l'axe d'insertion

A partir des modèles numérisés, le logiciel demande de sélectionner la longueur d'arcade sur laquelle va être réalisé la conception 3D (Figure 47, schéma d'arcades sur la gauche). Il propose un axe d'insertion du projet prothétique, ici laissé arbitrairement sur la valeur par défaut. Un pointeur bleu permet de visualiser cet axe et une fenêtre permet de modifier sa valeur. En violet sur les images suivantes apparaîtront les zones de contre-dépouille basées sur cet axe d'insertion.

2. Tracé des limites du PEI

Le logiciel demande ensuite de déterminer les limites du PEI. Cette étape est effectuée avec l'outil de tracé (entouré en rouge sur la Figure 47), point par point, jusqu'à revenir à celui de départ pour fermer le polygone.

Les repères sont placés au fond du vestibule. La mobilisation du modèle dans les 3 plans de l'espace permet d'apprécier le positionnement correct du repère disposé.



*Figure 48 : Tracé des limites du PEI maxillaire, vue occlusale
Le tracé blanc avec repères (points bleus) correspond aux limites du PEI, les zones violettes correspondent aux contre-dépouilles énoncées précédemment.*

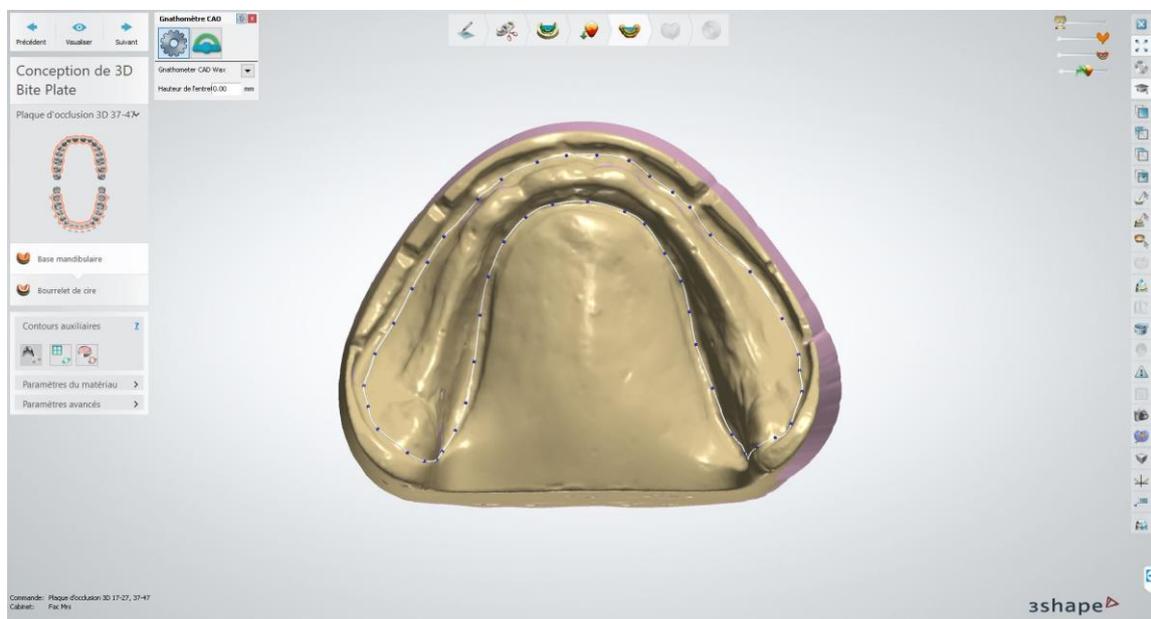


Figure 49 : Tracé des limites du PEI mandibulaire, vue occlusale

3. Modélisation de la plaque Base

En cliquant sur « Suivant » (en haut à gauche), le logiciel matérialise la plaque base dont les limites correspondent au tracé ultérieur.

A gauche, dans les onglets de paramétrage (« Paramètres du matériau ») nous pouvons régler l'épaisseur de la plaque base.

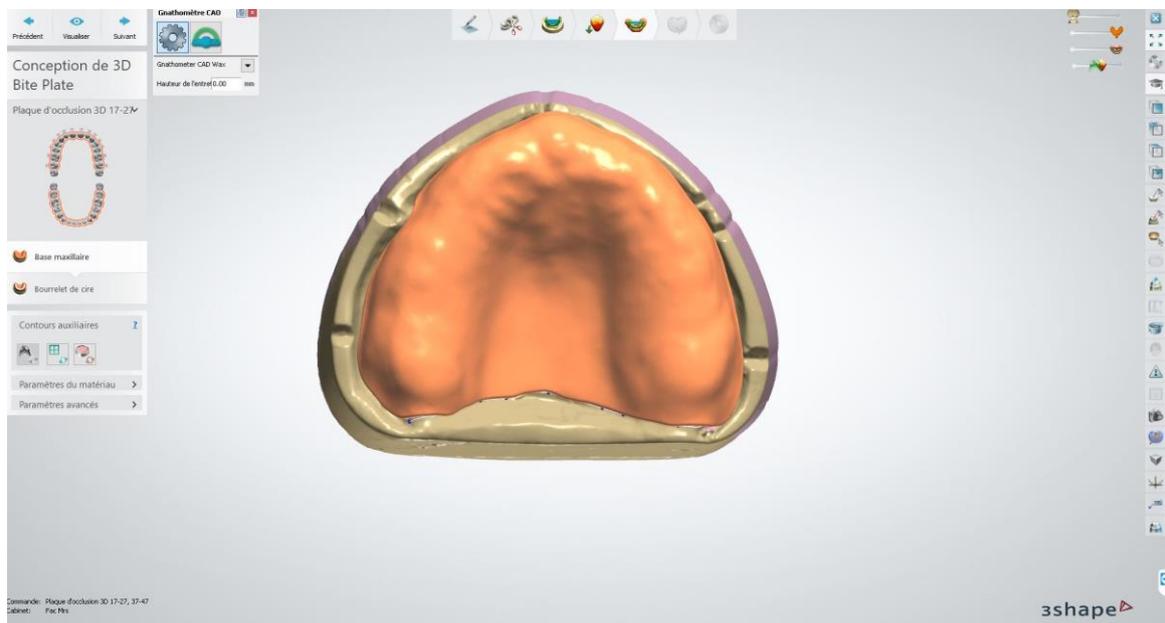


Figure 50 : Modélisation de la plaque base maxillaire, vue occlusale

4. Choix du type de SAD, réglages

Il est possible dans cette étape de choisir le type de SAD, (Figure , entouré en rouge), avant les étapes de finition du SAD (Figure , entouré en rouge)

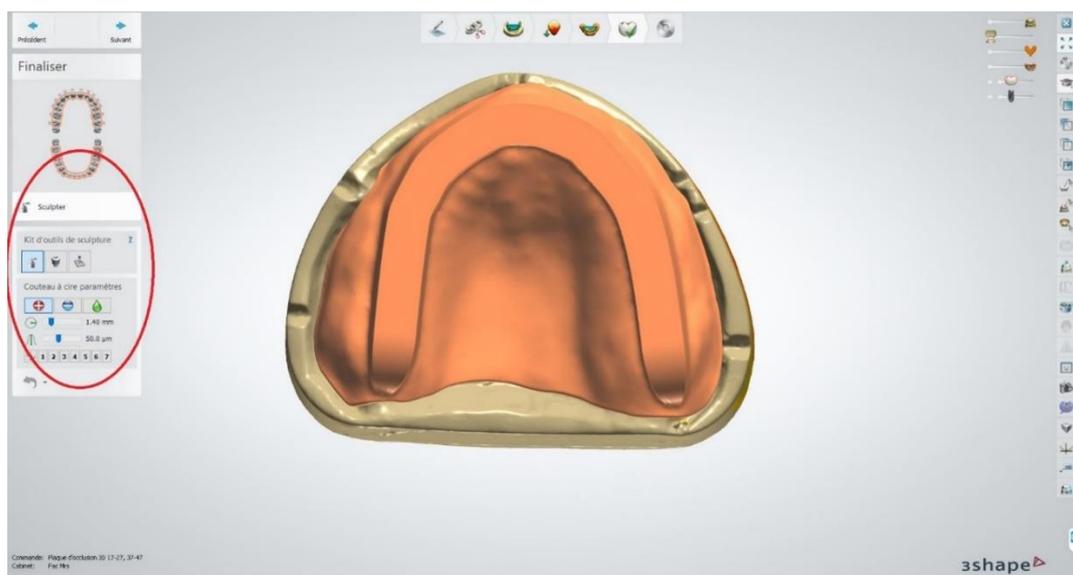


Figure 51 : Modélisation du SAD maxillaire, vue occlusale
Le SAD est paramétré ici sur le type « 3DBitePlateWaxRim »

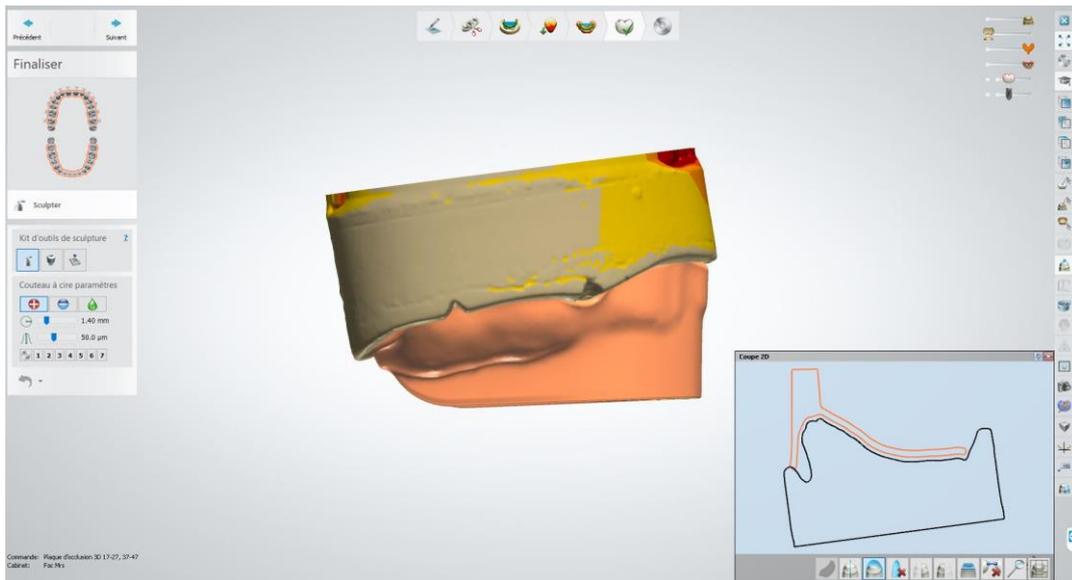


Figure 52 : Modélisation du SAD maxillaire, vue latérale avec coupe sagittale

Le SAD est paramétré ici sur le type « 3DBitePlateWaxRim », on note l'axe du modèle (axe d'insertion) sur la coupe sagittale avec la contre-dépouille aménagée au niveau vestibulaire de la crête antérieure

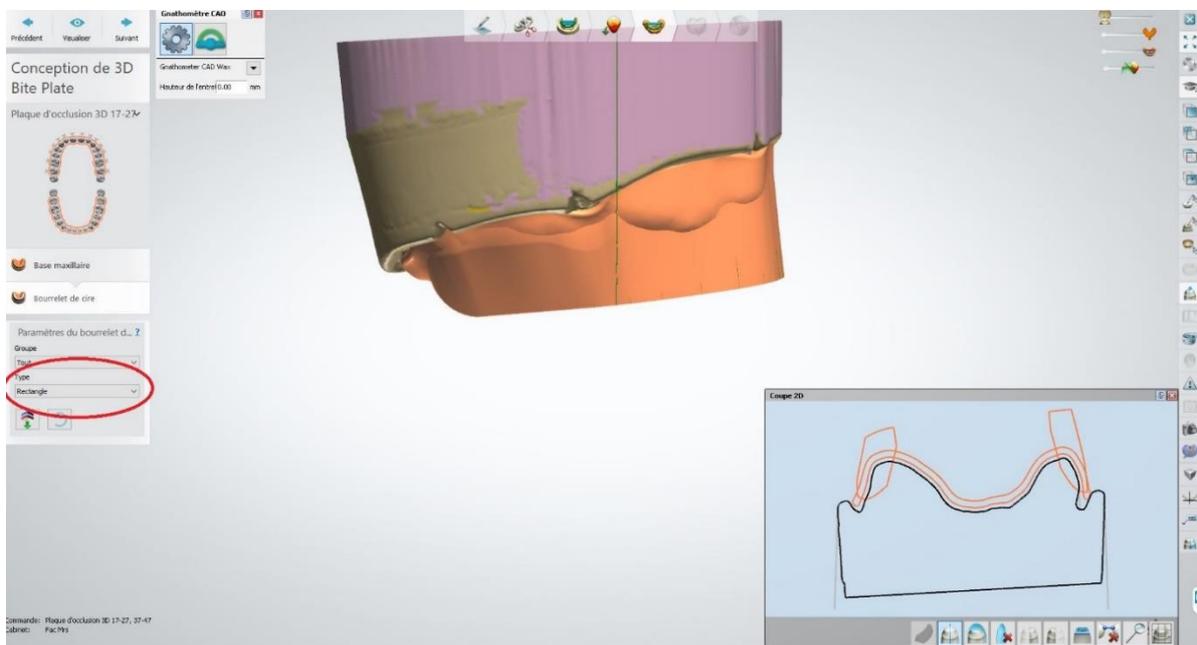


Figure 53 : Modélisation du SAD maxillaire, vue latérale avec coupe frontale

Ici le SAD est paramétré sur le type « Rectangle »

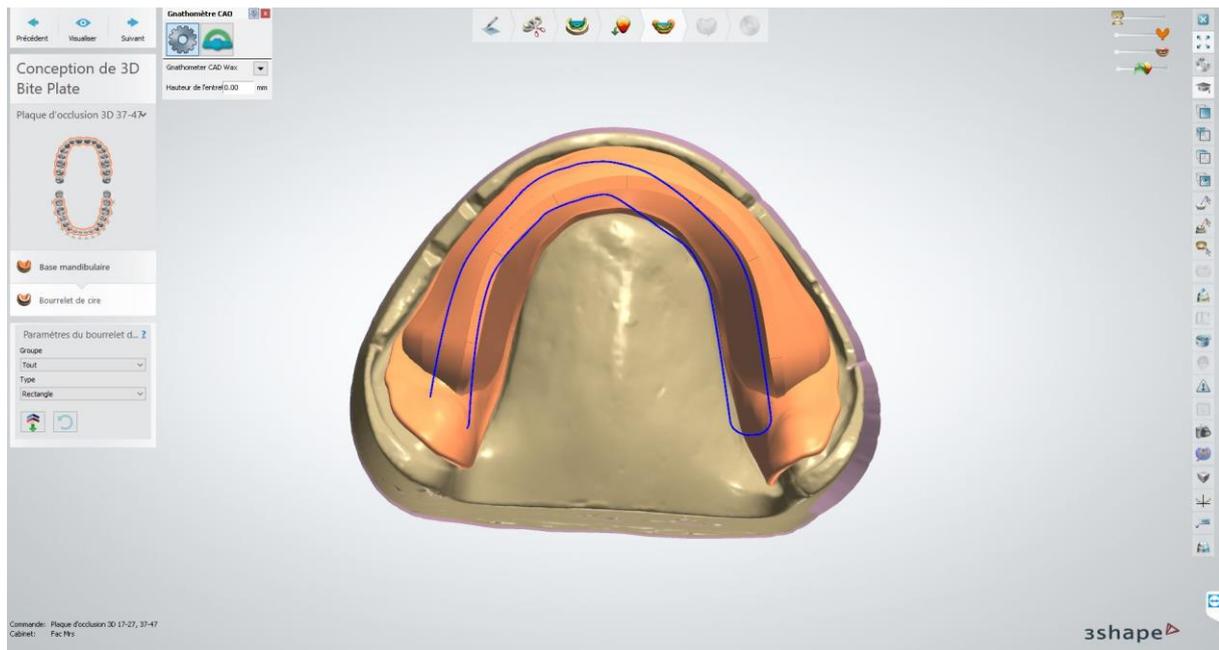


Figure 54 : Modélisation du SAD mandibulaire, vue occlusale

Le SAD est paramétré ici sur le type « Rectangle », et le tracé bleu correspond à la partie occlusale du SAD maxillaire, lors du paramétrage du SAD mandibulaire pour prévisualiser la confrontation occlusale des SAD

Note : A ce stade, le SAD maxillaire était configuré en « Rectangle » avec une forme personnalisée

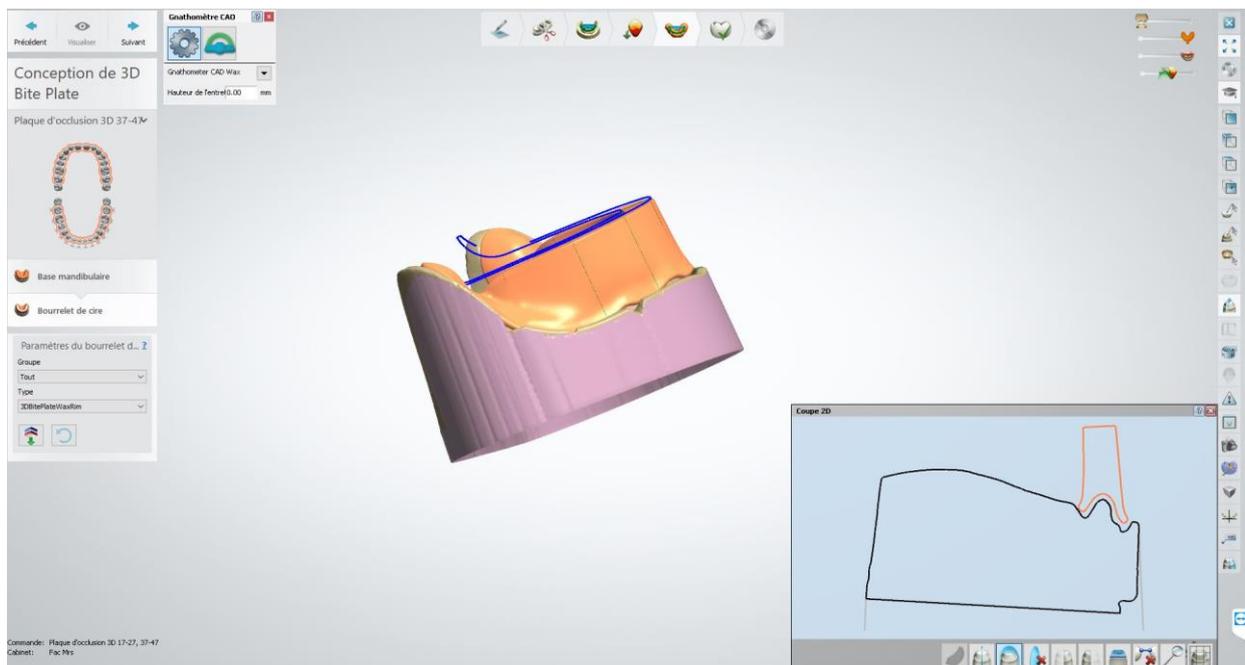
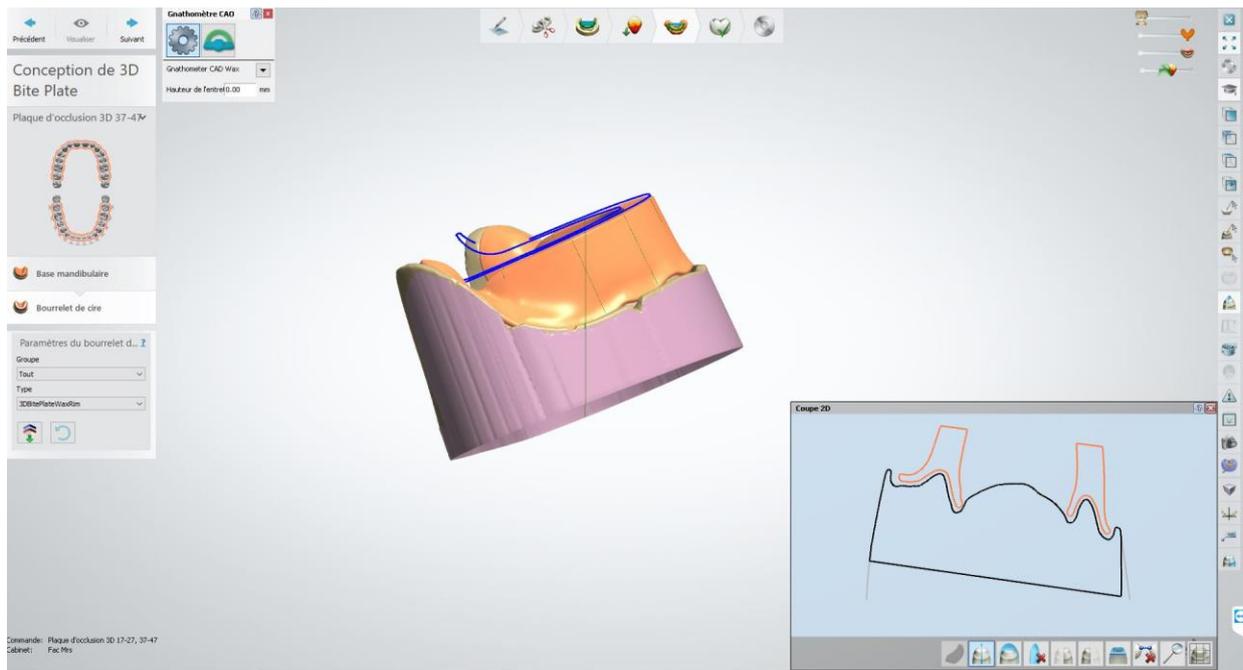
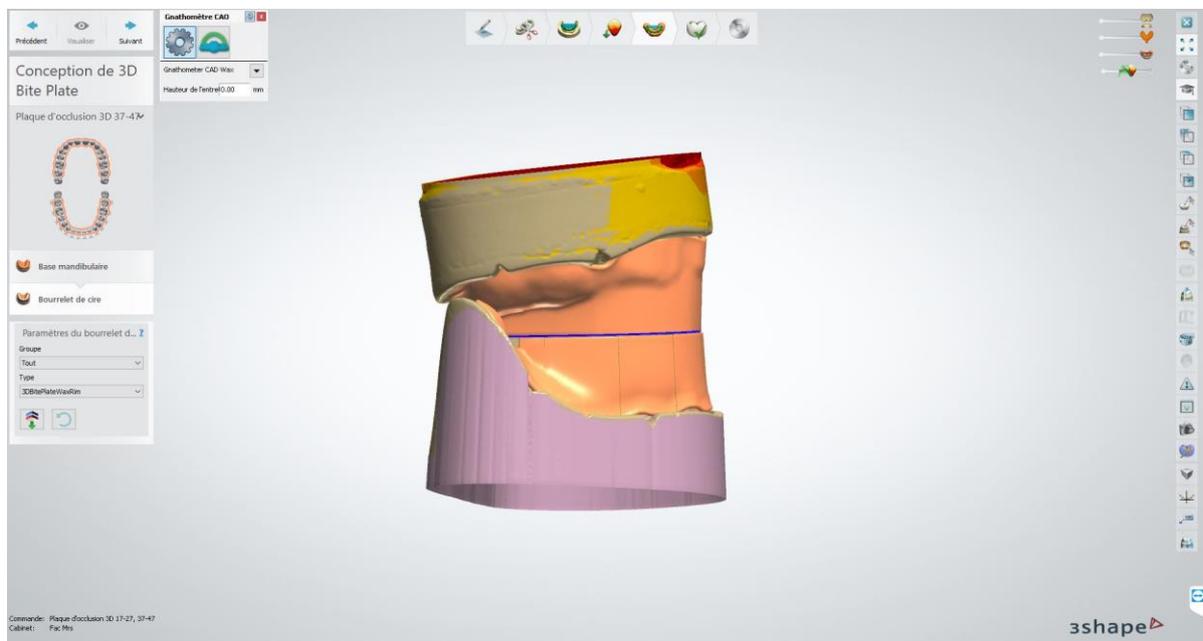


Figure 55 : Modélisation du SAD maxillaire, vue latérale avec coupe sagittale
Le SAD est paramétré ici sur le type « 3DBitePlateWaxRim »



*Figure 56 : Modélisation du SAD mandibulaire, vue latérale avec coupe frontale
Le SAD est paramétré ici sur le type « 3DBitePlateWaxRim »*

5. Affichage de la relation intermaxillaire par contact des faces occlusales des SAD



*Figure 57 : Relation intermaxillaire des modèles par rapport au plan occlusal des SAD
(visible en bleu), vue latérale*

Les SAD sont paramétrés sur le type « 3DBitePlateWaxRim »

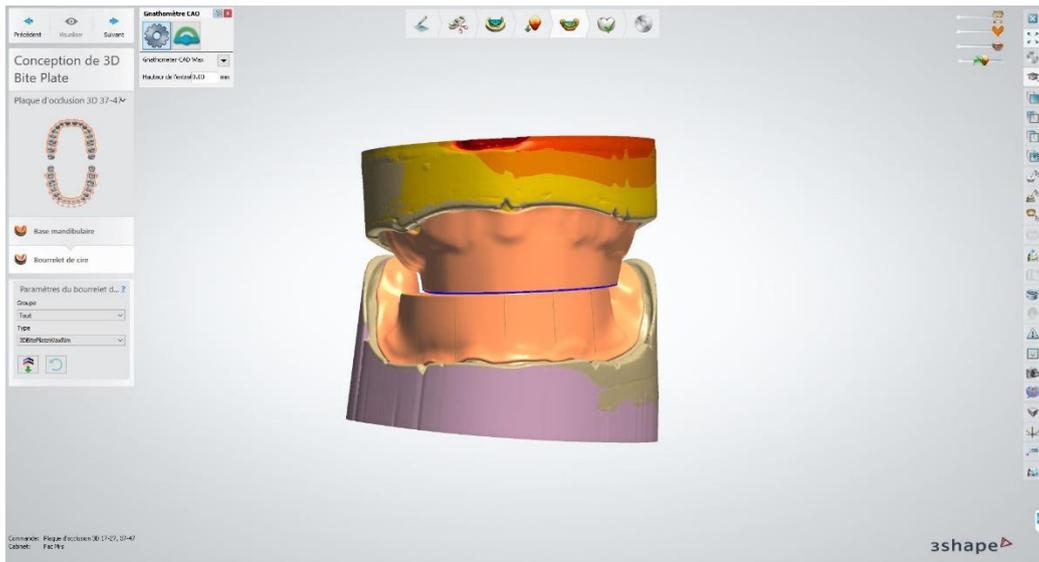


Figure 58 : Relation intermaxillaire des modèles par rapport au plan occlusal des SAD, vue antérieure

6. Fin de conception

A la fin de la conception, le logiciel présente la modélisation terminée. La nature du travail effectué est visible à gauche (entouré en rouge).

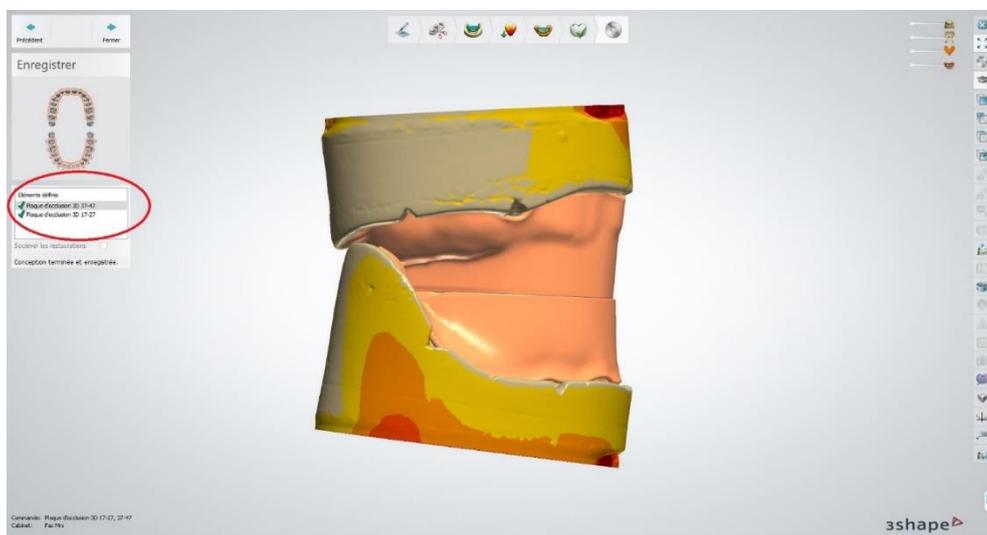


Figure 59 : Validation du projet, vue latérale

7. Enregistrement du fichier

On retrouve dans un des dossiers systèmes du logiciel les fichiers enregistrés au format STL. Ceux-ci sont transférés sur une clé USB, vers l'ordinateur de destination où est installé le logiciel de FAO.

8. L'imprimante

L'imprimante utilisée ici est la Form 3 de Formlabs.

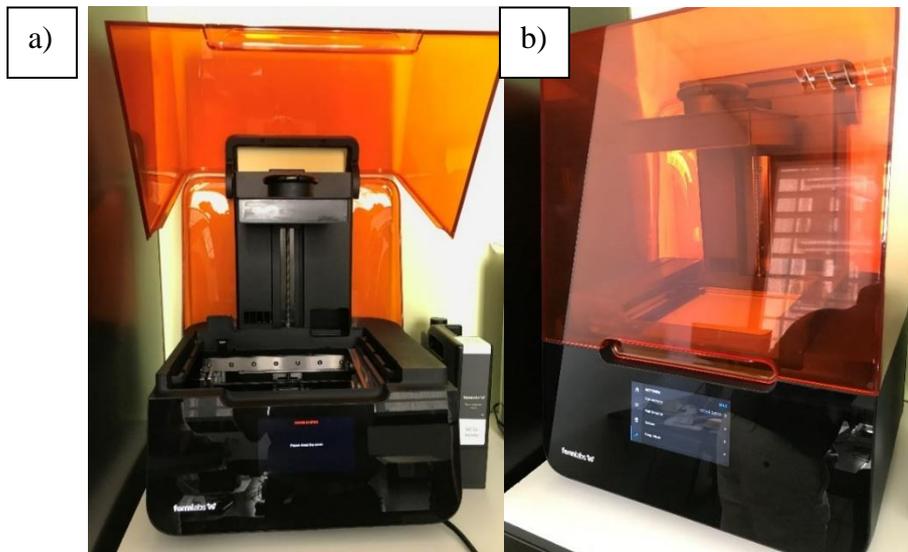


Figure 60 : Form 3 de Formlabs (a) Imprimante ouverte, sans cuve, (b) Imprimante fermée, cuve de résine visible (fond blanc)

9. Programmation de l'impression

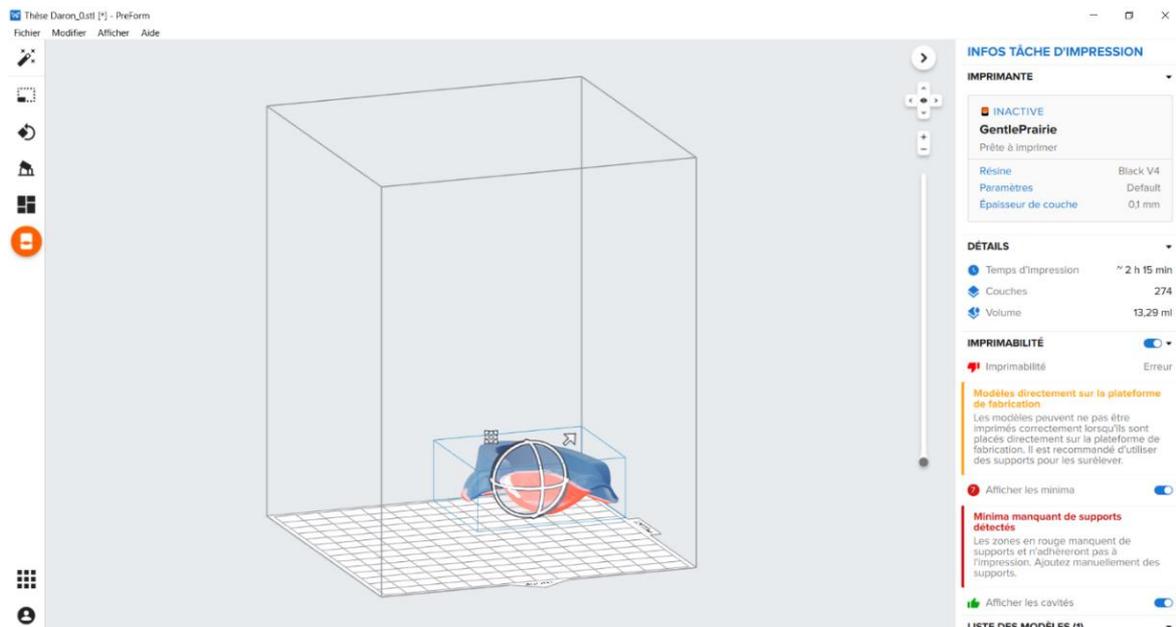


Figure 61 : Orientation du PEI sur le plateau, avec variables de Temps d'impression, Couches et Volume de résine utilisée visibles à droite

Le but de cette étape est de trouver une orientation (Figure 61, sphère blanche sur le PEI) afin de minimiser le nombre de couches, ce qui diminuera le temps d'impression. Le volume dépendra aussi des supports placés sur le PEI.

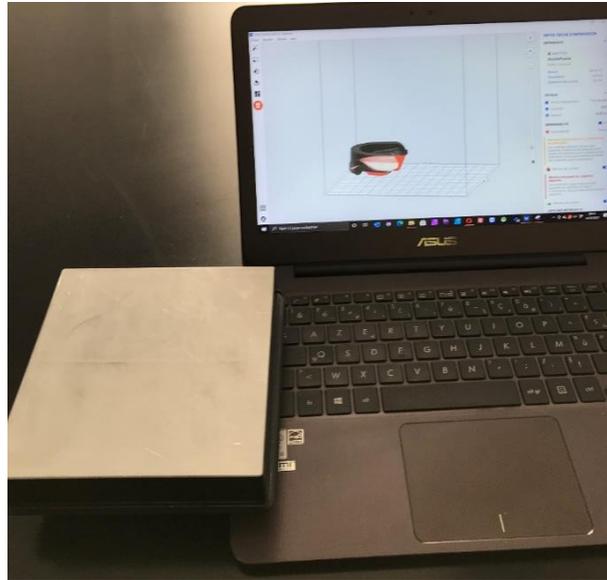


Figure 62 : Planification de l'impression, (le plan quadrillé sur ordinateur représente le plateau (à gauche), dont la partie supérieure ici est vers le bas une fois raccordé à l'imprimante)

C'est le principe de SLA inversée, de haut en bas (comme présenté sur la Figure 44).

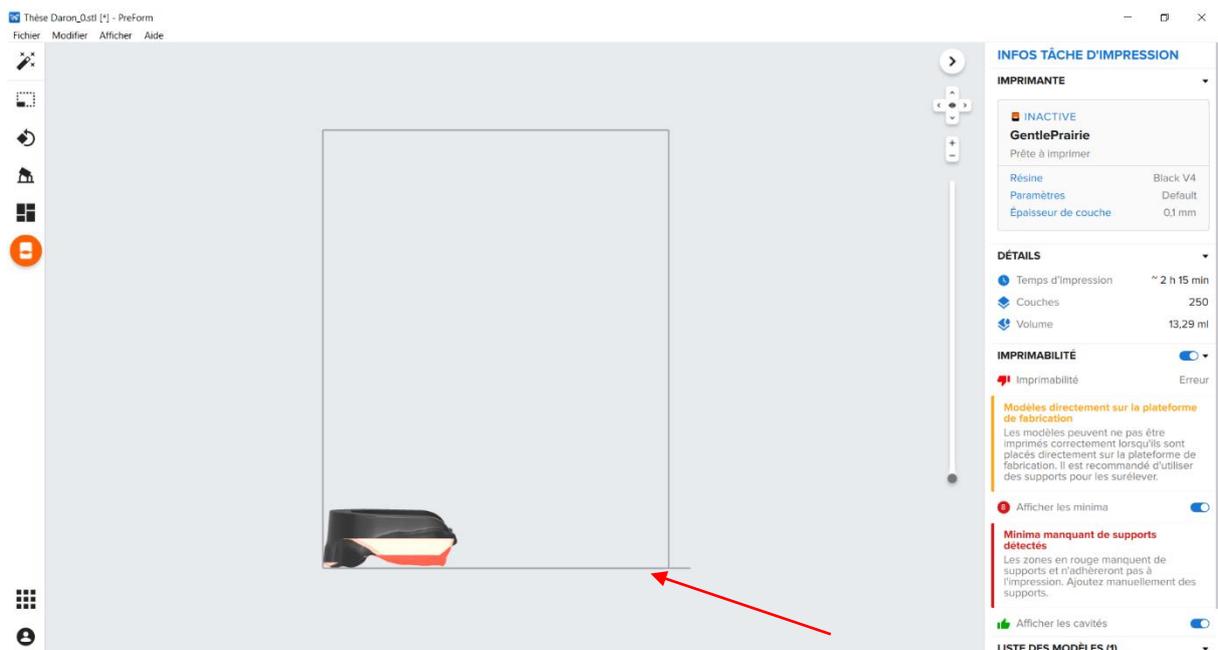


Figure 63 : Vue latérale du projet positionné sur le plateau (indiqué par la flèche rouge)

La partie rouge du PEI (Figures 60, 62) nécessite la mise en place de support car non soutenue directement par le plateau lors de l'impression (visible sur la Figure 63, espace entre le plateau et le PEI). Notons que le PEI est orienté « intrados vers le plateau » par le logiciel. Une saisie manuelle est nécessaire pour orienter le modèle 3D « extrados vers le plateau », par une icône de rotation (Figure 64).

Une fois le PEI correctement positionné, la génération automatique des supports d'impression est demandée (Figure 65).

Ces supports placés sur le PEI :

- Au niveau de l'extrados évitent une perte de précision lors du détachement de ces soutiens
- De manière à présenter un appui suffisant pour que la résine du PEI ne s'affaisse pas lors de la fabrication
- L'inclinaison du PEI facilitera également son impression, au niveau des couches de PMMA formées mais aussi au niveau du temps nécessaire.

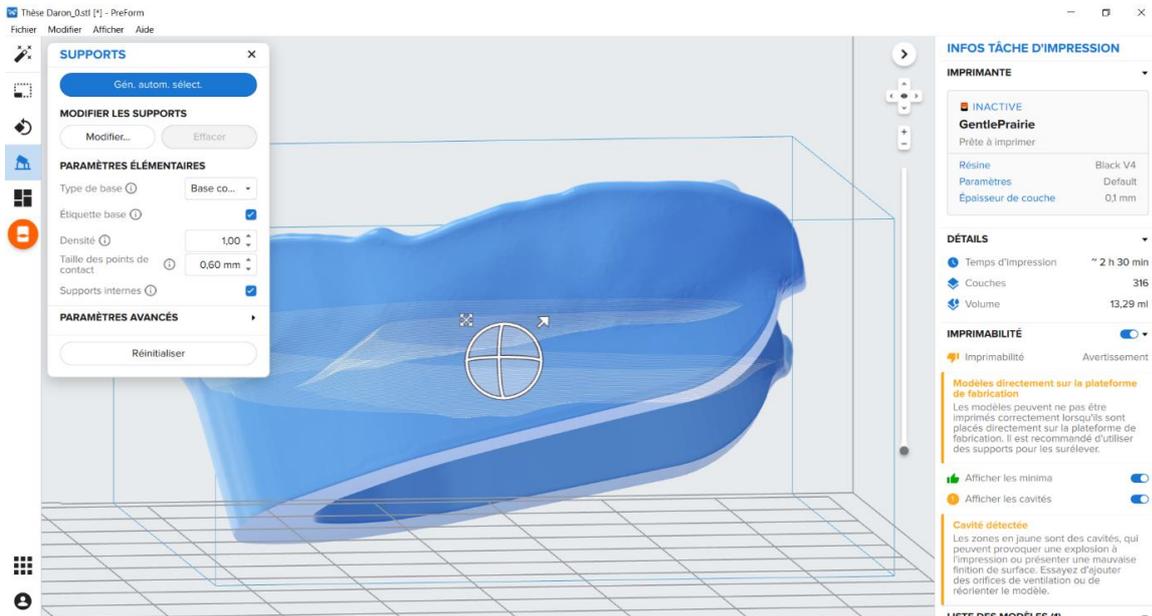


Figure 64 : Vue latérale du PEI, extrados vers le plateau, avant génération des supports. Icône de rotation visible au centre du PEI (sphère sur l'image)

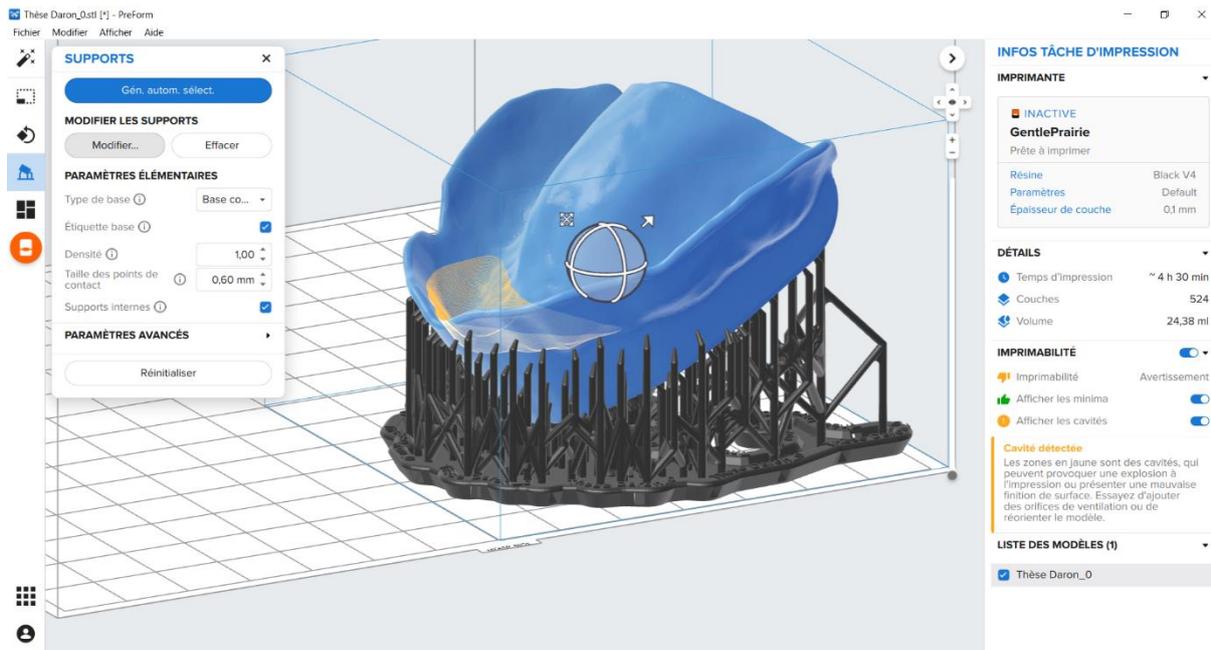


Figure 65 : Supports générés automatiquement par l'ordinateur, sur l'extrados du PEI

Les supports sont placés sur le PEI, mais il est possible de les modifier si certains d'entre eux sont placés dans l'intrados. Il est possible de réorienter le projet afin de diminuer le nombre de tiges mais surtout le temps d'impression.

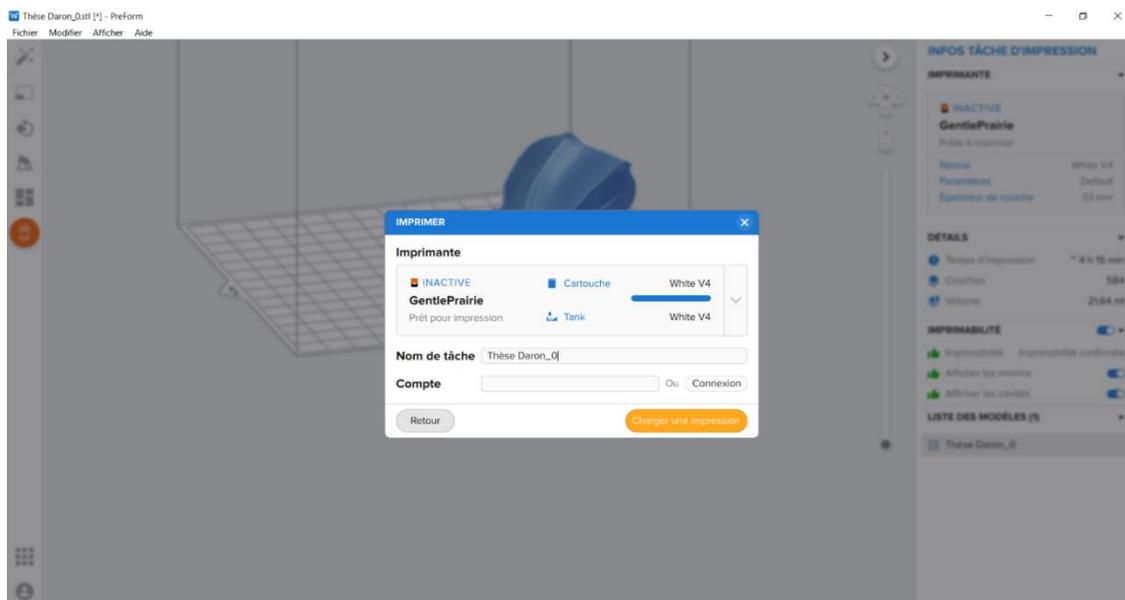


Figure 66 : Validation de la planification, chargement de l'impression

10. PEI Imprimé

1. *Avant finitions*

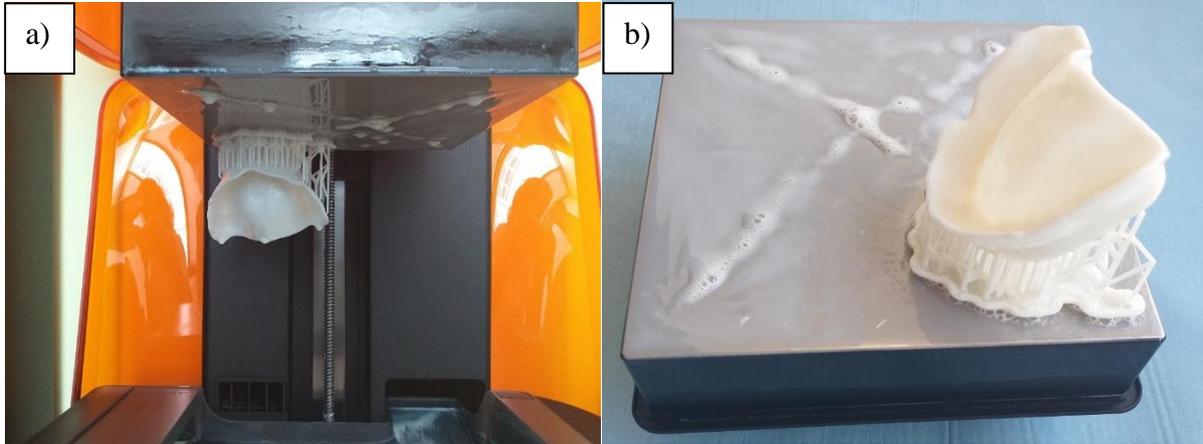


Figure 67 : PEI imprimé avec supports sur plateau de construction (a) vue dans l'imprimante, (b) plateau sorti de la machine

Le PEI est décollé assez facilement du plateau avec un racleur, et les tiges sont rapidement détachées à l'aide d'une pince.

Le PEI est immergé dans un bain d'isopropanol hautement concentré pour lever l'enduit résineux non polymérisé en surface, à l'aide d'une brosse.

2. *Après finitions*



Figure 68 : PEI imprimé 3D, vue occlusale



Figure 69 : PEI imprimé 3D, vue latérale



Figure 70 : PEI imprimé 3D sur le moulage de référence, vue occlusale

VI. Conclusion

Le rappel des conditions anatomiques et biologiques montre la complexité de l'enregistrement des SAP de l'édenté total.

Ce travail permet de mettre en pratique le protocole de réalisation CFAO et les difficultés inhérentes à chaque étape de fabrication d'un PEI, ici en PMMA par méthode additive type SLA.

Le logiciel choisi pour la CAO (3Shape Dental System) respecte les étapes de réalisation d'un PEI de manière conventionnelle. Le logiciel de FAO choisi (Preform de Formlabs) permet la fabrication de ce dispositif.

Plusieurs points seront à relever concernant la réalisation du PEI :

- Les propriétés mécaniques du PEI : - rigidité
 - précision
 - état de surface
- Les possibilités d'évolution en PTA (en fonction des critères cliniques)
- L'aspect économique (temps de fabrication, investissements système informatique et consommable)

Le temps de fabrication avec le flux numérique utilisé (CAO – Impression SLA) reste un aspect contraignant de la CFAO, car plus long que le temps de réalisation d'un PEI manufacturé (une dizaine de minutes contre plusieurs heures pour une imprimante). La SLA fonctionne selon un mode de photopolymérisation réalisé par un laser, point par point. Un procédé type DLP (Imprimante ASIGA MAX, type stéréolithographie) utilisant cette fois-ci un faisceau lumineux plus large permet une polymérisation par couches, donc plus rapide que la SLA (dizaine de minutes pour DLP contre plusieurs heures pour SLA) (57). Cette caractéristique d'impression permet de palier à ce défaut.

Le coût de production d'un PEI par CFAO reste plus élevé qu'un PEI conventionnel (de l'ordre de quelques euros selon les valeurs commerciales).

Les conditions de fabrication numérique sont donc codifiées et permettent l'obtention d'un dispositif prothétique dont l'utilisation clinique doit faire l'objet d'une étude.

L'utilisation d'un flux de travail numérique pour les prothèses complètes rentre dans une pratique courante, avec des technologies de CFAO.

Il n'est cependant toujours pas possible de s'affranchir du PEI car l'empreinte optique ne prend pas en compte les capacités de résilience muqueuse. La numérisation de l'empreinte primaire ou du moulage reste nécessaire pour réaliser un PEI et une empreinte anatomo-fonctionnelle.

VII. Bibliographie

1. DPC en ligne « Prise en charge de la personne âgée en odontologie » [Internet]. [cité 10 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.adf.asso.fr/articles/dpc-en-ligne-prise-en-charge-de-la-personne-agee-en-gerodontologie>
2. Polzer I. Edentulism as part of the general health problems of elderly adults*. *International Dental Journal*. 2010;60:13.
3. Hüe O, Berteretche M-V. Prothèse complète: réalité clinique, solutions thérapeutiques. Quintessence International. Paris: Quintessence international; 2004. 292 p.
4. Koga DH, Salvajoli JV, Alves FA. Dental extractions and radiotherapy in head and neck oncology: review of the literature. *Oral Dis*. janv 2008;14(1):40-4.
5. Habib G, Hoen B, Tornos P, Thuny F, Prendergast B, Vilacosta I, et al. Guidelines on the prevention, diagnosis, and treatment of infective endocarditis (new version 2009): the Task Force on the Prevention, Diagnosis, and Treatment of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) and the International Society of Chemotherapy (ISC) for Infection and Cancer. *Eur Heart J*. oct 2009;30(19):2369-413.
6. Avila G, Galindo-Moreno P, Soehren S, Misch CE, Morelli T, Wang H-L. A novel decision-making process for tooth retention or extraction. *J Periodontol*. mars 2009;80(3):476-91.
7. Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, Flores MT, O'Connell AC, Day PF, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dent Traumatol*. août 2020;36(4):314-30.
8. Kawai Y, Murakami H, Shariati B, Klemetti E, Blomfield JV, Billette L, et al. Do traditional techniques produce better conventional complete dentures than simplified techniques? *Journal of Dentistry*. sept 2005;33(8):659-68.
9. Sanjeevan V, Rajagopal P, Venkitachalam R, Aras M. Efficiency of simplified versus traditional denture fabrication methods: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. sept 2020;S0022391320304030.
10. Regis RR, Cunha TR, Vecchia MPD, Ribeiro AB, Silva-Lovato CH, Souza RF de. A randomised trial of a simplified method for complete denture fabrication: patient perception and quality. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2013;40(7):535-45.
11. Nuñez MCO, Silva DC, Barcelos BA, Leles CR. Patient satisfaction and oral health-related quality of life after treatment with traditional and simplified protocols for complete denture construction. *Gerodontology*. 2015;32(4):247-53.

12. de Villa Camargos G, Armenine TE, Paleari AG, Nascimento GMO, Munhoz MFV. Teaching Complete Denture Procedures to Dental Students by Conventional or Simplified Methods: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Dental Education*. mars 2019;83(3):303-13.
13. Jo A, Kanazawa M, Sato Y, Iwaki M, Akiba N, Minakuchi S. A randomized controlled trial of the different impression methods for the complete denture fabrication: Patient reported outcomes. *Journal of Dentistry*. août 2015;43(8):989-96.
14. Paulino MR, Alves LR, Gurgel BCV, Calderon PS. Simplified versus traditional techniques for complete denture fabrication: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. janv 2015;113(1):12-6.
15. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1 mai 2017;117(5):e1-105.
16. Teoli D, Bhardwaj A. Quality Of Life. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [cité 5 juin 2021]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536962/>
17. Huguier M, Boëlle P-Y. Biostatistiques pour le clinicien [Internet]. Paris: Springer Paris; 2013 [cité 30 juin 2021]. 294 p. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-2-8178-0464-4>
18. Haidich AB. Meta-analysis in medical research. *Hippokratia*. déc 2010;14(Suppl 1):29-37.
19. Médecine fondée sur les faits. Evidence-Based Medicine 3e édition - avec 1 Cédérom - Sharon E. Straus, W. Scott Richardson, Paul Glasziou, R Brian Haynes [Internet]. Elsevier Masson. 2007 [cité 30 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.decitre.fr/livres/medecine-fondee-sur-les-faits-9782842997731.html>
20. Giraud D. Technique d’empreinte primaire en prothèse adjointe totale [Thèse d’exercice]. [2012-....., France]: Aix-Marseille Université. Faculté d’Odontologie; 2012.
21. Christen U-VITA System. Guide de Prothèse Complète [Internet]. 2010 [cité 5 sept 2021]. 149 p. Disponible sur: <https://docplayer.fr/44066035-Guide-de-prothese-complete.html>
22. Netter FH, Dalley AF, Kamina P. Atlas d’anatomie humaine. 2e édition. Paris Terterboro (N.J.): Masson Icon Learning Systems; 2002.
23. Farcot J. Numérisation de l’empreinte primaire en prothèse adjointe totale [Thèse d’exercice]. [Marseille]: Aix-Marseille Université. Faculté d’Odontologie; 2018.
24. Jaudoin P, Millet C, Misfud S. Empreintes en Prothèse Complète. Elsevier Masson SAS Paris; 2006. (Encycl Méd Chir).
25. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg*. août 1988;17(4):232-6.
26. Lejoyeux J. Prothèse complète. 2e édition. Paris: Maloine; 1973. 489 p.

27. Landa JS. Trouble shooting in complete denture prosthesis: Part I. Oral mucosa and border extension. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1 nov 1959;9(6):978-87.
28. B.-E. Preckel, O. Hüe. Anatomie et physiologie de l'édenté total, EMC - Médecine buccale. 2019;17.
29. Taïeb F, Carpentier P. [Anatomy of the maxillary and mandibular retromolar area: effect on complete dentures. 2. The mandibular retromolar region]. *Cah Prothese*. sept 1989;(67):112-9.
30. Atwood DA. Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *J Prosthet Dent*. sept 1971;26(3):266-79.
31. Anne-Solenne B. Les empreintes secondaires et complémentaires en prothèse amovible totale [Thèse d'exercice]. [Nantes, France]: Université de Nantes; 2012.
32. Mekayssi R, Regragui A, Merzouk N. La résorption osseuse sévère au niveau mandibulaire : comment traiter simple ? *Actual Odonto-Stomatol*. nov 2017;(286):4.
33. Yeh Y-L, Pan Y-H, Chen Y-Y. Neutral zone approach to denture fabrication for a severe mandibular ridge resorption patient: Systematic review and modern technique. *Journal of Dental Sciences*. déc 2013;8(4):432-8.
34. Budtz-Jørgensen E, Clavel R. La prothèse totale: théorie, pratique et aspects médicaux. Paris Milan Barcelone: Masson; 1995. (Manuels d'odontostomatologie).
35. Xiao M, Den J. [Effect of complete dentures on the blood flow and blood cell velocity of alveolar mucosal microcirculation]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. août 1997;15(3):220-2.
36. Exbrayat J, Borel J-C, Schittly J. MANUEL DE PROTHESE PARTIELLE AMOVIBLE [Internet]. 2ème édition. France: Elsevier Masson; 1997 [cité 11 mars 2021]. 184 pages. Disponible sur: <https://www.decitre.fr/livres/manuel-de-prothese-partielle-amovible-9782225843792.html>
37. Leprince J, Leloup G, Vreven J, Weiss P, Raskin A. Polymères et résines composites. /data/traites/mb/28-53727/ [Internet]. 23 déc 2016 [cité 12 juin 2021]; Disponible sur: <http://81.252.244.170/article/1098184>
38. Al-Mulla MAS, Huggett R, Brooks SC, Murphy WM. Some physical and mechanical properties of a visible light-activated material. *Dental Materials*. 1 août 1988;4(4):197-200.
39. Raskin A. Les résines composites [Internet]. Société Francophone de biomatériaux dentaires; 2009 [cité 5 sept 2021]. Disponible sur: <http://campus.cerimes.fr/media/disquemiroir/2015-06-09/UNF3Smiroir/campus-numeriques/odontologie/enseignement/chap10/site/html/1.html>
40. Abdullah MA, Talic YF. The effect of custom tray material type and fabrication technique on tensile bond strength of impression material adhesive systems: CUSTOM TRAY ADHESIVE AND IMPRESSION RETENTION. *Journal of Oral Rehabilitation*. mars 2003;30(3):312-7.

41. Martinez LJ, Fraunhofer JA. The Effects of Custom Tray Material on the Accuracy of Master Casts. *J Prosthodontics*. juin 1998;7(2):106-10.
42. Pompignoli M, Raux D, Doukhan J-Y. Prothèse complète: clinique et laboratoire. 5e édition [revue et mise à jour]. Rueil-Malmaison: Éditions CdP; 2017. 201 p. (Guide clinique).
43. Naser B, Postaire M. [Elastomers and peripheral seal in complete maxillary dentures]. *Cah Prothese*. sept 1991;(75):46-56.
44. Dubertrand M. Empreintes en prothèse amovible complète conventionnelle: historique et état des lieux [Thèse d'exercice]. [Nice, France]: Université de Nice; 2018.
45. Martins F, Branco P, Reis J, Barbero Navarro I, Maurício P. Dimensional stability of two impression materials after a 6-month storage period. *Acta Biomater Odontol Scand*. 14 nov 2017;3(1):84-91.
46. Skinner EW, Ziehm HW. Some physical properties of zinc oxide-eugenol impression pastes. *J Am Dent Assoc*. oct 1950;41(4):449-55.
47. Sedda M, Casarotto A, Raustia A, Borracchini A. Effect of storage time on the accuracy of casts made from different irreversible hydrocolloids. *J Contemp Dent Pract*. 1 mai 2008;9(4):59-66.
48. Ismail HA, Mahross HZ, Shikho S. Evaluation of dimensional accuracy for different complete edentulous impressions immersed in different disinfectant solutions. *Eur J Dent*. 2017;11(2):242-9.
49. Meththananda IM, Parker S, Patel MP, Braden M. The relationship between Shore hardness of elastomeric dental materials and Young's modulus. *Dental Materials*. 1 août 2009;25(8):956-9.
50. Tomita Y, Uechi J, Konno M, Sasamoto S, Iijima M, Mizoguchi I. Accuracy of digital models generated by conventional impression/plaster-model methods and intraoral scanning. *Dental Materials Journal*. 26 juill 2018;37(4):628-33.
51. Lo Russo L, Caradonna G, Troiano G, Salamini A, Guida L, Ciavarella D. Three-dimensional differences between intraoral scans and conventional impressions of edentulous jaws: A clinical study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. févr 2020;123(2):264-8.
52. Perus PC. Réalisation de PEI chez un patient édenté total en utilisant des logiciels open source : à propos d'un cas [Thèse d'exercice]. [Lille]: UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE 2, Faculté de Chirurgie Dentaire; 2017.
53. Bilgin MS, Erdem A, Aglarci OS, Dilber E. Fabricating Complete Dentures with CAD/CAM and RP Technologies. *Journal of Prosthodontics*. 2015;24(7):576-9.
54. ⇒ Fichiers 3D et logiciels de modélisation 3D pour l'impression 3D [Internet]. PRIMANTE3D. [cité 8 mai 2021]. Disponible sur: <http://www.primante3d.com/modeliser/>

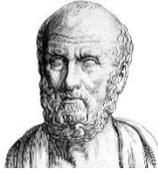
55. The Ultimate Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing [Internet]. Formlabs. [cité 26 juin 2021]. Disponible sur: <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>
56. Yoon H-I, Hwang H-J, Ohkubo C, Han J-S, Park E-J. Evaluation of the trueness and tissue surface adaptation of CAD-CAM mandibular denture bases manufactured using digital light processing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. déc 2018;120(6):919-26.
57. Xu Y, Huettig F, Schille C, Schweizer E, Geis-Gerstorfer J, Spintzyk S. Peel bond strength between 3D printing tray materials and elastomeric impression/adhesive systems: A laboratory study. *Dental Materials*. juill 2020;36(7):e241-54.

VIII. Table des figures et tableaux

Figure 1 : Séquences de traitement selon choix d'un protocole conventionnel ou simplifié (8), traduction de la version anglaise	2
Figure 2 : Courbe des performances organiques moyennes d'un individu en fonction de l'âge4	
Figure 3 : Os Maxillaire, vue latérale (21).....	5
Figure 4 : Composante Osseuse de la voute palatine, vue endobuccale (22)	6
Figure 5 : « Réduction » de l'arc maxillaire (21).....	7
Figure 6 : Description selon « Nagle and Sears » de la résorption du maxillaire après extractions dentaires (24).....	8
Figure 7 : Classification de Zarb et Leckholm, au maxillaire (3)	8
Figure 8 : Classification de Cawood au maxillaire, (A) Maxillaire antérieur, (B) Maxillaire postérieur (25).....	9
Figure 9 : Identification des éléments anatomiques de l'arcade édentée maxillaire (26).....	10
Figure 10 : Représentation schématique des types de connection palais dur / palais mou (26)	11
Figure 11 : Eléments anatomiques remarquables de la surface d'appui en relation avec la prothèse maxillaire (26).....	12
Figure 12 : Cadre osseux cavité buccale, Os maxillaire face jugale et mandibule (28).....	13
Figure 13 : Représentation schématique du couloir prothétique maxillaire, coupe sagittale (26), le couloir prothétique est mis en évidence par le tracé noir	14
Figure 14 : Représentation schématique du couloir prothétique maxillaire, coupe frontale (26), le couloir prothétique est mis en évidence par le tracé noir.....	14
Figure 15 : Eléments anatomiques remarquables de l'os mandibulaire, version édenté total (29)	15
Figure 16 : « Elargissement » de l'arc mandibulaire (21)	16
Figure 17 : Description selon « Nagle and Sears » de la résorption de la mandibule après extractions dentaires (24).....	16
Figure 18 : Classification de Zarb et Leckholm (3)	16
Figure 19 : Classification de Cawood à la mandibule, (A) Partie antérieure jusqu'au foramen mentonnier, (B) Partie postérieure jusqu'au foramen mentonnier (25)	17
Figure 20 : Classification d'Atwood : phases d'évolution de la crête antérieure à la suite d'extractions (30)	17
Figure 21 : Identification des éléments anatomiques de l'arcade édentée mandibulaire (26)..	18
Figure 22 : Eléments anatomiques remarquables de la surface d'appui en relation avec la prothèse mandibulaire (31)	19
Figure 23 : Mandibule, anatomie et insertions musculaires, faces latérale et médiale (28).....	20
Figure 24 : Représentation schématique du couloir prothétique, coupe sagittale (26)	21
Figure 25 : Représentation schématique du couloir prothétique, coupe frontale (26)	21
Figure 26 : Modification des relations entre les crêtes résiduelles dues à la résorption centripète maxillaire et à la résorption centrifuge de la mandibule, coupe transversale (34)...	22
Figure 27 : Coupe coronale de la cavité buccale, effets de la résorption sur les rapports intermaxillaires (28)	22
Figure 28 : Artérioles (a) remontant vers les plans superficiels au niveau de l'anse capillaire (b) puis redescendant vers les plans profonds par les veinules (c) (3).....	23

Figure 29 : Incidence de l'insertion prothétique (temps 0) sur le débit sanguin (7 jours : forte diminution, 40 jours : légère augmentation, suppression de la prothèse : retour au débit initial) (35)	23
Figure 30 : Diagramme de visco-élasticité de la muqueuse d'après Kidd, Daly et Wheller (36)	24
Figure 31 : Au niveau des points A et B, sous l'action d'une pression le comportement de la muqueuse est similaire, mais l'amplitude des déplacements varie entre ces deux points à la fois lors de l'application de la pression et lors de la phase de récupération (3)	24
Figure 32 : Formules chimiques des MMA et PMMA.....	28
Figure 33 : Représentation schématique de la polymérisation en chaîne, mécanisme de polymérisation radicalaire (37)	28
Figure 34 : Représentation schématique de la chémozopolymérisation (37).....	29
Figure 35 : Représentation schématique de la photopolymérisation (37)	29
Figure 36 : Comparaison des propriétés mécaniques des résines acryliques et des résines polyuréthanes à activation lumineuse (38)	30
Figure 37 : Description des zones anatomiques maxillaires retrouvées sur le PEI.....	30
Figure 38 : Description des zones anatomiques mandibulaires retrouvées sur le PEI	31
Figure 39 : PEI maxillaire configuré avec SAD	31
Figure 40 : Hauteur moyenne des bourrelets à l'arcade maxillaire et à l'arcade mandibulaire au niveau incisif et molaire (3)	32
Figure 41 : Schéma des types d'enregistrement anatomo-fonctionnels	33
Figure 42 : Tableau comparatif entre les différents matériaux d'EJP en fonction de la situation clinique	34
Figure 43 : Tableau comparatif entre les différents matériaux de surfaçage en fonction de la situation clinique (44).....	35
Figure 44 : Matériaux utilisés en fabrication additive (52)	40
Figure 45 : Représentation graphique de la mécanique de base de l'impression 3D par stéréolithographie, traduction de la version anglaise (55).....	41
Figure 46 : Topographie reconstruite en 3D de la surface des matériaux des portes-empreintes (57), Dental LT étant issu d'une impression 3D par SLA, et la référence un PEI conventionnel (57)	42
Figure 47 : Images de Microscopie électronique à balayage des surfaces, grandissement à 100 x et 500 x, (a) Surface du PEI imprimé 3D par SLA, (d) Surface du PEI conventionnel (57).42	42
Figure 48 : Tracé des limites du PEI maxillaire, vue occlusale	44
Figure 49 : Tracé des limites du PEI mandibulaire, vue occlusale	44
Figure 50 : Modélisation de la plaque base maxillaire, vue occlusale	45
Figure 51 : Modélisation du SAD maxillaire, vue occlusale	45
Figure 52 : Modélisation du SAD maxillaire, vue latérale avec coupe sagittale	46
Figure 53 : Modélisation du SAD maxillaire, vue latérale avec coupe frontale	46
Figure 54 : Modélisation du SAD mandibulaire, vue occlusale	47
Figure 55 : Modélisation du SAD maxillaire, vue latérale avec coupe sagittale	47
Figure 56 : Modélisation du SAD mandibulaire, vue latérale avec coupe frontale	48
Figure 57 : Relation intermaxillaire des modèles par rapport au plan occlusal des SAD (visible en bleu), vue latérale.....	48
Figure 58 : Relation intermaxillaire des modèles par rapport au plan occlusal des SAD, vue antérieure	49
Figure 59 : Validation du projet, vue latérale	49

Figure 60 : Form 3 de Formlabs (a) Imprimante ouverte, sans cuve, (b) Imprimante fermée, cuve de résine visible (fond blanc).....	50
Figure 61 : Orientation du PEI sur le plateau, avec variables de Temps d'impression, Couches et Volume de résine utilisée visibles à droite.....	50
Figure 62 : Planification de l'impression, (le plan quadrillé sur ordinateur représente le plateau (à gauche), dont la partie supérieure ici est vers le bas une fois raccordé à l'imprimante)	51
Figure 63 : Vue latérale du projet positionné sur le plateau (indiqué par la flèche rouge)	51
Figure 64 : Vue latérale du PEI, extrados vers le plateau, avant génération des supports.	52
Figure 65 : Supports générés automatiquement par l'ordinateur, sur l'extrados du PEI.....	53
Figure 66 : Validation de la planification, chargement de l'impression	53
Figure 67 : PEI imprimé avec supports sur plateau de construction (a) vue dans l'imprimante, (b) plateau sorti de la machine	54
Figure 68 : PEI imprimé 3D, vue occlusale.....	54
Figure 69 : PEI imprimé 3D, vue latérale.....	55
Figure 70 : PEI imprimé 3D sur le moulage de référence, vue occlusale	55



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerai mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

DEMIRDJIAN Daron – Impression 3D des porte-empreintes individuels en prothèse totale adjointe

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2021

Rubrique de classement : Prothèse Totale Adjointe

Résumé :

La technologie informatique peut être appliquée dans le cadre du traitement prothétique du sujet édenté total par prothèse totale adjointe.

L'étape de conception numérique du porte-empreinte individuel est décrite dans ce travail avec mise en avant des difficultés inhérentes à chaque étape. Un moulage pédagogique d'arcade édenté a été utilisé comme référence. Les logiciels utilisés pour la conception assistée par ordinateur sont Dental System et Dental Manager de 3Shape. La fabrication est réalisée avec le logiciel Preform et l'imprimante Form 3 de Formlabs.

Le processus de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) peut être utilisé en prothèse totale adjointe pour la réalisation des porte-empreintes individuels.

Mots clés : Edentement, Anatomie édenté total, Prothèse adjointe totale, CFAO, Impression, PEI

DEMIRDJIAN Daron – 3D printing of custom impression trays in complete denture

Abstract:

Computer technology can be applied in the prosthetic treatment of the edentulous patient by complete denture.

The digital design stage of the custom impression tray is described in this work, highlighting the difficulties inherent in each stage. A pedagogical edentulous arcade cast was used as a reference. The software used for computer aided design are Dental System and Dental Manager from 3Shape. Manufacturing is performed with Formlabs' Preform software and Form 3 printer.

The computer aided design and manufacture (CAD / CAM) process can be used in total removable denture for the production of individual impression trays.

Key words : Edentulism, Toothless anatomy, Total removable denture, CAD/CAM, Printing, Custom impression tray