



HAL
open science

Optimisation des empreintes primaires en prothèse amovible complète par la CFAO

Damien Arrighi

► **To cite this version:**

Damien Arrighi. Optimisation des empreintes primaires en prothèse amovible complète par la CFAO. Chirurgie. 2022. dumas-03715731

HAL Id: dumas-03715731

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03715731v1>

Submitted on 6 Jul 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

THÈSE

POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT 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)

OPTIMISATION DES EMPREINTES PRIMAIRES EN PROTHÈSE AMOVIBLE COMPLÈTE PAR LA CFAO

Présentée par

ARRIGHI Damien

Né le 22/08/1996
à Ajaccio

Thèse soutenue le **27 Janvier 2022**

Devant le jury composé de

Président : **Professeur RUQUET Michel**

Assesseurs : **Docteur TOSELLO Alain**

Docteur PRECKEL Bernard-Éric

Docteur LABORDE Gilles

THÈSE

***POUR OBTENIR LE DIPLÔME D'ÉTAT
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)

***OPTIMISATION DES EMPREINTES PRIMAIRES EN
PROTHÈSE AMOVIBLE COMPLÈTE PAR LA CFAO***

Présentée par

ARRIGHI Damien

Né le 22/08/1996
à Ajaccio

Thèse soutenue le **27 Janvier 2022**

Devant le jury composé de

Président : Professeur RUQUET Michel

Assesseurs : Docteur TOSELLO Alain

Docteur PRECKEL Bernard-Éric

Docteur LABORDE Gilles

ADMINISTRATION

Doyens Honoraires	Professeur	Raymond SANGIUOLO ⁺	
	Professeur	Henry ZATTARA	
	Professeur	André SALVADORI	
	Professeur	Jacques DEJOU	
Directeur	Professeur	Bruno FOTI	
Directeurs adjoints	Professeur	Michel RUQUET	
	Professeur	Anne RASKIN	
Chargés de missions			
	Formation Initiale	Professeur	Michel RUQUET
	Recherche	Professeur	Anne RASKIN
Formation Continue	Professeur	Frédéric BUKIET	
Relations Internationales	Professeur	Hervé TASSERY	
Internat et Diplômes d'études spécialisées	Professeur	Virginie MONNET-CORTI	
Affaires générales	Docteur	Patrick TAVITIAN	
Responsable Administrative	Madame	Katia LEONI	

PROMOTIONS :

2019 Raymond SANGIUOLO

2020 Gaston BERGER

2021 Joseph MIGOZZI

LISTE DES ENSEIGNANTS

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES CSERD

BUKIET Frédéric (58-01)
FOTI Bruno (58-02)
LE GALL Michel (56-01)
MONNET-CORTI Virginie (57-01)
RASKIN Anne (58-01)
RUQUET Michel (58-01)
TARDIEU Corinne (56-01)
TARDIVO Delphine (56-02)
TASSERY Hervé (58-01)
TERRER Elodie (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)	MENSE Chloé (58-01)
CAMPANA Fabrice (57-01)	PHILIP-ALLIEZ Camille (56-01)
CATHERINE Jean-Hugues (57-01)	POMMEL Ludovic (58-01)
GAUBERT Jacques (56-01)	PRECKEL Bernard-Éric (58-01)
GIRAUD Thomas (58-01)	RÉ Jean-Philippe (58-01)
GIRAudeau Anne (58-01)	ROCHE-POGGI Philippe (57-01)
GUIVARC'H Maud (58-01)	STEPHAN Grégory (58-01)
JACQUOT Bruno (58-01)	TAVITIAN Patrick (58-01)
LABORDE Gilles (58-01)	TOSELLO Alain (58-01)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES ASSOCIES

Angeline ANTEZACK (57-01)

BALLESTER Benoît (58-01)

BLANCHET Isabelle (58-01)

CASAZZA Estelle (58-01)

ASSISTANTS HOSPITALIERS ET UNIVERSITAIRES

ARNIER Canelle (56-01)

BAUDINET Thomas (58-01)

BRINCAT Arthur (57-01)

BROS Agnès (56-01)

CHIARINI Thomas (58-01)

DUMAS Cathy (57-01)

DUPRAT Florence (56-01)

FAURE-BRAC Mathias (57-01)

FERRE Enzo (58-01)

FOUQUES Agathe (56-01)

HAMMOUTENE Stéphane (57-01)

LAURENT Camille (58-01)

LAFONT Jacinthe (57-01)

LIOTARD Alicia (58-01)

MADENIAN Pauline (58-01)

MANSUY Charlotte (58-01)

MARCHAL Paul (58-01)

MARTIN William (56-01)

ONGHENA Tom (56-01)

PASCHEL Laura (58-01)

PILLIOL Virginie (58-01)

PRINCE Fanny (57-01)

RAYNAUD Camille (58-01)

REYNAL Florence (56-01)

ROMAO Vincent (57-01)

ROUSCOFF Eva (57-01)

SADOWSKI Camille (57-01)

VEILLARD Pierre (56-01)

ASSISTANT DES UNIVERSITES ASSOCIE

GRINE Ghilès (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

Je dédie cette thèse...

Aux membres du jury

À notre Président du jury,

Monsieur le Professeur Michel Ruquet,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et je vous en suis très reconnaissant. Je vous remercie pour votre disponibilité, votre gentillesse et votre aide pendant toutes ces années d'étude.

C'était un plaisir d'apprendre et d'échanger avec vous durant mon parcours clinique. Recevez toute ma reconnaissance.

À Monsieur le Docteur Bernard-Eric Preckel,

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de siéger dans ce jury, je suis ravi et honoré de votre présence parmi nous. Je vous remercie pour vos conseils et votre rigueur au cours des T.P. de Prothèse Totale, ainsi que votre disponibilité en clinique.

Je vous exprime ici ma gratitude et mon profond respect.

À Monsieur le Docteur Gilles Laborde,

Je tiens tout d'abord à vous remercier de me faire l'honneur de siéger dans mon jury de thèse. Merci pour tous vos conseils en prothèse fixe, vous m'avez permis de bien m'améliorer surtout sur la qualité de mes empreintes. Je me souviendrais de vous comme un très bon professeur, mais également comme un très bon partenaire d'apéro. Merci pour tout et au plaisir de vous revoir !

À mon directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Alain Tosello,

Je vous remercie pour votre disponibilité, votre implication et l'aide précieuse que vous m'avez apportée pour élaborer ce travail.

C'était un plaisir d'apprendre et d'échanger avec vous dans le service d'Odontologie Prothétique. Ce fût un travail assez long et fastidieux et j'espère que vous avez pris autant de plaisir que moi à le réaliser.

Soyez assuré de mon profond respect et veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

À mes parents et mes grands-parents,

Je vous remercie d'avoir été là pour moi et de m'avoir soutenu tout au long de mes études. J'ai beaucoup de chance de vous avoir et j'espère vous rendre fier. Votre fils et petit-fils unique qui vous aime.

Au Conseil des Anciens,

Depuis près de 15 ans nous partageons tout : l'école maternelle pour certains, le collège et le lycée ; nous avons fait beaucoup de choses ensemble et c'est loin d'être terminé. Je suis fier d'avoir des amis comme vous.

À l'équipe phocéenne,

Composée d'Alexandre, André, Philippe et Théo ; sans vous, mes études n'auraient pas eu la même saveur, du comptoir d'Endoume au Son des Guitares en passant par le Bar de la Marine, on aura réussi à faire trembler le Vieux Port pendant quelques années.

À mon mentor : Jacques Farcot,

Merci d'avoir été là depuis le début de mes études et mon arrivée à Marseille, tu as su me donner tous les conseils nécessaires pour avancer dans ce métier et je t'en remercie. Je suis très content de travailler (quasiment) à tes côtés.

À Julia et Leslie,

Mon trio sans qui mon cursus clinique aurait été très compliqué à supporter. Merci d'avoir égayé mes journées durant ces 5 années inoubliables. Notre particularité : avoir réalisé plus de pauses café que d'endos molaires. J'espère que vous ne m'oublierez pas, et je vous attends pour venir travailler à Ajaccio.

À Sébastien et Jean-Baptiste,

Cela fait maintenant près de 6 mois que je travaille à vos côtés et je souhaitais vous remercier de m'avoir fait confiance dès le début, j'espère que vous êtes satisfait de mon travail et que nous allons continuer ensemble pour longtemps.

À Solary Corsica,

À toutes ces heures passées devant notre PlayStation, merci d'avoir égayé nos soirées d'hiver par tous ces Top 1 endiablés.

OPTIMISATION DES EMPREINTES PRIMAIRES EN PROTHÈSE AMOVIBLE COMPLÈTE PAR LA CFAO

Sommaire

I. INTRODUCTION.....	1
II. L'UTILISATION DE LA CFAO EN DENTISTERIE PROTHÉTIQUE.....	4
II.1. Définitions.....	4
II.2. Rappels historiques.....	4
II.3. Les principes généraux de la CFAO en Odontologie.....	6
II.3.1. Introduction	6
II.3.2. Systèmes de CFAO	7
II.3.3. La numérisation 3D.....	9
II.3.3.1. Principe de fonctionnement	9
II.3.3.2. Techniques d'acquisition des données.....	10
II.3.4. Conception et modélisation.....	10
III. LES GRANDS PRINCIPES DE LA PROTHÈSE AMOVIBLE COMPLÈTE (PAC).....	12
III.1. La triade de Housset	12
III.1.1. La sustentation.....	12
III.1.2. La stabilisation	12
III.1.3. La rétention	13
III.2. Les surfaces d'appui prothétiques (SAP).....	13
III.2.1. Le tissu osseux	13
III.2.1.1. La résorption osseuse.....	13
III.2.2. La muqueuse buccale	15
III.2.2.1. Structure histologique de la muqueuse buccale	15
III.2.2.2. Les caractéristiques biomécaniques de la muqueuse buccale.....	16
III.2.3. Les repères anatomiques de la SAP.....	16
III.2.3.1. Repères anatomiques maxillaires.....	16
III.2.3.2. Repères anatomiques mandibulaires	17
III.2.4. Les indices de Housset.....	18
III.2.4.1. Les indices spécifiques à la mandibule	18
III.2.4.2. Les indices spécifiques au maxillaire.....	19
III.3. L'enregistrement de la SAP par les empreintes.....	21
III.3.1. Caractéristiques des empreintes.....	21
III.3.2. Les objectifs	21
III.3.3. Le choix du matériau d'enregistrement.....	21
III.3.4. Les critères de choix du Porte Empreinte de Série (PES)	22
III.3.5. Les différents temps opératoires.....	22
IV. CAS CLINIQUE : Comparaison de l'empreinte primaire conventionnelle et de l'empreinte primaire réalisée à l'aide de la caméra optique Trios de 3 Shape.....	23
IV.1. Réalisation des empreintes primaires.....	23
IV.1.1. L'empreinte primaire à l'alginat.....	23
IV.1.2. L'empreinte primaire optique	24
IV.2. Réalisation des Porte Empreinte Individuelle (PEI).....	27
IV.2.1. Réalisation du PEI issu de l'empreinte à l'alginat.....	27
IV.2.2. Modélisation et conception du PEI issu de l'empreinte optique	27
IV.2.2.1. Modélisation de l'empreinte optique.....	27
IV.2.2.2. Conception du PEI.....	29

IV.2.3. Modélisation et conception du PEI issu de la CFAO indirecte	30
IV.2.3.1. Réalisation de l'empreinte optique du moulage en plâtre	30
IV.2.3.2. Réalisation du PEI issu de la CFAO indirecte	31
IV.3. Comparaison des PEI	32
IV.3.1. Réalisation des empreintes « type secondaires » sur chaque modèle	32
IV.3.2. Mesure de l'épaisseur du matériau sur chaque modèle	34
IV.3.2.1. PEI n°1 : issu de l'empreinte à l'alginate	34
IV.3.2.2. PEI n°2 : issu de l'empreinte optique du modèle en plâtre (CFAO indirecte).....	35
IV.3.2.3. PEI n°3 : issu de l'empreinte optique (CFAO directe)	37
IV.3.3. Écart-type des différentes mesures	39
V. CONCLUSION	40
VI. BIBLIOGRAPHIE	I

I. INTRODUCTION

Une étude de l'INSEE sur la projection de la population française en 2050 démontre que les personnes âgées de 65 ans et plus représenteront 30% de la population. (1)

L'augmentation de l'espérance de vie entraîne une augmentation du nombre de personnes édentées malgré tous nos efforts sur la prévention des maladies carieuses et parodontales.

Sur une population âgée de 65 à 74 ans, 61,5% de ces sujets sont porteurs de prothèses adjointes (partielles ou complètes), parmi eux 16,3% ont une prothèse complète maxillaire ou mandibulaire et 14,3% sont porteurs d'une prothèse complète bi-maxillaire. (2)

Les prothèses amovibles complètes représentent donc une thérapeutique très courante en dentisterie.

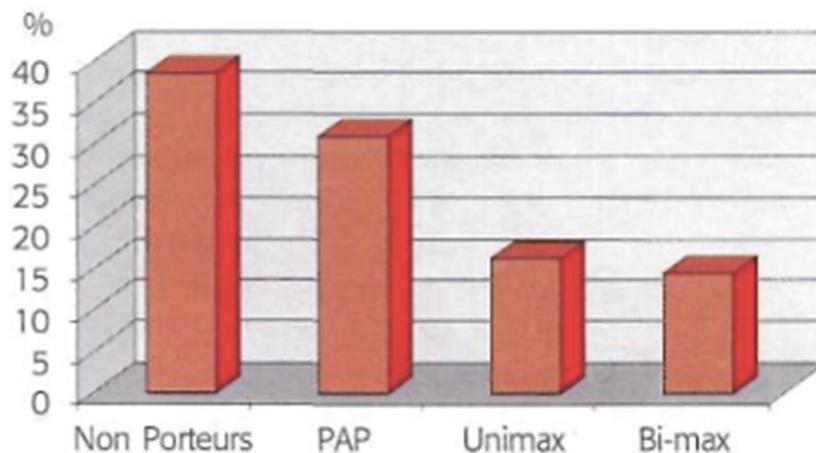


Fig 1. État prothétique chez les patients âgés de 65 à 74 ans

La réalisation d'une prothèse adjointe complète ne doit être, ni pour le patient ni pour le praticien, considérée comme un acte technique simple, mais au contraire être reconnue comme un véritable acte thérapeutique sur laquelle repose les bases de la future rétention de notre prothèse. Cela sous-entend donc un suivi, une maintenance annuelle, mais également un renouvellement des prothèses si nécessaire. (1)

L'édentement total a pour conséquence l'affaiblissement de la partie inférieure de la face ainsi qu'une prognathie mandibulaire. De plus, avec le temps on observe une résorption de l'os alvéolaire, puis de l'os basal ainsi que l'épine nasale inférieure. Les lèvres vont également être attirées vers l'intérieur ce qui entrainera l'apparition de rides et de ridules.

Les prothèses totales donnent souvent satisfaction au maxillaire du fait d'une grande surface d'appui, cependant la rétention de la prothèse à la mandibule est beaucoup plus compliquée à gérer du fait d'une résorption plus importante et d'une surface d'appui qui se restreint aux crêtes résiduelles.

Cette rétention peut être améliorée par divers moyens :

- Thérapeutiques non implantaires : rétention augmentée à l'aide de coping, aimant ou attachement supra radiculaire sur les racines restantes, on utilise généralement les racines des canines.
- Thérapeutiques implantaires : la rétention peut être grandement améliorée grâce à la pose d'implants dans la région symphysaire (consensus de McGill), en effet lorsque la réalisation d'une prothèse implanto-portée de Type Branemark est impossible pour des raisons économiques, fonctionnelles ou anatomiques, la rétention de la prothèse mandibulaire, par l'intermédiaire de deux implants, est une très bonne indication thérapeutique.

Il existe donc une solution implantaire pour réhabiliter les édentements totaux :

- La Prothèse Amovible Complète Supra Implantaire (PACSI) qui comprend au minimum :
 - ❖ Mandibule : deux implants inter-foraminaux
 - ❖ Maxillaire : Quatre implants solidarisés
- La Prothèse Fixée Implanto Portée :
 - ❖ Mandibule : Cinq implants symphysaires avec des extensions distales
 - ❖ Maxillaire : Huit, six (all on 6) voir quatre (all on 4) avec des implants angulés, tout dépendra de la situation anatomique sinusienne

Cependant l'implantologie nécessite des compétences chirurgicales et prothétiques pour le praticien, et des moyens financiers conséquents pour le patient.

Avant toute réalisation d'une PAC, un examen clinique doit être réalisé sur les composantes psychologique (personnalité du patient, entourage du patient), physique (motif de la consultation, pathologies générales) et prothétique (examen du visage, des tissus mous et des zones anatomiques).

Cet examen clinique nous permettra de décider si un traitement pré-prothétique est nécessaire :

- **Thérapeutiques non chirurgicales** : mise en condition tissulaire (altérations de la muqueuse des surfaces d'appui, et comportement des muscles masticateurs et linguaux)
- **Thérapeutiques impliquant le patient** : hygiène, médicaments, port de la prothèse
- **Thérapeutiques chirurgicales** : au niveau des tissus muqueux de la surface d'appuis (élimination de freins, suppression de tubérosités proéminentes, élimination de crêtes flottantes, augmentation de la hauteur des crêtes) et au niveau du tissu osseux de la surface d'appuis (élimination des contre dépouilles, des toris mandibulaires, ainsi que de dents incluses ou d'"apex oubliés").

La rétention de la prothèse amovible complète repose essentiellement sur la qualité des empreintes effectuées :

- **L'empreinte primaire** : réalisée avec un porte empreinte de Schreimackers au plâtre ou à l'alginate, qui a pour but une reproduction fidèle des tissus non mobilisables (surface primaire).

- **L’empreinte secondaire** : réalisée avec un porte empreinte individuel (PEI) qui a pour but d’enregistrer le jeu des zones de réfection muqueuse mobilisables, réalisé au Thiocol pour l’empreinte centrale et à la pâte de Kerr pour le joint périphérique. (3)

Cette empreinte, nécessaire pour la stabilisation et la triade de housset peut être amélioré par la CFAO.

Avec l’évolution technologique en dentisterie moderne, la CFAO peut s’appliquer à la réalisation de prothèse amovible complète.

La CFAO désigne la Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur. Elle existe dans l’industrie depuis 1920. Dans le domaine de la dentisterie, ce sont les laboratoires de prothésistes qui ont vu dans ces procédés de conception et fabrication la possibilité d’augmenter leur production en mettant en série les ouvrages et de diminuer le temps de travail artisanal.

II. L'UTILISATION DE LA CFAO EN DENTISTERIE PROTHÉTIQUE

Aujourd'hui, grâce à la **C.F.A.O**, nous avons la possibilité d'améliorer la qualité des réalisations prothétiques (4). Cette pratique de la dentisterie évolue et s'applique aujourd'hui plus seulement à la prothèse fixe mais également aux prothèses amovibles.

Ainsi, la prothèse amovible complète s'inscrit dans cette avancée technologique. La thérapeutique de l'édentement total se voit ici modernisée et améliorée afin de mieux répondre aux attentes de nos patients.

II.1. Définitions

La chaîne numérique (Digital Workflow) dans le domaine de l'odontologie communément appelé "CFAO" désigne l'ensemble des équipements informatisés utilisés dans la gestion du flux numérique, qui regroupe :

- Les équipements de numérisation 3D
- Les logiciels CAO
- Les logiciels FAO
- Les équipements de fabrication à commande numérique

Le CNIFPD (Centre National d'Innovation et de Formation des Prothésistes Dentaires) donne à cette chaîne numérique la définition suivante : ensemble des activités numériques menées sur un produit tout au long de son cycle de vie, sans rupture numérique. (5)

II.2. Rappels historiques

Le développement de la CFAO au cours du XX^{ème} siècle n'a été rendu possible que par l'élaboration et l'amélioration des calculateurs électroniques à la fin des années 50.

Les logiciels de CAO et FAO étaient, au départ, utilisés principalement par les industries de l'automobile et de l'aérospatiale qui automatisent progressivement l'ensemble de la chaîne de production. (6)(7)

Mais contrairement à la branche industrielle, la dentisterie se distingue par la nécessité de prendre en compte l'ensemble des structures intra-orales spécifiques aux patients et de fabriquer en conséquence un élément prothétique adapté en un unique exemplaire.

Il s'agit donc d'acquérir un ensemble de données propre au patient (occlusion, structure dentaire...) afin de recréer un modèle de travail qui servira de base à la conception de la pièce prothétique.

La précision d'acquisition ainsi que la juste transformation des données analogiques en données virtuelles sont donc le point de départ de la chaîne numérique, et c'est dans ce sens que **François Duret** est considéré comme le père fondateur de la CFAO dentaire car il a développé le procédé de l'**empreinte optique**. (8)

En France, des progrès considérables vont être réalisés par François DURET, Jacques DUMAS, et Joseph THOUVENOT en association avec les sociétés THOMSON et MATRA :

- En 1985 : Scellement de la première couronne entièrement conçue par la CFAO, et cela en direct de l'ADF, en utilisant un prototype de machine outil par soustraction (Cerec Mark1).



Fig 2. : Le Dr Wermer Mörmann (gauche) et Marco Brandestini (droite) présente en 1985 le premier prototype du CEREC 1 : le « lemon »

L'évolution du CEREC, se fait ensuite en 2 temps :

- 1994 : Collaboration avec Siemens qui aboutit au développement du Cerec Mark 2.
- 1997 : Fondation de "Sirona Dental System" dont le siège est basé en Allemagne à Bensheim.
- 2000 : Création du CEREC 3
- 2003 : Création du CEREC 3D.

En Suède, la firme Nobel Biocare développe le système PROCERA qui utilise comme méthode d'acquisition un micro palpeur et comme système de production une machine-outil fonctionnant par électro-érosion. L'intérêt de cette technologie est d'usiner le titane, permettant de s'associer aux implants Brånemark. (9)(10)

Cependant, à cette période, les systèmes de CFAO ne présentent qu'un intérêt modéré (prix des machines, précision limitée, qualité médiocre des pièces usinées). C'est pour cela qu'au début des années 2000, l'ensemble des grands groupes se focalisent sur 2 points essentiels :

- Perfectionnement des logiciels et outils informatiques pour augmenter la précision et la vitesse d'exécution.
- Développement de matériau usinables aux propriétés augmentées par rapport aux composites et céramiques utilisés jusqu'à présent.

Il apparaît alors un matériau dont les propriétés mécaniques et esthétiques sont largement supérieures à ceux existant : la zircone. Il dispose d'une structure polycristalline, nécessite une étape de cuisson pour acquérir l'ensemble de ses caractéristiques. Cependant la dureté de ce matériau rend impossible un éventuel fraisage, il faut donc façonner la pièce prothétique en amont.

Ce matériau ne peut donc être exploitable que grâce à la CFAO et son flux numérique.

À partir de l'an 2000, la CFAO s'impose alors comme une véritable réalité clinique incontournable dans des domaines spécifiques, puis étendue dans la plupart des disciplines dentaires.

II.3. Les principes généraux de la CFAO en Odontologie

II.3.1. Introduction

Le flux numérique est traité en 3 étapes distinctes :

- Numérisation 3D : double étape d'acquisition des données issues de l'environnement intra-oral (directement en bouche ou sur support) puis transformation de ces données en flux numérique exploitable par les systèmes informatiques.

- CAO : Modélisation de la pièce prothétique

- FAO : Traitement du fichier informatique pour le rendre compatible avec la machine-outil puis fabrication (soustractive ou additive) de la pièce.

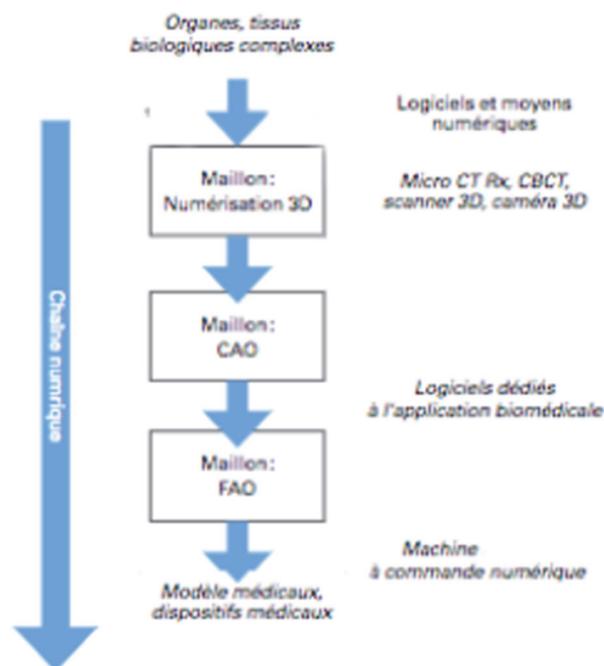


Fig. 3 : Principe général de la CFAO en dentisterie

II.3.2. Systèmes de CFAO

Il existe 3 modes de fonctionnement : “directe”, “indirecte” et “semi-directe”.

❖ **CFAO directe (chairside)**



Fig. 4 : La CFAO directe ou chairside

L'acquisition est réalisée à l'aide d'un scanner intra-oral, la prothèse est ensuite directement modélisée grâce au logiciel de CAO, puis les informations de production sont envoyées à la machine-outil. (11)(12)



Fig. 5 : le CEREC 3D (sirona) en CFAO directe au cabinet

❖ **CFAO semi-directe**



Fig. 6 : la CFAO semi directe

En CFAO semi-directe, il y a une délocalisation de la modélisation et/ou de la production de la pièce prothétique :

- 1) L'acquisition est réalisée en bouche avec la caméra intra buccale
- 2) La modélisation est réalisée :
 - Soit la pièce est modélisée directement au cabinet, le praticien dispose alors du logiciel de CAO
 - Soit le fichier issu de l'acquisition est directement envoyé au laboratoire qui se charge de la modélisation de la pièce prothétique
- 3) La production est alors réalisée par le laboratoire de prothèse ou confiée à un centre de production délocalisé.

❖ CFAO indirecte

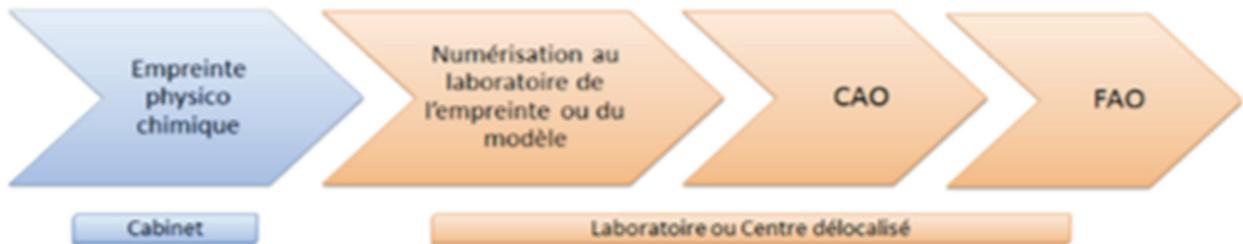


Fig 10 : la CFAO indirecte.

Fig. 7 : la CFAO indirecte

- 1) L'empreinte est réalisée de manière conventionnelle
- 2) Celle-ci est envoyée au laboratoire de prothèse qui se charge de la numérisation
 - Soit directement à partir de l'empreinte (Fig 12a)
 - Soit après avoir coulé le modèle en plâtre correspondant (Fig12b)
- 3) La suite de la chaîne est la même que pour la technique semi-directe.



Fig. 8a : L’empreinte physico-chimique est directement scannée

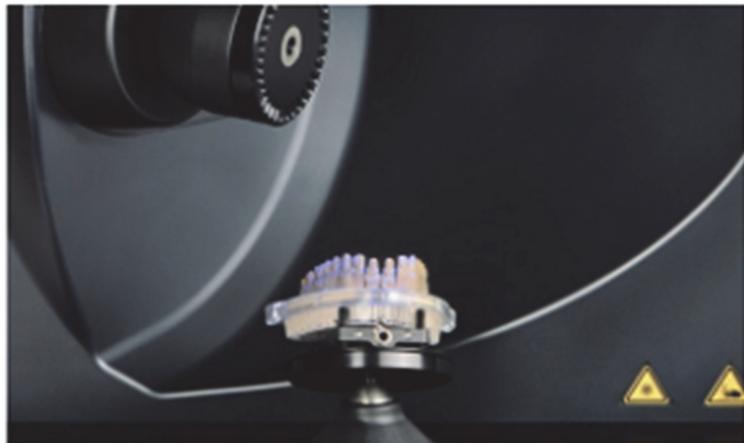


Fig. 8b : scannage du modèle en plâtre issu de l’empreinte physico-chimique

II.3.3. La numérisation 3D

II.3.3.1. Principe de fonctionnement

La numérisation 3D est réalisée à l’aide d’appareil que l’on nomme les scanners 3D.

En CFAO dentaire, il en existe deux types :

- Caméras 3D intra-orales
- Caméras 3D extra-orales

Composés de :

- Capteurs
- Convertisseur analogique numérique (A/D)
- Logiciels de reconstructions d’image permettant de générer un fichier au format compatible avec les logiciels de CAO.

Le capteur va percevoir les variations de la source (lumineuse, mécanique...) permettant d’enregistrer les coordonnées tridimensionnelles (x,y,z) d’un ensemble de points : on parle de nuage (ou maillage) de points. (5)

II.3.3.2. Techniques d'acquisition des données

Deux grandes catégories :

- Les scanners mécaniques fonctionnant par contact (numérisation tactile)
- Les scanners optiques fonctionnant sans contact (non tactile)

1 Scanner avec contact :

Il existe un contact direct, physique entre un "palpeur" et la surface à enregistrer. L'acquisition se fait depuis une position fixe, le palpeur se déplaçant autour du modèle immobilisé. Au contact de la pièce, la tige de palpation est déviée, ce qui active un commutateur optique.

Ce type de scanner ne permet pas d'enregistrer des détails inférieurs au diamètre du palpeur, générant une imprécision de la pièce finale. Ce mode d'acquisition est devenu obsolète.

2 Scanner sans contact :

Les scanners sans contact en odontologie sont actifs car ils sont composés d'un émetteur qui génère un rayonnement de spectre variable : lumière blanche, laser ou rayon X.

On les classe selon 3 technologies :

- **Balayage de lumière structurée** : Composé d'un laser ou vidéoprojecteur LCD qui émet un motif lumineux bidimensionnel sur la surface à numériser.
- **Triangulation active** : Faisceau laser sous la forme d'une ligne ou d'un plan, réfléchi par la surface puis enregistré par un capteur photosensible qui convertit le rayonnement électromagnétique en signal électrique analogique.
- **Holographie conoscopique** : Faisceau laser dirigé sur l'objet à numériser, ce faisceau revient ensuite selon le même axe et passe au travers d'un cristal biréfringent qui génère un hologramme en fonction des variations de fréquence des rayons.

II.3.4. Conception et modélisation

À l'issue de la numérisation 3D, le modèle virtuel est importé dans un logiciel de CAO.

Il est constitué d'une suite de fonctions mathématiques permettant :

- De modéliser en 3D dans un environnement virtuel issu de l'information initiale sans pour autant modifier certains paramètres immuables
- De manipuler les différents objets 3D
- D'appliquer un certain nombre de fonctions : agrandir, assembler, copier...

Avec la grande variété de logiciels actuellement disponible, il est désormais possible de modéliser la quasi-totalité des dispositifs médicaux du domaine de l'odontologie tel que la prothèse fixe, la prothèse amovible, la prothèse totale, la prothèse sur implant, certaines PMF, etc.

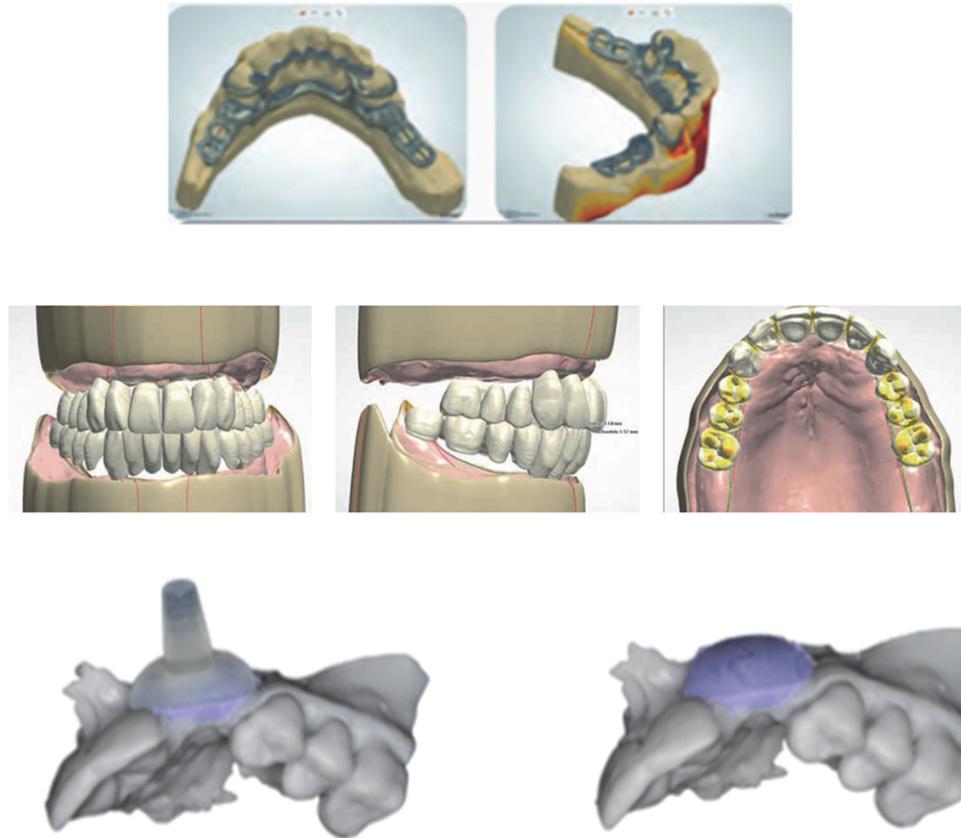


Fig. 9 : modélisation du greffon en silicone à l'aide du gabarit et d'un silicone lourd

Une fois que la totalité des paramètres de la maquette virtuelle du dispositif médical ont été vérifiés et que cela répond aux exigences bio-fonctionnelles du praticien, les données sont transmises au logiciel de FAO.

Ils sont dépendants voir même spécifiques du procédé de fabrication envisagé (soustractif ou additif).

Le rôle de ces logiciels est triple, il se décompose en 3 modules consécutifs :

- Le pré-processeur géométrique qui permet d'optimiser le positionnement des maquettes 3D au sens des différents supports.
- Le processeur géométrique : qui calcule le trajet optimal de la machine à commande numérique afin de produire les pièces en un temps minimal, on parle d'élaboration ou de calcul du parcours-outil.
- Le post-processeur géométrique : qui converti les données de trajectoire en un langage interprétable par la machine-outil (le G-code).

III. LES GRANDS PRINCIPES DE LA PROTHÈSE AMOVIBLE COMPLÈTE (PAC)

Chez les édentés totaux, le port d'une prothèse adjointe complète implique un appui et une participation, directe ou indirecte, des tissus de la cavité buccale.

Ces tissus sont au nombre de trois :

- Le tissu osseux
- La muqueuse
- L'articulation temporo-mandibulaire

La conception d'une PAC nécessite donc un parfait enregistrement de la surface d'appui prothétique (SAP).

III.1. La triade de Housset

Pour qu'une PAC s'intègre parfaitement il faut qu'elle réponde aux conditions d'équilibre prothétique : la triade de Housset → sustentation – rétention – stabilisation.

III.1.1. La sustentation

La sustentation, c'est l'ensemble des forces axiales qui s'opposent à l'enfoncement de la prothèse dans ses tissus de soutien.

Elle sera effective si :

- La surface d'appui est maximale, sans entrainer le libre jeu des muscles et de leurs insertions
- Les tissus les plus aptes à résister à la résorption sont incorporés et spécifiquement sollicités durant la fonction
- Les tissus les plus aptes à résister aux mouvements d'enfoncement procurent une parfaite résistance aux forces fonctionnelles
- Les caractéristiques viscoélastiques et hémodynamiques des tissus de soutien offrent une résistance homogène vis-à-vis des bases prothétiques lors de la fonction.

La sustentation immédiate découlera des caractéristiques intrinsèques des tissus muqueux et osseux, alors que la sustentation à long terme résulte surtout de leur résistance à la résorption.

III.1.2. La stabilisation

La stabilisation, c'est l'ensemble des forces qui s'opposent aux mouvements de translation horizontale ou de rotation de la prothèse.

La stabilisation ostéo-muqueuse est permise par l'exploitation ainsi que le recouvrement maximal des crêtes et des trigones ou tubérosités (indices positifs de Housset).

III.1.3. La rétention

C'est l'ensemble des forces qui s'opposent à l'éloignement de la prothèse de sa surface d'appui. (1)

Elle a pour vocation essentielle de s'opposer à l'action des forces qui agissent dans le sens de la désinsertion. (13)

La rétention muqueuse s'obtient grâce au contact entre prothèse et muqueuse avec interposition du film salivaire qui joue un rôle de ventouse.

III.2. Les surfaces d'appui prothétiques (SAP)

III.2.1. Le tissu osseux

L'os alvéolaire joue un rôle spécifique dans le soutien de l'organe dentaire au sein des maxillaires. Il se développe sous l'influence de la croissance de la dent et de l'éruption dentaire.

III.2.1.1. La résorption osseuse

Lors de l'extraction d'une dent, le phénomène de résorption osseuse commence. Ce phénomène se déroule en deux temps :

- La résorption immédiate (qui suit le geste chirurgical)
- La résorption à moyen et long terme

A) La résorption osseuse immédiate :

Après l'extraction a lieu la cicatrisation alvéolaire (facteurs d'apposition et de résorption).

Au bout de 2 mois se développe une muqueuse kératinisée, un os néoformé avec un niveau osseux inférieur au niveau pré-extractionnel.

Au bout de 4 mois → 50% du taux de résorption est atteint

Ce processus s'appelle la résorption osseuse immédiate.

L'amplitude de résorption est d'environ 3mm (varie en fonction du patient et des conditions cliniques comme un traumatisme chirurgical).

B) La résorption à moyen et long terme :

Elle se poursuit de façon chronique et est influencée par différents facteurs :

➤ *Facteurs généraux :*

- Le vieillissement : au-delà de 30 ans, le phénomène d'ostéolyse (résorption) est plus important.
- Diminution de l'absorption du Calcium
- Déséquilibre hormonal et vitaminique (Vitamine D)
- Phénomène d'ostéoporose.

➤ **Facteurs locaux :**

- Les extractions
- Le port d'une prothèse mal adaptée
- L'absence de prothèse
- Le rejet d'implants
- Un traumatisme occlusal

La résorption est différente entre maxillaire et mandibulaire :

- Au maxillaire : La résorption est centripète
- À la mandibule : La résorption est centrifuge

On va donc se retrouver avec un « élargissement » de l'arc mandibulaire, et un « rétrécissement » de l'arc maxillaire.

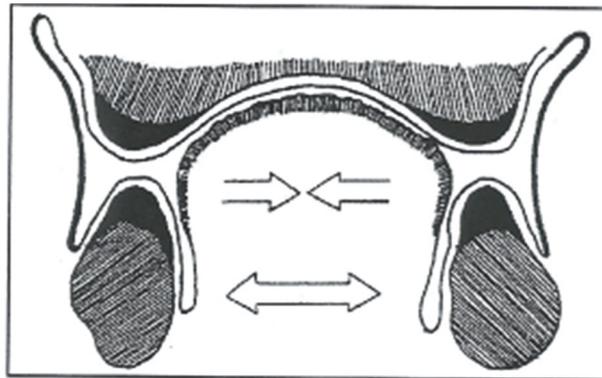
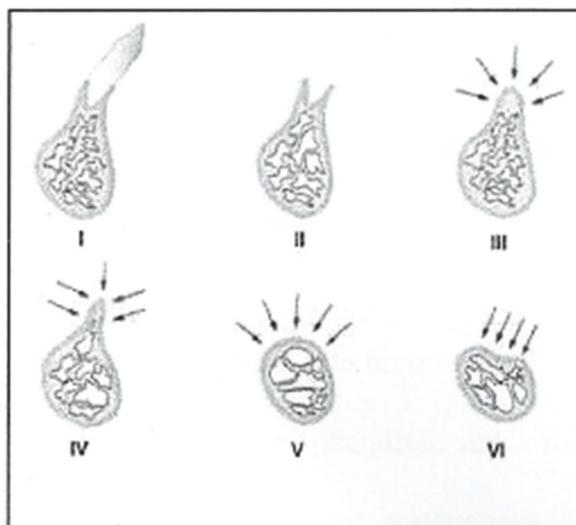


Figure 10 : Modification des relations entre les crêtes résiduelles dues à la résorption centripète maxillaire et centrifuge mandibulaire, en coupe transversale

La résorption osseuse va entraîner des changements de la dimension et des profils des arcades. Il existe une grande diversité de forme et de taille des crêtes résiduelles, pour simplifier ces descriptions, Atwood (1965) a proposé une classification qui définit 6 groupes selon l'importance de la résorption de l'arcade mandibulaire à la suite d'extractions.



- 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 11 : Classification d'Atwood : phases d'évolution de la crête antérieure à la suite des extractions.

III.2.2. La muqueuse buccale

On distingue trois types de muqueuses :

- La muqueuse masticatoire : le palais dur et les crêtes
- La muqueuse de recouvrement : face interne des joues, lèvres, plancher de la bouche et muqueuse alvéolaire
- La muqueuse spécialisée : représentée par la face dorsale de la langue

Elles vont toutes les trois jouer un rôle de protection des tissus sous-jacent vis-à-vis des agressions extérieures mécaniques, chimiques et bactériennes.

La structure histologique de cette muqueuse ainsi que ses caractéristiques biomécaniques vont permettre d'appréhender les réactions tissulaires engendrées par l'application des forces causée du port d'une prothèse amovible.

III.2.2.1. Structure histologique de la muqueuse buccale

La muqueuse buccale est constituée de :

- Un épithélium malpighien
- Un tissu conjonctif (lamina propria ou chorion)

Entre l'épithélium et le conjonctif, on retrouve la membrane basale qui mesure entre 1 et 2 μm d'épaisseur.

Il y a également une couche de graisse au niveau des joues, des lèvres et du palais mou qui comporte des glandes salivaires, des vaisseaux et des nerfs, séparant la muqueuse de l'os et celle des muscles sous-jacents, c'est la sous-muqueuse.

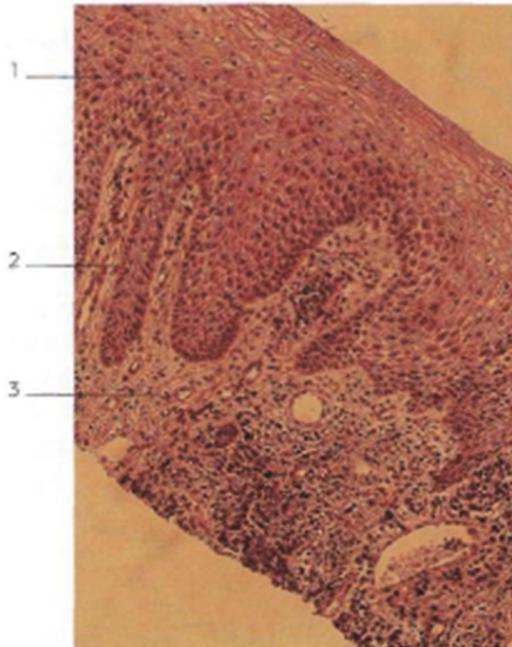


Fig. 12 : Coupe histologique de la muqueuse buccale : 1) épithélium kératinisé ; 2) jonction épithélio-conjonctive en doigt de gant ; 3) lamina propria

III.2.2.2. Les caractéristiques biomécaniques de la muqueuse buccale

Quand une force est appliquée sur la muqueuse buccale, le comportement de ses tissus va dépendre de leurs propriétés viscoélastiques et visqueuses mais aussi du comportement hémodynamique de la microcirculation tissulaire :

A) La viscoélasticité :

Elle résulte de la combinaison des caractéristiques élastiques et visqueuses de la muqueuse.

Cela se traduit par le fait que, lorsqu'une pression est appliquée sur la muqueuse, cela entraîne une déformation élastique immédiate, suivie d'une déformation différée ayant pour conséquence une réduction d'épaisseur de l'épithélium et d'un aplatissement de la jonction épithélio-conjonctive.

Il va donc exister une action de la masse du matériau d'enregistrement sur les tissus, qui va entraîner différents concepts de l'empreinte primaire :

- Le concept **mucostatique** : l'enregistrement sera réalisé avec un minimum de déformation, le matériau utilisé sera le plâtre.
- Le concept **fonctionnel** : L'enregistrement sera réalisé avec un certain degré de déformation, on utilisera des hydrocolloïdes irréversibles (alginate) ou des élastomères.

B) L'hémodynamie :

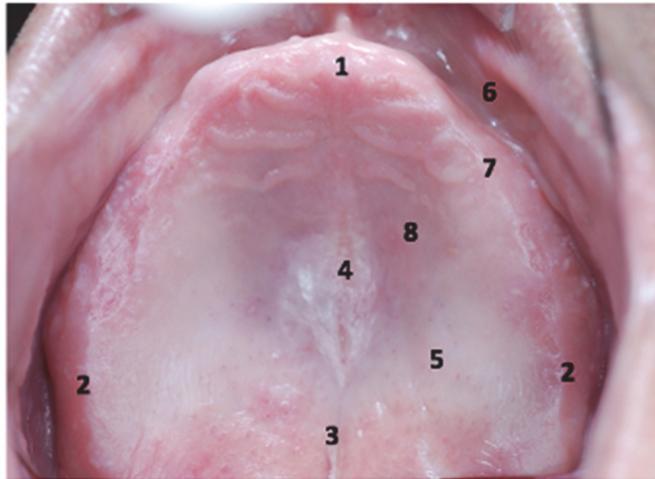
Les pressions exercées sur la muqueuse entraîne des perturbations de la microvascularisation muqueuse, en effet dès l'application d'une pression le flux sanguin est réduit, la muqueuse blanchit et ce phénomène persiste tant que la pression est maintenue. À l'arrêt de cette pression, le flux sanguin retrouve immédiatement son niveau initial, cette récupération est beaucoup plus rapide qu'au niveau muqueux.

III.2.3. Les repères anatomiques de la SAP

Dans le cadre anatomo-histologique, nous allons décrire les différents repères anatomiques de la SAP :

III.2.3.1. Repères anatomiques maxillaires

- **Zone vestibulaire** : freins médians et latéraux, zone de réflexion muqueuse, zone paratubérositaire (poche d'Eisenring), sillon ptérygo-maxillaire, et zone de jonction vélo-palatine.
- **Zone tubérositaire et crestale**
- **Zone palatine** : concavité palatine, rugosités palatines, papille rétro-incisive, fossettes (fovéa) palatines.



Surface d'appui maxillaire

1. Papille rétro incisives
2. Tubérosités
3. Jonction véto-palatine (Post-dam)
4. Raphé médian
5. Zone de Schroeder
6. Vestibule
7. Crête
8. Palais dur

Figure 13 : Surface d'Appui Prothétique maxillaire

III.2.3.2. Repères anatomiques mandibulaires

- Zone vestibulaire : freins médians, freins latéraux, zone du trigone rétro-molaire, zone de réflexion muqueuse
- Zone crestale
- Zone linguale : frein linguale, zone sublinguale, zone d'insertion du génio-glosse, ligne mylo-hyoïdienne, et zone rétro mylo-hyoïdienne.



Surface d'appui mandibulaire

1. Crête osseuse
2. Langue
3. Poches de Fish
4. Frein médian
5. Freins latéraux

Figure 14 : Surface d'Appui Prothétique Mandibulaire

III.2.4. Les indices de Housset

Les indices de Housset correspondent aux éléments anatomiques en relation avec les éléments prothétiques :

III.2.4.1. *Les indices spécifiques à la mandibule*

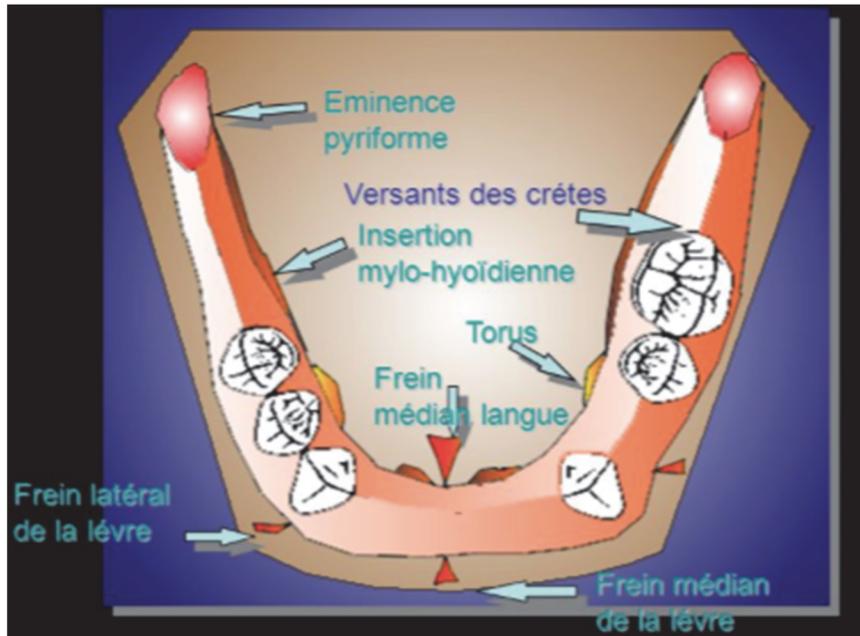


Figure 15 : Les indices de Housset à la mandibule

A) La ligne mylo-hyoïdienne :

Elle correspond à l'arrête osseuse au niveau de la branche montante de la mandibule. On l'appelle également la ligne oblique interne où s'insère le muscle mylo-hyoïdien. La prothèse peut blesser le patient si elle est positionnée trop au-dessus (pincement de la muqueuse) ou trop en dessous de la ligne oblique interne (douleur à l'insertion).

B) Les apophyses géni :

C'est le point d'insertion de plusieurs muscles (4 insertions) :

- Génio-hyoïdien (muscle paire)
- Génio-glosse (muscle paire)

Lors d'un édentement, l'os se résorbe, la crête se retrouve alors au niveau des apophyses géni.

C) Les tori mandibulaires :

Ce sont des excroissances osseuses qui se trouvent à l'aplomb des apex des prémolaires mandibulaires. Elles peuvent provenir d'un traumatisme sur les prémolaires (contacts travaillants).

D) Le frein lingual médian :

Il se situe en regard des incisives mandibulaires, il est entouré par les caroncules de la glande submandibulaire.

La prothèse ne doit pas venir comprimer ces caroncules sinon cela entraînera une lithiase salivaire.

E) Éminences pyriformes :

Elles sont situées à l'aplomb des dents de sagesse mandibulaires. C'est un résidu anatomique de consistance fibreuse qui peut être :

- Adhérent à l'os sous-jacent → indice favorable (positif) à la sustentation et la stabilisation des prothèses
- Mobilisable → Indice non favorable (négatif)

III.2.4.2. Les indices spécifiques au maxillaire

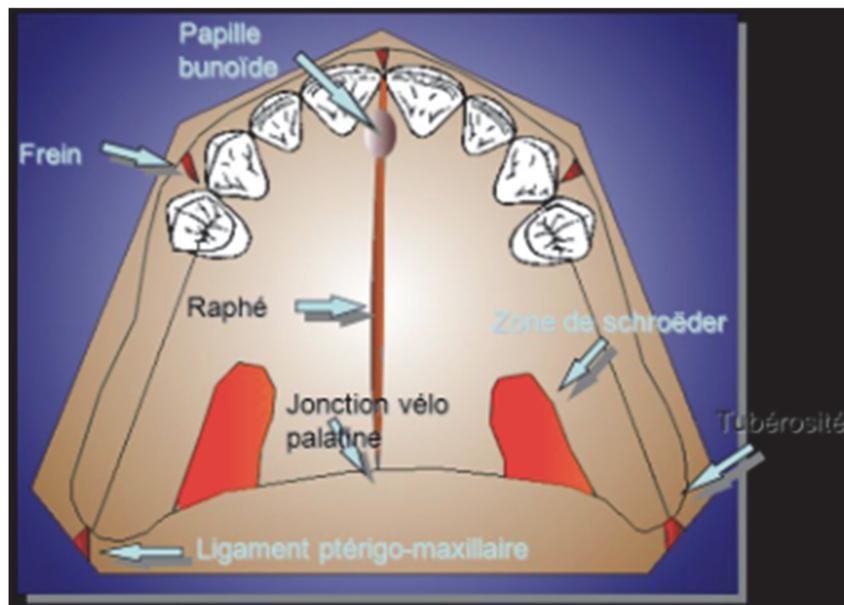


Figure 16 : Les indices de Housset spécifique au maxillaire

A) Le raphé médian :

C'est un épaissement osseux en forme de renflement longitudinal au centre du palais. Il peut prendre trois formes :

- En V concave → indice négatif, risque de blessure, il faudra décharger la prothèse à ce niveau-là
- En V convexe → indice négatif, risque de fracture de la prothèse
- Plat → indice positif

Dans le cas de raphé médian en V, il sera donc plus compliqué d'enregistrer la surface d'appui avec la caméra, cela nécessitera une profondeur de champ plus importante que l'on peut retrouver sur les nouvelles caméras.

B) Les zones de Schröder :

Elles sont situées entre la première molaire et le voile du palais. Ce sont des zones dépressibles : lors de l'empreinte celles-ci vont être compressées. L'empreinte numérique, ne compressant pas les tissus mous, permettra donc un meilleur enregistrement de cette zone.

C) La voûte palatine :

Il existe trois formes :

- Palais plat : permet une bonne sustentation de la prothèse, mais l'opposition de la prothèse aux déplacements transversaux (stabilisation) ne sera pas adéquate.
- Palais galbé : la forme la plus favorable (sustentation et stabilisation).
- Palais très profond : souvent combiné avec un raphé médian creux, il entraîne une moins bonne sustentation avec un risque de blessures.

D) La jonction vélo-palatine :

Pour distinguer la jonction vélo-palatine, il faut faire prononcer au patient « A ».

Il existe trois cas de figures :

- Le palais ne se déplace presque pas → indice positif
- Le voile du palais se déplace en faisant un angle de 45° → la prothèse ne devra alors pas dépasser le jonction vélo-palatine.
- Le voile du palais oblique → indice négatif, la limite distale de la prothèse devra être positionnée environ 3mm avant le voile du palais.

E) La papille bucco-palatine :

Elle surplombe le canal naso-palatin, cette zone ne doit pas être comprimée par la prothèse car un paquet vasculo-nerveux y trouve son chemin.

F) Les papilles palatines :

Elles existent sous deux formes :

- Atténuée → indice positif
- Très en relief → indice négatif

G) Les tubérosités :

Elles correspondent aux zones des dents de sagesse maxillaire, elles sont très souvent exploitables pour augmenter la sustentation de la prothèse sauf en cas de contre-dépouille vestibulaire.

III.3. L'enregistrement de la SAP par les empreintes

Avant l'enregistrement, il conviendra d'obtenir une SAP stabilisée définie comme structure anatomique pouvant être recouverte par une plaque base dont l'insertion sera atraumatique, et dont l'appui répondra aux impératifs de Housset : absence de lésions tissulaires et dispositifs stables et rétentifs.

III.3.1. Caractéristiques des empreintes

Il faudra prendre en compte l'enregistrement simultané de plusieurs tissus :

- La base osseuse qui est recouverte d'une fibromuqueuse plus ou moins dépressible (cela correspondra à l'intrados de la prothèse).
- La muqueuse libre, mobilisée par les organes périphériques (insertions).

Deux types d'enregistrement seront nécessaires :

- **Empreinte primaire** : réalisée avec un porte empreinte de série (PES), en vue d'obtenir un porte empreinte individuel (PEI).
- **Empreinte secondaire** : réalisée avec le PEI comprenant l'empreinte centrale et l'empreinte périphérique, en découlera un moulage de travail sur lequel sera réalisée la prothèse amovible complète.

III.3.2. Les objectifs

L'empreinte primaire a pour objectif d'obtenir un modèle en plâtre destiné à la réalisation d'un PEI et de reproduire le plus précisément possible toutes les structures et repères topographiques des SAP.

L'empreinte secondaire a pour objectif d'enregistrer la zone de réflexion muqueuse mobilisable.

Cet enregistrement en pratique provoque un déplacement des différents composants des SAP du fait :

- De la viscosité du matériau
- De la configuration du PES exerçant un refoulement des structures para-prothétiques
- De l'ouverture buccale

III.3.3. Le choix du matériau d'enregistrement

Pour choisir le matériau d'empreinte nous devons tenir compte de différentes propriétés :

- Précision
- Temps de prise court
- État de surface
- Compatibilité avec le matériau de réplique
- Manipulation aisée

Les différentes catégories de matériaux utilisables :

- **Plâtre** : C'est le seul matériau ne provoquant pas de déformation des tissus (car non compressif). Mais attention le retrait de l'empreinte entraîne des fractures du matériau dans les zones de contre dépouille
- **Hydrocolloïdes irréversibles (alginates)** : Matériaux les plus souvent utilisés.
- **Élastomères (silicones)** : Facilité d'utilisation et une grande variété de viscosité

III.3.4. Les critères de choix du Porte Empreinte de Série (PES)

Les PES sont présentés dans des coffrets, ils présentent les caractéristiques suivantes :

- Configuration de l'intrados reproduisant une arcade édentée.
- Un profil permettant l'enregistrement des surfaces linguales des SAP
- Différentes dimensions transversales
- Un système de préhension n'interférant pas avec la lèvre
- Des appuis sur l'extrados au niveau mandibulaire

III.3.5. Les différents temps opératoires

Les temps de l'empreinte primaire :

- 1) Choix du PES
- 2) Adaptation du PES (cales, extensions linguales/palatines avec du Stents)
- 3) Préparation du matériau d'enregistrement et remplissage du PES
- 4) Insertion du PES puis mobilisation des organes para-prothétiques
- 5) Retrait du PES
- 6) Analyse de l'enregistrement

L'empreinte sera ensuite décontaminée avec d'être envoyée au laboratoire où le prothésiste réalisera la coulée, puis le tracé et la réalisation du PEI.

Les temps de l'empreinte secondaire :

- 1) Essayage et adaptation du PEI sur le modèle en plâtre puis en bouche
- 2) Réalisation du joint périphérique (pâte de Kerr, ou Permanyde orange) puis test du joint (bruit de succion)
- 3) Réalisation de l'empreinte centrale

Les empreintes jouent donc un rôle primordial dans l'enregistrement des SAP et dans la rétention de la PAC.

Ces empreintes conventionnelles peuvent être remplacées par les empreintes optiques ? Et surtout est-ce que la précision de la CFAO pourrait nous permettre de sauter l'étape de l'empreinte secondaire ?

Le cas clinique expliqué ci-dessous va constituer une ébauche de réponse.

IV. CAS CLINIQUE : Comparaison de l’empreinte primaire conventionnelle et de l’empreinte primaire réalisée à l’aide de la caméra optique Trios de 3 Shape

Dans ce cas clinique, nous avons réalisé, sur la même patiente, deux empreintes primaires :

- Une réalisée avec de l’**alginate**
- Une réalisée avec la **caméra optique Trios de 3 Shape**

Le but de ce cas clinique est de comparer la précision de ces deux empreintes à partir des PEI qui en découlent.

En effet, nous allons comparer le PEI fabriqué à partir de l’empreinte à l’alginate, le PEI numérisé à partir de l’empreinte optique (CFAO directe) réalisé avec le scanner intra oral, et nous allons également numériser le moulage en plâtre issu de l’alginate pour fabriquer un troisième PEI, qui aura donc été confectionner en CFAO indirecte.

L’intérêt d’effectuer ce troisième PEI est de comparer trois méthodes pour réaliser le PEI :

- La méthode conventionnelle : empreinte à l’alginate
- La CFAO directe
- La CFAO indirecte

IV.1. Réalisation des empreintes primaires

IV.1.1. L’empreinte primaire à l’alginate

On réalise l’empreinte primaire à l’aide d’un porte empreinte de Schreinemackers qu’on remplit d’alginate puis qu’on insère en bouche.

Pour réaliser une bonne empreinte il faut être dans les conditions suivantes :

- Absence de bulles
- Porte empreinte centré sur le nez
- Englober tous les éléments anatomiques



Fig 17 : Empreinte primaire à l’alginate avec un PE de Schreimackers

IV.1.2. L’empreinte primaire optique

En parallèle :

On réalise l’empreinte primaire par la méthode d’empreinte optique à l’aide du scanner intra oral Trios de chez 3 Shape.



Fig 18 : Caméra Trios de chez 3 Shape

Pour réaliser une bonne empreinte il faut être dans certaines conditions :

- Éliminer au maximum la salive par une aspiration rigoureuse ou par des bains de bouche à la Chlorhexidine avant de faire l’empreinte pour assécher la cavité buccale.
- La position orthostatique du patient : pour mettre le minimum de tension des éléments anatomiques péri prothétique
- Idéalement être en binôme pour s’assurer d’un confort dans la gestuelle



Fig 19 : Mise en place du scanner intra oral

Après avoir évacuer au maximum la salive, nous réalisons l'empreinte.
L'embout du scanner doit être soigneusement nettoyé et poli avec un papier sec pour optimiser au maximum la qualité de l'empreinte.

Pour réaliser l'empreinte numérique :

- Bien écarter les joues et la langue à l'aide d'un miroir
- Éliminer la salive
- Se positionner avec l'embout le plus proche possible de la surface d'appui
- Prendre l'empreinte en suivant l'écran de la caméra
- Insister sur les zones de contre dépouilles (surtout au niveau du vestibule) qui sont plus complexe à enregistrer

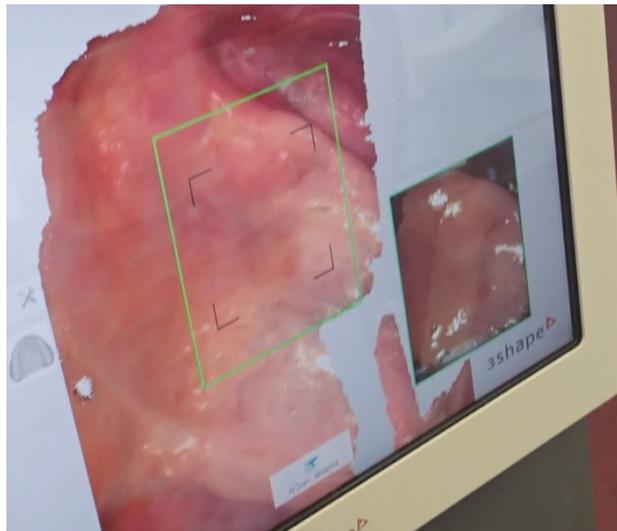


Fig 20 : Acquisition de l'empreinte

Le document ci-dessus (Fig 20) nous montre le déroulement de l'acquisition :

- À droite de la figure nous voyons l'image que filme le scanner
- À gauche de la figure nous apercevons l'acquisition de l'empreinte
- Le carré vert sur la partie gauche correspond à ce que filme le scanner (à droite) à l'instant t.

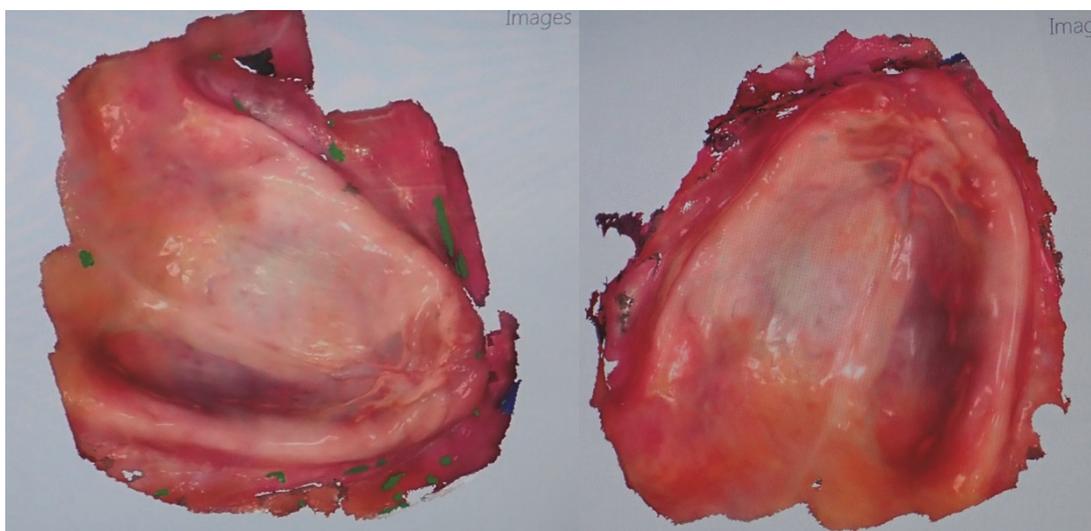


Fig 21 : Empreinte primaire réalisée à l'aide de la caméra optique

Les zones en vertes (Fig 21) correspondent à des zones non enregistrées par la caméra qui seront comblées par le logiciel avant de réaliser le PEI.

Nous avons la possibilité de couper les images en surplus, par exemple si on a enregistré un bout de lèvres ou de langue qui se superposent avec l'empreinte. L'avantage principal de cette empreinte est le fait qu'elle est non compressible, comparée à l'alginate.



Fig 22 : Zones non enregistrées

Dans le secteur antérieur (Fig 22), une zone importante n'a pas pu être enregistrée, ce défaut pourra être éventuellement corrigé par le prothésiste lorsqu'il numérisera l'empreinte

IV.2. Réalisation des Porte Empreinte Individuelle (PEI)

IV.2.1. Réalisation du PEI issu de l’empreinte à l’alginate

Dans notre étude :

Le PEI est fabriqué entièrement en résine sur le modèle en plâtre issu de l’empreinte primaire, il est rigide et indéformable.

Ils sont surmontés d’un bourrelet d’occlusion présentant les mêmes caractéristiques pour les trois



Fig 23 : PEI issu de l’alginate

IV.2.2. Modélisation et conception du PEI issu de l’empreinte optique

IV.2.2.1. Modélisation de l’empreinte optique

L’étape de modélisation de l’empreinte optique peut être comparée, par rapport à la méthode conventionnelle, à la réalisation du modèle en plâtre.

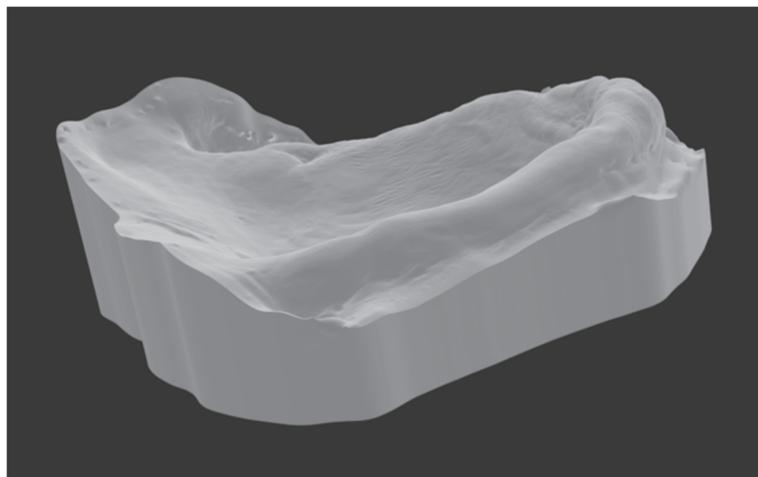


Fig 24 : Modélisation de l’empreinte optique

Une fois l’empreinte optique modélisé (Fig 24), le modèle sera imprimé puis un PEI sera réalisé :

- Soit de manière conventionnelle (en résine)
- Soit réalisé numériquement et imprimé

Dans le cas de notre étude tous les PEI seront réalisés de manière conventionnelle.

Durant cette étape le prothésiste peut retoucher le modèle, dans ce cas-là il a d’ailleurs corrigé le manque d’enregistrement au niveau du secteur antérieur, que nous pouvons voir ci-dessous (Fig 25).

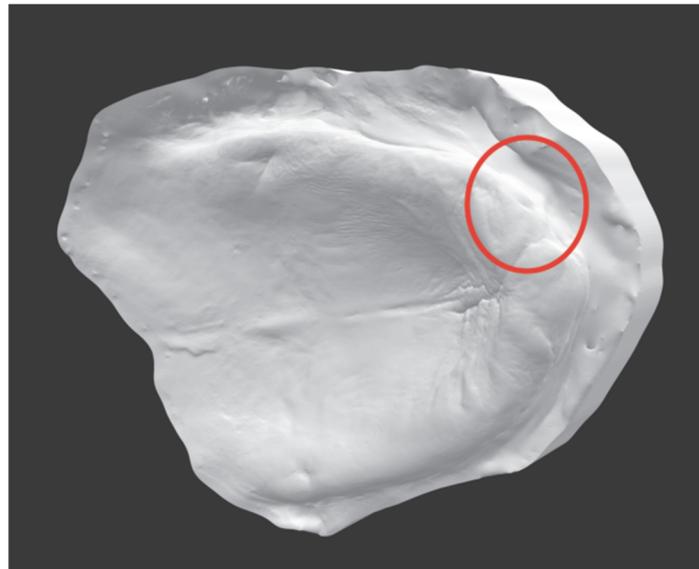


Fig 25 : Correction de la zone non enregistrée

Le prothésiste va ensuite imprimer ce modèle (Fig 26) qui servira de support à la réalisation du PEI.



Fig 26 : Impression du modèle

C’est à partir de ce modèle que sera fabriqué le PEI (Fig 27).

IV.2.2.2. Conception du PEI

Pour que la comparaison soit optimale, les trois PEI vont être réalisés avec le même matériau : en résine photo-polymérisable et bourrelet d'occlusion avec les mêmes dimensions sur les 3 modèles.

À partir du modèle imprimé, un PEI conventionnelle en résine est fabriqué :



Fig 27 : PEI résine découlant de l’empreinte primaire optique

IV.2.3. Modélisation et conception du PEI issu de la CFAO indirecte

IV.2.3.1. Réalisation de l’empreinte optique du moulage en plâtre

Pour réaliser ce troisième PEI, nous effectuons à l’aide de la caméra Trios l’empreinte optique du moulage en plâtre issu de l’empreinte primaire à l’alginate, on réalisera alors un PEI issu de la CFAO indirecte.



Fig 28 : Empreinte optique du moulage en plâtre

Nous réalisons ce modèle pour plusieurs raisons :

- Comparer la technique de CFAO directe et indirecte
- Évaluer la précision du modèle en plâtre modélisé par rapport au modèle en plâtre réalisé à partir de l’alginate

Ce PEI va nous permettre de savoir si, l’empreinte optique du moulage en plâtre issu de l’alginate nous offre (ou non) une meilleure précision.

IV.2.3.2. Réalisation du PEI issu de la CFAO indirecte



Fig 29 : PEI issu de la CFAO indirecte

IV.3. Comparaison des PEI

IV.3.1. Réalisation des empreintes « type secondaires » sur chaque modèle

Pour comparer la précision des trois PEI nous allons étudier l'épaisseur de l'interface entre les différents PEI et modèle.

Pour cela :

Nous avons des PEI de même épaisseur, des cires d'occlusion de même épaisseur et de même hauteur

Nous allons remplir les PEI d'un matériau type **élastomère polysulfuré** (également connu sous le terme de thiocol) qui présente une très grande résistance au déchirement.

Tout d'abord les différents modèles et l'intrados des PEI seront isolés à l'aide de vaseline et d'un pinceau.

Le matériau sera ensuite placé dans l'intrados de chaque PEI.

Pour effectuer une pression équivalente, un moufle (d'environ 2 kg) sera posé sur chaque PEI remplis du matériau à empreinte. (Fig 32)

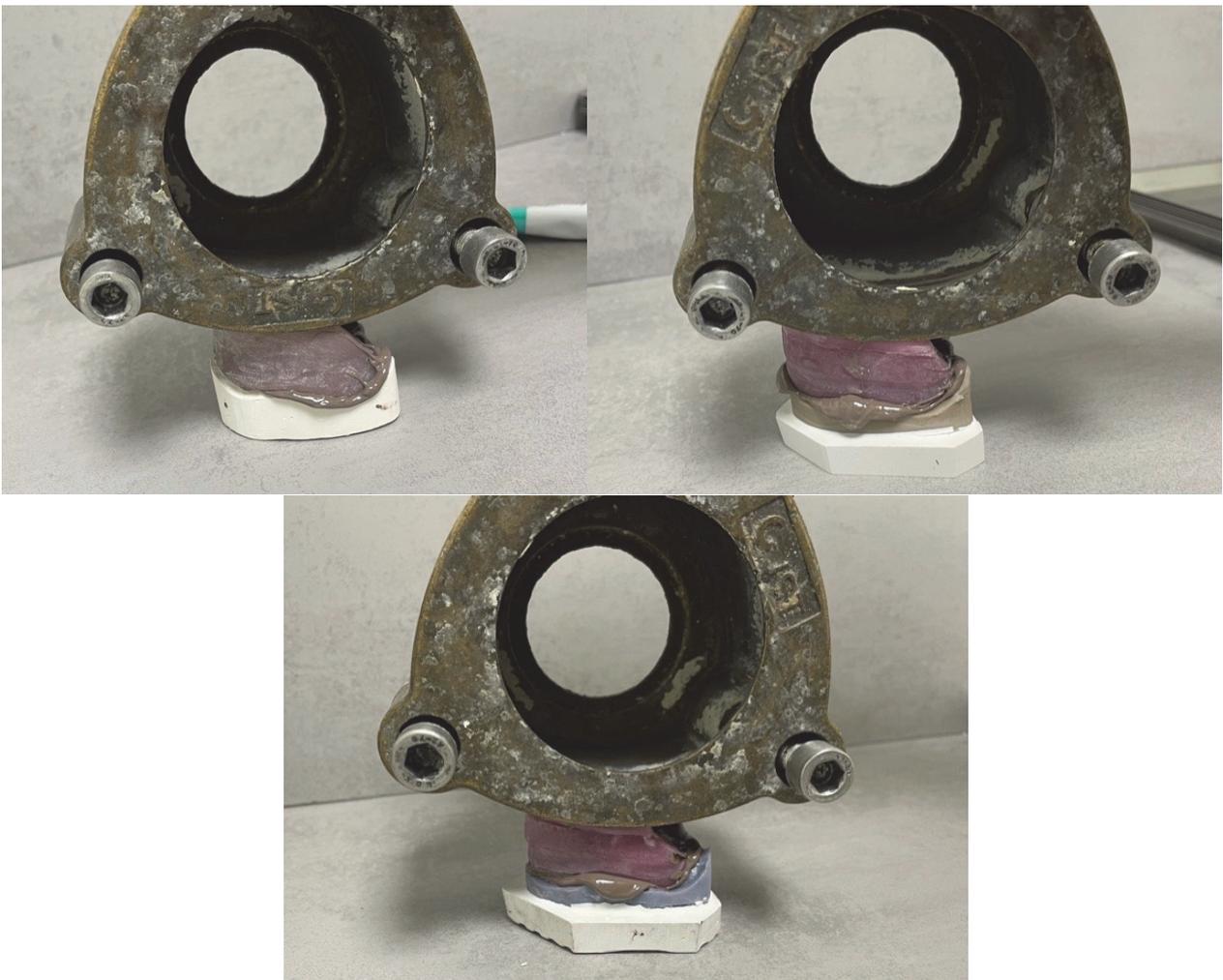


Fig 30 : Dépose du moufle sur chaque PEI

+Ensuite, le matériau sera décollé du PEI, découpé à l'aide d'un bistouri au niveau du raphé médian puis nous procéderons à 3 mesures.

Protocole de mesure :

Pour mesurer l'écart type entre les différents PEI nous allons définir trois points à mesurer, reproductible sur les trois modèles :

- **Mesure 1** : le point correspondant à la zone rétro incisive sur notre plan de coupe
- **Mesure 2** : le point correspondant au post dam sur notre plan de coupe
- **Mesure 3** : le point équidistant aux points 1 et 2 sur notre plan de coupe

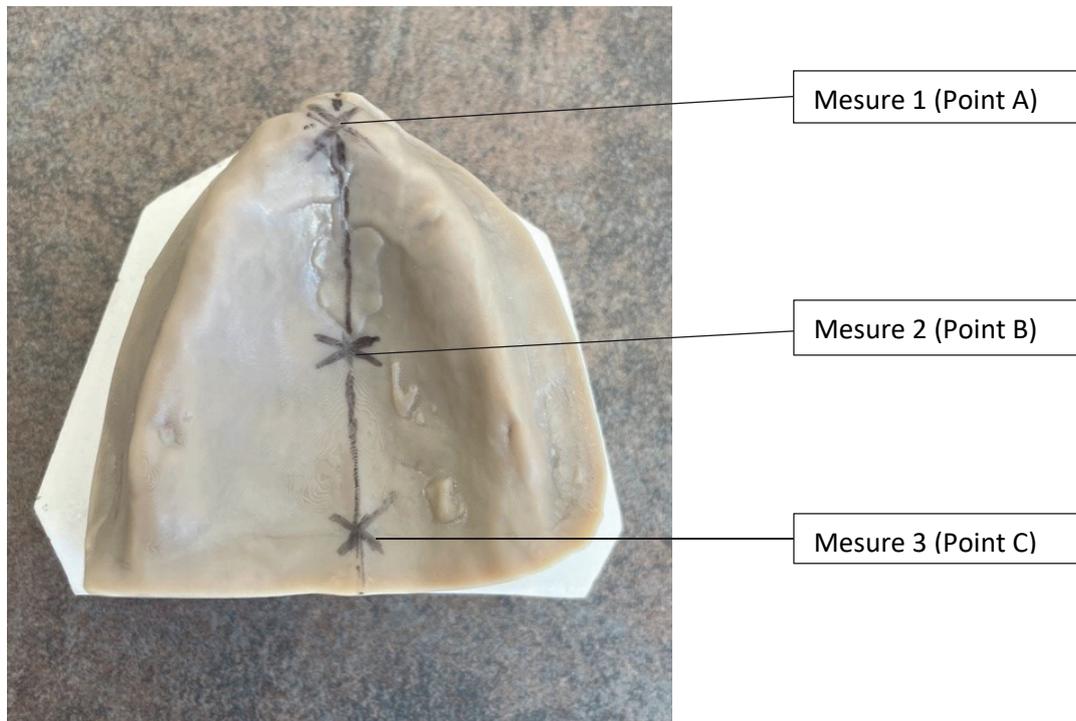


Fig 31 : Les trois points de mesures

La photo ci-dessus (Fig 31) nous montre les différents points de comparaison de l'étude :

- Le premier point correspond à la zone rétro incisive sur le plan du raphé médian
- Le deuxième point est le point équidistant au point A et C sur le plan de raphé médian
- Le troisième point correspond à l'intersection entre la jonction vélo palatine et le raphé médian

Nous avons choisi d'effectuer les mesures au niveau du raphé médian car c'est la zone la moins compressive.

IV.3.2. Mesure de l'épaisseur du matériau sur chaque modèle

Nous procédons ensuite aux mesures des épaisseurs de thiocols issu des empreintes dites « secondaires » sur les différentes portes empreintes individuels au niveau de ces trois points.

Les mesures sont réalisées à l'aide d'un pied à coulisse électronique d'une précision au centième de millimètres.

Elles vont nous permettre de comparer la précision des trois PEI.

Nous réaliserons un tableau récapitulatif (Fig 41) et nous calculerons les écarts types (Fig 43) des mesures entre les différents PEI nous permettant de juger les différences.

IV.3.2.1. PEI n°1 : issu de l'empreinte à l'alginate



Fig 32 : Mesure du point A



Fig 33 : Mesure du point B



Fig 34 : Mesure du point C

IV.3.2.2. PEI n°2 : issu de l’empreinte optique du modèle en plâtre (CFAO indirecte)



Fig 35 : Mesure au point A



Fig 36 : Mesure au point B



Fig 37 : Mesure au point C

Par rapport au PEI issu de l’empreinte à l’alginate, nous pouvons noter une épaisseur de matériau beaucoup moins importante au niveau des trois points décrits plus haut. Cela traduit une meilleure précision de ce PEI.

Nous traiterons l’ensemble des résultats dans un tableau (Fig 41).

IV.3.2.3. PEI n°3 : issu de l’empreinte optique (CFAO directe)



Fig 38 : Mesure au point A



Fig 39 : Mesure au point B



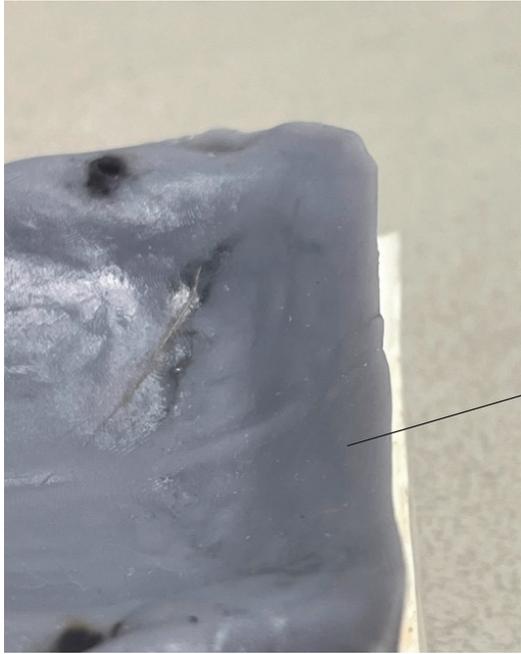
Fig 40 : Mesure au point C

	PEI 1 issu de l'alginate	PEI 2 CFAO indirecte	PEI 3 CFAO directe
MESURE A	1.36	0.81	0.55
MESURE B	1.32	0.88	0.62
MESURE C	0.95	0.64	0.82

Fig 41 : Tableau récapitulatif des différentes mesures

Pour les mesures au point A et B nous notons que l'épaisseur de matériau est la plus faible par rapport au deux autres PEI.

Cependant au niveau du point C correspond au post dam l'épaisseur de matériau est plus importante que le PEI issu de la CFAO indirecte, cela peut s'expliquer par la présence d'une concavité importante sur le modèle juste après le post dam (Fig. 42) ou à une inégalité de pression postérieure ou bien également à une inégalité de dépression muqueuse peu étonnante à cet endroit anatomique.



Concavité importante ayant diminué la précision du PEI

Fig 42 : Présence d'une concavité sur le modèle imprimé issu de l'empreinte numérique

IV.3.3. Écart-type des différentes mesures

$\Delta 1$: écart type entre PEI1 et PEI2
 $\Delta 2$: écart type entre PEI1 et PEI3
 $\Delta 3$: écart type entre PEI2 et PEI3

Écart type	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
Mesure A	0.55	0.81	0.26
Mesure B	0.44	0.70	0.26
Mesure C	0.31	0.13	-0.18

Fig 43 : Tableau des écarts-type

L'écart type entre les différentes épaisseurs semblerait nous montrer que, au vu de notre cas :

- Les empreintes réalisées à l'aide de la CFAO sont plus précises qu'une empreinte à l'alginat
- La technique de la CFAO directe semble être, au vu de notre cas, la technique de choix pour réaliser l'empreinte primaire.

V. CONCLUSION

L'objet de cette thèse était d'amorcer une étude comparative plus étendue entre une empreinte conventionnelle à l'alginat et une empreinte optique par CFAO au niveau du maxillaire.

Afin de définir un protocole d'analyse comparative entre ces deux méthodes

Nous avons donc réalisé :

- 1) Des empreintes :`
 - De manière conventionnelle avec une empreinte à l'alginat
 - De manière numérique par méthode CFAO directe et indirecte à l'aide de la caméra intraoral Trios de chez 3Shape
- 2) Trois porte empreinte individuels en résine photo polymérisable découlant des différentes empreintes primaires avec des bourrelets d'occlusion de mêmes dimensions pour permettre une pression équivalente sur toute la surface des PEI lors de l'étude.
- 3) Trois empreintes dites « secondaires » avec chacun des PEI correspondant, réalisé avec du thiocol pour reproduire la situation clinique.

Nous avons ensuite mesuré l'épaisseur de l'interface PEI – modèle, grâce au matériau d'empreinte secondaire (thiocol) avec un pied à coulisse de précision.

Nous avons, in fine, analysé et comparé les différentes mesures et leur écart type. Cette étude a permis de mettre en évidence que, dans ce cas-là, le numérique nous a apporté un gain net de précision :

En effet, l'écart type $\Delta 1$ correspondant aux différences entre les mesures du PEI issu de l'empreinte à l'alginat (PEI1) et celle du PEI issu de la CFAO et $\Delta 2$ correspondants aux différences entre les mesures issues du PEI1 et celle du PEI issu de la CFAO directe (PEI3) nous montre une différence significative en faveur de la précision des PEI issu des empreintes numériques (directe et indirecte).

Nous expliquons l'incohérence de la mesure au point C sur le PEI3 par la présence d'une concavité importante en regard du post dam ou une différence de dépression muqueuse.

Pour émettre une conclusion scientifiquement vérifiable il faudrait réaliser cette étude sur un échantillonnage plus important.

Nous avons soulevé cependant certaines discussions :

L’empreinte numérique est :

- Non compressible sur la muqueuse
- Éviter le réflexe nauséux
- Apporte une précision accrue
- Permet de revenir sur l’empreinte en cas de manques
- Annule le transport entre labo et cabinet → gain de temps

Mais :

- Le coût est important
- Nécessite une habitude d’utilisation
- La salive empêche une acquisition précise
- Difficultés d’enregistrement des zones de contre dépouille

L’empreinte à l’alginate est :

- L’empreinte de choix depuis des années
- Facilité d’utilisation
- Faible coût

Mais :

- C’est une empreinte compressible
- Pas agréable pour le patient surtout si réflexe nauséux
- Possibilités de bulles
- Possibilité de tirage lors de la coulée du plâtre
- Nécessite transport entre cabinet et laboratoire

Le but essentiel de ce travail est bien évidemment de mettre en place un protocole de mesures plus dirigés sur ce type de comparaison d’empreinte, aussi bien à la mandibule qu’au maxillaire ; et de l’étendre sur un échantillonnage statistiquement valable et reconnu pour pouvoir confirmer et valider ce résultat et par conséquent ce type d’empreinte.

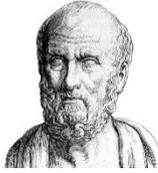
Dans ce cas, l’empreinte par CFAO pourrait entrer dans un protocole consensuel de soin prothétique conventionnel.

Table des figures

Fig 1. État prothétique chez les patients âgés de 65 à 74 ans	1
Fig 2. Le Dr Wermer Mörmann (gauche) et Marco Brandestini (droite) présente en 1985 le premier prototype du CEREC 1 : le « lemon »	5
Fig. 3 : Principe général de la CFAO en dentisterie	6
Fig. 4 : La CFAO directe ou charside	7
Fig. 5 : le CEREC 3D en CFAO directe au cabinet	7
Fig. 6 : la CFAO semi directe	7
Fig. 7 : la CFAO indirecte.....	8
Fig. 8a : L’empreinte physico-chimique est directement scannée	9
Fig. 8b : scannage du modèle en plâtre issu de l’empreinte physico-chimique.....	9
Fig. 9 : modélisation du greffon en silicone à l’aide du gabarit et d’un silicone lourd	11
Fig. 10 : Modification des relations entre les crêtes résiduelles dues à la résorption centripète maxillaire et centrifuge mandibulaire, en coupe transversale.....	14
Fig. 11 : Classification d’Atwood : phases d’évolution de la crête antérieure à la suite des extractions..	14
Fig. 12 : Coupe histologique de la muqueuse buccale.....	15
Fig. 13 : Surface d’Appui Prothétique maxillaire.....	17
Fig. 14 : Surface d’Appui Prothétique Mandibulaire.....	17
Fig. 15 : Les indices de Housset à la mandibule	18
Fig. 16 : Les indices de Housset spécifique au maxillaire.....	19
Fig 17 : Empreinte primaire à l’alginate avec un PE de Schreimackers	23
Fig 18 : Caméra Trios de chez 3 Shape	24
Fig 19 : Mise en place du scanner intra oral	24
Fig 20 : Acquisition de l’empreinte.....	25
Fig 21 : Empreinte primaire réalisée à l’aide de la caméra optique	25
Fig 22 : Zones non enregistrées.....	26
Fig 23 : PEI issu de l’alginate.....	27
Fig 24 : Modélisation de l’empreinte optique.....	27
Fig 25 : Correction de la zone non enregistrée	28
Fig 26 : Impression du modèle	28
Fig 27 : PEI résine décollant de l’empreinte primaire optique	29
Fig 28 : Empreinte optique du moulage en plâtre	30
Fig 29 : PEI issu de la CFAO indirecte	31
Fig 30 : Dépose du moufle sur chaque PEI.....	32
Fig 31 : Les trois points de mesures	33
Fig 32 : Mesure du point A	34
Fig 33 : Mesure du point B	34
Fig 34 : Mesure du point C	35
Fig 35 : Mesure au point A	35
Fig 36 : Mesure au point B	36
Fig 37 : Mesure au point C.....	36
Fig 38 : Mesure au point A	37
Fig 39 : Mesure au point B	37
Fig 40 : Mesure au point C.....	38
Fig 41 : Tableau récapitulatif des différentes mesures.....	38
Fig 42 : Présence d’une concavité sur le modèle imprimé issu de l’empreinte numérique	39
Fig 43 : Tableau des écarts-type.....	39

VI. BIBLIOGRAPHIE

- (1) La prothèse complète : Réalité clinique et solutions thérapeutiques - HUE O. BERTERETCHE M.V.
- (2) La santé bucco-dentaire en chiffre. Dossier COME ADR Paris: 1998.
- (3) Les empreintes en prothèse amovible complète conventionnelle : historique et état des lieux –DUBERTRAND M.
- (4) DESCAMP F., FAGES M. La CFAO en odontologie. Editions CdP, 240 pages. 2016.
- (5) CNIF. Le guide de la CFAO dentaire (Internet). 2013. Disponible sur: file:///Users/admin/Library/Application%20Support/Firefox/Profiles/tg75pwxg.default/zotero/storage/NQR56ME5/Guide_CFAO.pdf
- (6) BEZIER P. Place de la CFAO dans l'industrie automobile (Internet). 1992 Disponible sur : http://documents.irevues.inist.fr/bistream/handle/2042/32742/C%26T_1992_25_83.pdf?sequence=1.
- (7) DURET F., DURET B., PELISSIER B. CFAO, Histoire vécue : le Temps des pionniers. L'information Dentaire. 5 sept 2007.
- (8) DURET F., empreinte optique (Internet). 1973. Disponible sur <file:///Users/admin/Library/Application%20Support/Firefox/Profiles/tg75pwxg.default/zotero/storage/WGNKFNIP/document%2010.pdf>
- (9) DURET F., DURET B., PELISSIER B. CFAO, Le temps des démonstrations. Information Dentaire. 5 sept 2007 (9)
- (10) ANDERSSON M., RAZZOG M.E., ODÉN A., HEGENBARTH E.A., LANG B.R.. Procera: a new way to achieve an all-ceramic crown. Quintessence Int. Mai 1998; 29(5):285-96.
- (11) FAGES M., RAYNAL J., MARGERIT J. La CFAO directe aujourd'hui, principes généraux. Information Dentaire. Nov 2008;(38):2273-9.
- (12) RAYNAL J. La dentisterie moderne à l'heure de la CFAO directe par le CEREC3 3D. Le Fil Dentaire. Mai 2008;(33):20-1.
- (13) VAILLANT P. : Impératifs fondamentaux à respecter lors de la conception et de la réalisation d'une prothèse ajointe partielle métallique
- (14) IDRIS B., HOUSTON F, CLAFFEY N. Comparison of the dimensional accuracy of one- and two-step techniques with the use of putty/ wash addition silicone impression material. J Prosthet Dent 1995 ; 74 : 535-541.
- (15) BRADEN M. : Characterization of the setting process in dental polysulfide rubbers. J Dent Res 1966 ; Jul-aug : 1065-1071.



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.

Admise 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 déshonorée et méprisée de mes confrères si j'y manque.

ARRIGHI Damien – Optimisation des empreintes primaires en prothèse amovible complète par la CFAO

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix-Marseille Université : 2022

Rubrique de classement : Prothèse

Résumé :

Nous avons réalisé une étude d'optimisation de l'empreinte primaire par la CFAO en prothèse amovible complète pour comparer l'empreinte primaire traditionnelle (à l'alginate) et l'empreinte primaire réalisée grâce à la CFAO.

Nous avons réalisé, au niveau de l'arcade maxillaire, trois PEI :

- Un PEI issu de l'empreinte à l'alginate
- Un PEI issu de la CFAO indirecte (numérisation du moulage en plâtre issu de l'alginate)
- Un PEI issu de la CFAO directe

Sur ces trois PEI, nous avons effectué une empreinte « type » secondaire puis comparé l'épaisseur de matériau entre les PEI et les modèles pour juger de leur précision.

Cette étude nous a permis de conclure que, dans notre cas, la technique par CFAO (directe et indirecte) a permis de réaliser une empreinte primaire beaucoup plus précise qu'avec de l'alginate.

Mots clés : Prothèse amovible complète, CFAO, porte-empreinte individuel, empreinte numérique, empreinte primaire.

ARRIGHI Damien – Optimization of primary impressions in complete removable prosthesis by CFAO

Abstract:

We carried out a study to optimize the primary impression using CFAO in a complete removable prosthesis to compare the traditional primary impression (with alginate) and the primary impression made using CFAO.

We then performed three individual impression tray at the level of the maxillary arch :

- An individual impression tray from the alginate impression
- An individual impression tray from indirect CFAO (digitization of the plaster cast from alginate)
- An individual impression tray from direct CFAO

On these three individual impressions tray, we performed a secondary "typical" impression then compared the material thickness between the individual impression tray and the models to judge their accuracy.

This study allowed us to conclude that, in our case, the CFAO technique (direct and indirect) made it possible to make a much more precise primary impression than with alginate.

Keywords : Complete removable prosthesis, CFAO, primary impression, digital impression, individual impression tray.