

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année : 2021

N° : 3711

**ÉVALUATION COMPARATIVE DES RESTAURATIONS
PROTHÉTIQUES AMOVIBLES PARTIELLES RÉALISÉES À PARTIR
D'EMPREINTES OPTIQUES OU CONVENTIONNELLES : REVUE
DE LA LITTÉRATURE**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

PELLERIN Emmanuel

Le 13 avril 2021 devant le jury ci-dessous

Président M. le Professeur Yves AMOURIQ

Assesseur M. le Docteur François BODIC

Assesseur Mme le Docteur Pauline BLÉRY

Directeur de thèse : M. le Docteur Pierre LE BARS

UNIVERSITE DE NANTES	
<u>Président</u> Pr BERNAULT Carine	
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE	
<u>Doyen</u> Pr GIUMELLI Bernard	
<u>Assesseurs</u> Dr RENADIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre	
PROFESSEURS DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	
Mme ALLIOT-LICHT Brigitte M. AMOURIQ Yves M. BADRAN Zahi M. GIUMELLI Bernard M. LABOUX Olivier M. LE GUEHENNEC Laurent	M. LESCLOUS Philippe Mme LOPEZ-CAZAUX Serena Mme PEREZ Fabienne M. SOUEIDAN Assem M. WEISS Pierre
PROFESSEURS DES UNIVERSITES	
M. BOULER Jean-Michel	
MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES	
Mme VINATIER Claire	
PROFESSEURS EMERITES	
M. JEAN Alain	
ENSEIGNANTS ASSOCIES	
M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)	Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)
MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES DES C.S.E.R.D.
M. AMADOR DEL VALLE Gilles Mme ARMENGOL Valérie Mme BLERY Pauline M. BODIC François Mme CLOITRE Alexandra Mme DAJEAN-TRUTAUD Sylvie M. DENIS Frédéric Mme ENKEL Bénédicte M. GAUDIN Alexis M. HOORNAERT Alain Mme HOUCHMAND-CUNY Madeline Mme JORDANA Fabienne M. LE BARS Pierre M. NIVET Marc-Henry M. PRUD'HOMME Tony Mme RENARD Emmanuelle M. RENAUDIN Stéphane Mme ROY Elisabeth M. STRUILLOU Xavier M. VERNER Christian	M. ALLIOT Charles Mme ARRONDEAU Mathilde Mme CLOUET Roselyne M. EVRARD Lucas M. GUIAS Charles M. GUILLEMIN MAXIME Mme HASCOET Emilie (en CM du 29/11/20 au 20/03/21) Mme HEMMING Cécile M. HIBON Charles M. KERIBIN Pierre M. OUVRARD Pierre Mme OYALLON Mathilde (à partir du 14/12/20) M. REMAUD Matthieu M. RETHORE Gildas M. SERISIER Samuel Mme TISSERAND Lise
PRATICIENS HOSPITALIERS	
Mme DUPAS Cécile	Mme HYON Isabelle
ATTACHES HOSPITALIERS	
M. ELHAGE Louis-Marie M. GLOMET Jérémy Mme PAGBE NDOBO Pauline Mme PREVOT Diane	Mme QUINSAT Victoire Mme RICHARD Catherine M. SARKISSIAN Louis-Emmanuel M. STURBE Nicolas

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le conseil de la faculté de chirurgie dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

Table des matières

INTRODUCTION.....	6
1 Prothèse amovible partielle et principes de réalisation	7
1.1 Généralités sur la prothèse amovible partielle.....	7
1.1.1 Classification des édentements	7
1.1.2 La triade de Housset (1) (2) (19)	8
1.1.3 Les mouvements fondamentaux de Tabet (19)	9
1.1.4 Importance de l'occlusion dans la réalisation prothétique (2)	10
1.2 Eléments de base d'une prothèse amovible partielle (1) (2) (22) (23) (6)	11
1.2.1 L'armature ou grand connecteur	11
1.2.2 Les selles (=appuis muqueux)	13
1.2.3 Les appuis dentaires	13
1.2.4 Les moyens de liaisons (24)	14
1.2.5 Les connexions.....	15
1.3 Réalisation d'une prothèse amovible partielle de manière conventionnelle	15
1.3.1 Analyse clinique (1) (2) (6) (19) (22).....	15
1.3.2 La phase pré-prothétique (1) (2) (6) (22) (25).....	16
1.3.3 Etapes pour la réalisation de la PAP à châssis métallique de manière conventionnelle. (1) (2) (6) (7) (22) (25) (26) (27) (28) (29) (30).....	18
2 Prothèse amovible partielle et outil informatique	23
2.1 Conception et Fabrication assistée par ordinateur, définition (34)(30).....	23
2.2 Historique (35).....	23
2.3 Utilisation en pratique dentaire (1) (11) (26) (36) (37)	23
2.3.1 Matériaux utilisés en CFAO	23
2.3.2 Les différents types de CFAO	23
2.4 L'empreinte optique (1) (26) (27) (13) (38) (39)	24
2.4.1 Numérisation 3D avec contact.....	24
2.4.2 Numérisation 3D sans contact	25
2.5 Réalisation de la PAP à l'aide de la CFAO indirecte (1) (36) (37) (26) (27) (40) (8) (12) (41) (42) (43) (44) (45) (46) (13) (47) (48) (14) (16) (49) (50) (51).....	27
2.6 Réalisation d'une PAP à l'aide de la CFAO semi-directe (1) (9) (10) (14) (15) (26) (27) (38) (41) 32	
2.7 Fabrication assistée par ordinateur (26) (37) (36) (38) (52).....	34
2.7.1 Fabrication de maquettes calcinables	34
2.7.2 Fabrication d'armatures métalliques (frittage ou micro-fusion des poudres)	37
3 Comparaison entre les méthodes conventionnelle et numérique	38
3.1 Méthodes de comparaison.....	40

3.1.1	Méthodes de comparaison clinique (8) (12) (40) (41) (46) (51) (53) (54) (55)	41
3.1.2	Méthodes de comparaisons au laboratoire (8) (40) (42) (43) (45) (48) (47) (50) (56) (57) (58) (59) (60).....	44
3.2	Résultats des études comparant les techniques de réalisations d'une PAP (41) (43) (45) (48) (51) (58) (60) (61)	46
Conclusion.....		57

Liste des abréviations :

PAP : prothèse amovible partielle

ATM : articulation temporo-mandibulaire

PEI : porte empreinte individuel

CFAO : conception/fabrication assistée par ordinateur

Co : Cobalt

Cr : Chrome

K-A : Kennedy-Appelgate

PEEK : polyéthercétone

STL : Stéréolithographie

INTRODUCTION

Lorsqu'un patient est partiellement édenté, différentes solutions s'offrent au chirurgien-dentiste dans le but de rétablir les fonctions masticatoires, phonétiques et esthétiques. En fonction des circonstances locales (1) (2), des pathologies d'ordre générales (3,4), de la demande esthétique ou encore des possibilités financières, la prothèse amovible partielle est régulièrement la restauration prothétique de choix (5).

Traditionnellement, la réalisation des prothèses amovibles partielles se faisait via plusieurs étapes (au laboratoire de prothèse et au cabinet) et par l'utilisation de différents matériaux à empreinte(1) (2) (6) (7).

Cependant, avec l'arrivée de l'informatique et des techniques d'impression 3D, de plus en plus de praticiens se penchent sur la réalisation de prothèses amovibles partielles grâce à l'utilisation de la CFAO (conception, fabrication assistée par ordinateur) (8–16). L'utilisation de la CFAO dans la pratique dentaire a fait ses preuves lors de la réalisation de prothèses fixes et est couramment utilisée dans ce domaine, dans la pratique quotidienne (17,18).

De ce fait, de plus en plus d'auteurs et de praticiens s'intéressent à son utilisation pour la réalisation de prothèses amovibles partielles avec différents intérêts et une complexité de réalisation différente du fait de l'étendue des surfaces à analyser ainsi que de la différence de composition des tissus enregistrés par les empreintes.

Nous allons donc exposer ici les méthodes utilisées pour la réalisation de prothèses amovibles partielles. Nous comparerons ensuite ces méthodes afin de savoir si la technique utilisée via la CFAO est fiable et reproductible sur les patients sur le long terme.

1 Prothèse amovible partielle et principes de réalisation

1.1 Généralités sur la prothèse amovible partielle

1.1.1 Classification des édentements

Il existe plusieurs classifications concernant les édentements. La plus utilisée, et celle dont on se servira ici est celle de Kennedy qui a ensuite été modifiée par Applegate, qui lui, va prendre en compte la présence ou non de canine (1) (2) (19) (20) (21). C'est la classification la plus répandue dans le domaine de la chirurgie dentaire.

Dans cette classification, il y a 6 catégories principales :

- Classe I : elle correspond à un édentement terminal bilatéral
- Classe II : Elle correspond à un édentement terminal unilatéral
- Classe III : Elle correspond à une édentement unilatéral postérieur encastré
- Classe IV : Elle correspond à un édentement antérieur bilatéral
- Classe V : édentement encastré avec perte d'au moins une canine.
- Classe VI : édentement encastré de faible étendue pouvant être traité par une prothèse fixée.

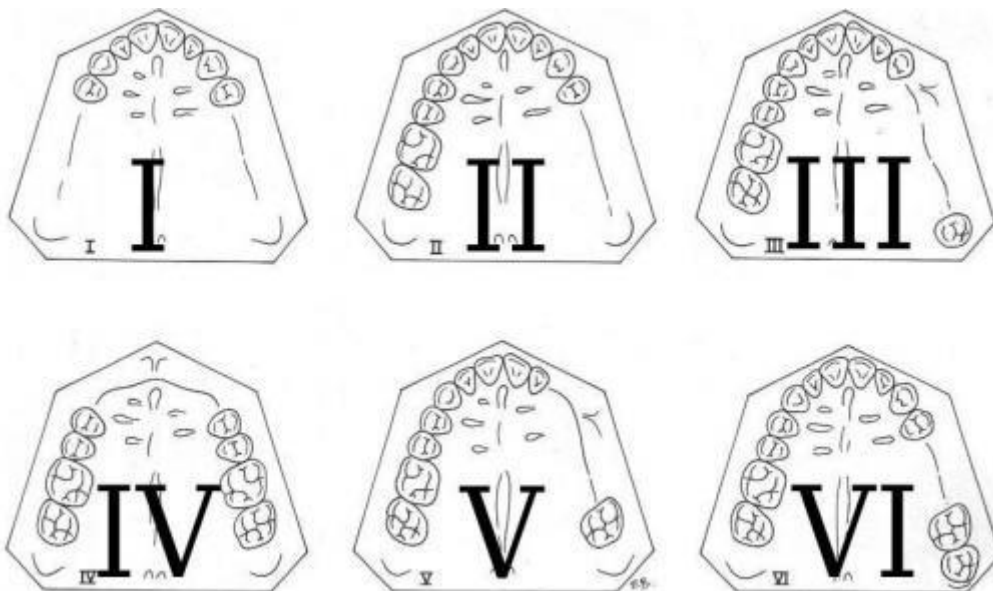


Figure 1 : Classification de Kenedy-applegate (d'après le site internet : <http://prothesedentaire.e-monsite.com/>)

Lorsque d'autres dents sont également absentes, on inclut, dans la classification, des subdivisions.

On choisit la Classe en fonction de l'édentement le plus postérieur et on inscrit le nombre de subdivision en fonction du nombre de groupe de dents absentes en plus de la classe principale.

Seul la classe IV ne présente pas de modification.

Dans le cas ci-dessous, la figure représente un édentement de Classe I subdivision 2.



Figure 2 : Classe 1 sub 2 (source : Al-Johany et Andres. -2008)

1.1.2 La triade de Housset (1) (2) (19)

La réussite du traitement prothétique est obtenue lorsque les rapports prothèse-tissus sont assurés en permanence pendant la fonction. Ainsi est réalisée la triade d'équilibre, définie par Housset : sustentation, stabilisation, rétention.

- Sustentation : elle correspond à « l'ensemble des forces axiales qui s'opposent à l'enfoncement de la prothèse dans ces tissus de soutien » (E. Batarec, 1989).
- Stabilisation : elle correspond à « l'ensemble des forces qui s'opposent aux mouvements de translation horizontale ou de rotation de la prothèse » (E. Batarec, 1989).
- Rétention : elle correspond à « l'ensemble des forces axiales qui s'opposent à l'éloignement de la prothèse de sa surface d'appui » (E. Batarec, 1989).

1.1.3 Les mouvements fondamentaux de Tabet (19)

Une arcade partiellement dentée présente deux structures d'appuis avec des compressibilités différentes qui sont les dents (0.1mm) et les fibromuqueuses (1mm). Cette particularité nécessite une empreinte anatomo fonctionnelle avec un matériau à empreinte visco-élastique

Pour Tabet (1961), une selle prothétique en extension, considérée isolément, peut-être sollicitée par l'association de 6 mouvements fondamentaux. 3 mouvements de translation et 3 mouvements de rotation.

- La translation verticale, elle sera maîtrisée par les taquet occlusaux et par la partie rétentive des crochets.
- La translation horizontale transversale.
- La translation horizontale mésio-distale.
- La rotation verticale.
- La rotation linguale et vestibulaire autour de l'axe longitudinal de la crête.
- La rotation dans le plan autour d'un axe vertical.

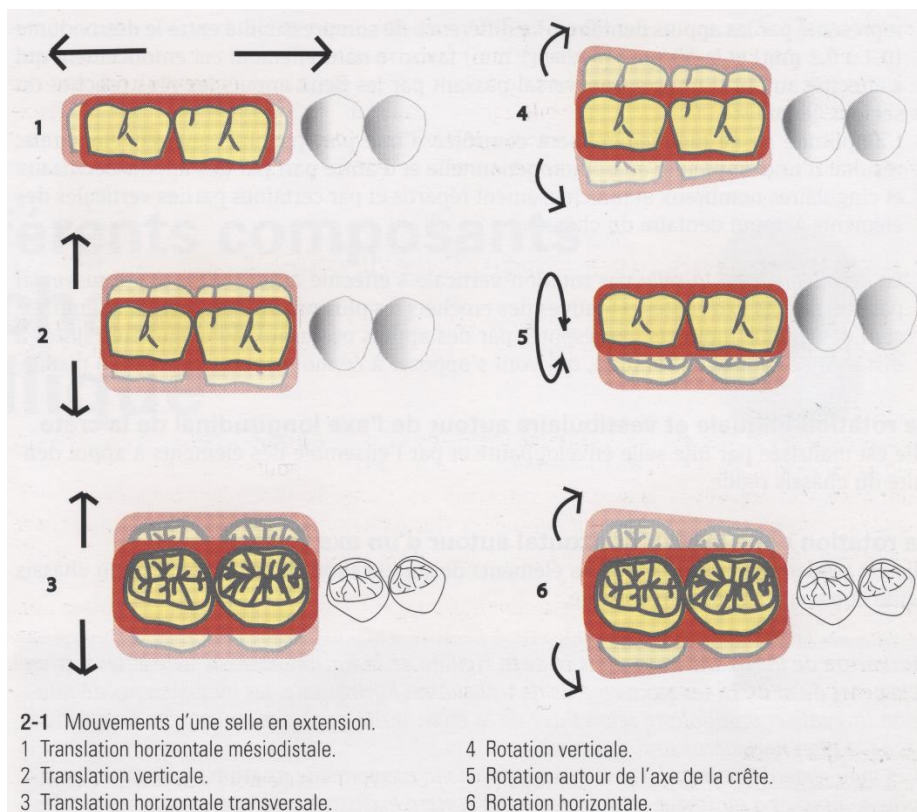


Figure 3 : Les mouvements de Tabet. (D'après Begin et al. -2004)

1.1.4 Importance de l'occlusion dans la réalisation prothétique (2)

L'occlusion est un facteur déterminant pour la stabilité de la restauration prothétique et de ce fait, participe à la préservation des structures dento-parodontales, ostéo-muqueuses et articulaires.

L'occlusion englobe des notions statiques :

- Rapports des dents entre elles
- Rapports des arcades entre elles
- Rapports des structures articulaires entre elles

Elle englobe également des notions dynamiques : les mouvements mandibulaires fonctionnels développés lors de la mastication, la déglutition, la phonation etc. Ils s'inscrivent dans une enveloppe de mouvements extrêmes autorisés par les structures articulaires, musculaires et parodontaux.

On y retrouve également des notions neurophysiologiques car les mouvements et les positions sont gérés par des mécanismes sensitivo-sensoriels qui déclenchent des réponses motrices adaptées.

En fonction de la classe d'édentement et des concepts occlusaux décrits ci-dessus, qui sont variables d'un patient à l'autre. Le choix du concept clinique lors de la thérapeutique sera différent.

En latéralité, il y a 3 concepts différents :

- Fonction canine, qui est la thérapeutique de choix.
- La fonction de groupe, est choisie en présence d'édentement de faible à moyenne étendue
- L'occlusion bilatéralement équilibrée, qui elle, est la thérapeutique de choix chez les patients avec des édentements importants voire totaux.

1.2 Éléments de base d'une prothèse amovible partielle (1) (2) (22) (23) (6)

En prothèse amovible partielle, plusieurs matériaux peuvent être utilisés, on différencie les prothèses transitoires en résine, qui sont plutôt à but transitoire, et les prothèses à châssis métal, qui ont pour objectif d'être utilisées pendant plusieurs années. Nous allons ici nous intéresser aux prothèses amovibles à châssis métal.



Figure 4 : Cadre pour prothèse amovible mandibulaire (source : McCracken et al. - 2011) ; légende : 1 : grand connecteur ; 2a : selles ; 2b et c : connecteurs mineurs ; 3 : taquet occlusaux ; 4 : partie active des crochets ; 5 : partie passive des crochets ; 6 : potence

1.2.1 L'armature ou grand connecteur

Tous les autres composants de la prothèse sont reliés à l'armature. Elle doit satisfaire 3 impératifs :

- La rigidité
- Le respect des tissus ostéo-muqueux
- Le confort du patient

Il existe différents types d'armature qui pourront être utilisés et qui seront choisis en fonction du cas clinique.

Exemple d'armature au maxillaire :

- La plaque large

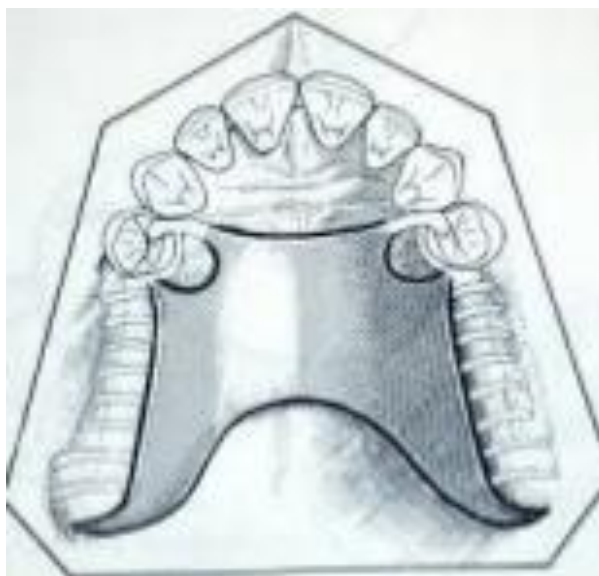


Figure 5 : plaque large (source : Gadra. A. -2015)

Exemple d'armature à la mandibule

- La barre linguale



Figure 6 : barre linguale (source : McCracken et al. -2011)

On remarque ici l'absence de bras de stabilisation au niveau des crochets.

1.2.2 Les selles (=appuis muqueux)

Elles recouvrent et englobent les crêtes édentées, elles permettent le support des dents prothétiques et de la résine de recouvrement (fausse gencive). Les selles ne doivent pas être en contact direct avec les muqueuses au risque de blesser le patient.



Figure 7 : selle prothétique (source : Gadra. A. -2015)

1.2.3 Les appuis dentaires

Ce sont des éléments métalliques faisant partie du châssis et qui viennent s'appuyer sur les surfaces dentaires. Ils permettent d'éviter l'enfoncement de la prothèse (sustentation). Il s'agit des taquets occlusaux et des appuis cingulaires.



Figure 8 : préparation appuis cingulaires (source : Gadra. A. -2015)

Lors d'un édentement encastré, les taquets occlusaux doivent être réalisés de part et d'autre de l'édentement. En cas d'édentement postérieur, il faut réaliser le taquet en mésial de l'édentement afin d'éviter d'avoir des forces iatrogènes sur la dent support du taquet.



Figure 9 : schéma d'une taquet occlusal (source : McCracken et al. -2011)

1.2.4 Les moyens de liaisons (24)

Ce sont les attachements de précisions et les crochets.



Figure 10 : schéma d'un crochet avec représentation de la ligne guide (source : McCracken et al. -2011)

Il existe 6 types de crochets principaux :

- Nailly-martinet
- Ackers
- En I
- En Y
- Back-action
- Cavalier.

Il existe 4 types d'attachements de précision :

- Extracornaires à liaison rigide
- Extracoronaires à liaison articulée
- Intracoronaires
- Supra-radicaux

1.2.5 Les connexions

Les connexions sont des parties métalliques permettant de relier l'armature aux autres éléments du châssis. Elles ont pour but de transmettre aux dents supports les forces développées pendant la mastication et d'accroître la résistance mécanique du châssis. Il faut les placer dans l'espace interdentaire en leur donnant une section de forme plus ou moins triangulaire, en présence d'un édentement encastré elles sont reliées directement aux grilles des secteurs édentés.



Figure 11 : châssis de PAP avec connexion (source : Gadra. A. -2015)

1.3 Réalisation d'une prothèse amovible partielle de manière conventionnelle

1.3.1 Analyse clinique (1) (2) (6) (19) (22)

- Le but de la prise en charge du patient va être de répondre à son motif de consultation.
- Ensuite nous allons analyser l'état de santé du patient (3,4).
- Nous réalisons ensuite un examen exo-buccal :
 - o La hauteur de l'étage inférieur de la face, afin de savoir si la dimension verticale est satisfaisante.
 - o La forme du visage de face et de profil.
 - o Le trajet du point inter incisif mandibulaire lors de l'ouverture buccal (permet d'évaluer les ATM).

- Une fois réalisé, nous faisons un examen endo-buccal, on regardera donc :
 - L'hygiène bucco-dentaire du patient.
 - La présence de prothèses réalisées dans le passé.
 - La formule dentaire.
 - L'état du parodonte.
 - L'occlusion.
 - La qualité des tissus muqueux.
 - La hauteur et qualité des tissus osseux.
 - Les tissus périphériques de soutien de la prothèse.

- On réalisera ensuite des examens complémentaires :
 - Un bilan radiologique rétro-alvéolaire associé à une radiographie panoramique dentaire.
 - Des modèles d'étude en plâtre issu d'empreinte à l'alginat. Ils permettent une analyse à l'aide d'un articulateur et d'un paralléliseur.

On pourra ensuite tracer le châssis de la future PAP, si c'est le projet prothétique retenu.

1.3.2 La phase pré-prothétique (1) (2) (6) (22) (25)

La réalisation de la prothèse définitive est la dernière étape du plan de traitement dans la prise en charge du patient. La cavité buccale doit être assainie et les dents doivent être compatibles avec la réhabilitation prothétique (parodonte et endodonte sain). Pour cela, il est nécessaire de réaliser parfois des ajustements afin d'avoir une intégration optimale de la prothèse.

1.3.2.1 Phases pré-prothétiques intéressant l'appui dento-parodontal

Plusieurs interventions seront réalisées sur les surfaces dentaires afin d'intégrer au mieux la prothèse dans la cavité buccale

- Coronoplasties, lorsque le patient ne souhaite pas réaliser de traitement orthodontique ou bien que ce dernier soit impossible.
- Prothèses fixées sur les dents restantes.

1.3.2.2 Phases pré-prothétique intéressant l'appui ostéo-muqueux

Afin d'obtenir une bonne adaptation de la prothèse et un confort optimal pour le patient, les crêtes édentées doivent présenter certaines caractéristiques. Lorsque ces caractéristiques ne sont pas présentes, des interventions chirurgicales concernant les muqueuses peuvent être réalisées.

Exemple : Freinectomie linguale



Figure 12 : freinectomie linguale (suture) (d'après le site internet : oralcamera.net)

Dans certains cas, les tissus osseux sont gênants pour la réalisation de prothèses.

Lorsque l'on souhaite supprimer ces tissus, une chirurgie est réalisée.

Lors d'interventions concernant les appuis ostéo-muqueux, il est intéressant de réaliser une PAP transitoire en amont qui sera rebasée de manière temporaire après la chirurgie afin de guider la cicatrisation post-chirurgicale.

1.3.3 Etapes pour la réalisation de la PAP à châssis métallique de manière conventionnelle.
(1) (2) (6) (7) (22) (25) (26) (27) (28) (29) (30)

1.3.3.1 Empreintes primaires (étape réalisée au cabinet)

Ces empreintes sont réalisées afin d'obtenir des modèles d'études pour l'analyse à sur un articulateur et au paralléliseur.

Elle est réalisée avec de l'alginate.

L'empreinte sera envoyée au laboratoire de prothèse dans le but de couler le positif en plâtre.



Figure 13 : empreinte à l'alginate (source : Merzouk et al. -2008)

1.3.3.2 Mise en articulateur, analyse au paralléliseur (vu précédemment) et réalisation d'un porte empreinte individuel (étape réalisée au labo de prothèse)

Suite à la coulée de l'empreinte, le technicien de laboratoire va réaliser un porte empreinte individuel.

Il est essentiel car un porte empreinte du commerce ne permettra pas d'analyser le jeu musculaire.

1.3.3.3 Empreintes anatomo-fonctionnelle

Les matériaux à empreintes dans la pratique dentaire doivent répondre à plusieurs critères :

- Compatibilité avec les tissus et les matériaux de réplique.
- Fidélité.
- Précision.
- Viscosités rapprochées.
- Temps de travail et de prise suffisants.
- Plasticité avant la prise et élasticité après la prise.

L'empreinte, en PAP, doit permettre de reproduire l'anatomie de tissus différents dans leur composition et leur rôle, la dépressibilité tissulaire de ces éléments étant différente, il faut apporter une bonne précision à l'empreinte afin que la prothèse soit le mieux adaptée possible. Le jeu musculaire doit également être enregistré afin d'apporter la meilleure stabilité possible à la prothèse.

Premièrement, il faut vérifier que le PEI soit adapté en bouche et éliminer les potentielles surextensions.

Ensuite, les joints périphériques du porte empreinte sont enregistrés secteur par secteur à l'aide de la pâte de Kerr®. Cela permet d'adapter parfaitement le porte empreinte au jeu musculaire du patient grâce à des mouvements réalisés par celui-ci.



Figure 14 : enregistrement du joint périphérique du porte empreinte (source : Merzouk et al. 2008)

Les polysulfures sont les matériaux les plus utilisés pour la réalisation d'empreintes anatomo-fonctionnelles en PAP.



Figure 15 : empreinte anatomo-fonctionnelle réalisée au permlastic (polysulfure) et coffrée (source : Merzouk et al. 2008)

1.3.3.4 Réalisation du châssis de la PAP

Suite à cette empreinte, le technicien de laboratoire coule l'empreinte en plâtre. Puis il effectue un duplicata de ce modèle en plâtre réfractaire. Les préformes de châssis en cire sont positionnées sur le modèle en plâtre réfractaire. Le modèle en plâtre réfractaire est sacrifié afin de récupérer le châssis lors de la coulée de l'alliage. Après la réalisation du châssis, celui-ci est positionné sur le premier modèle afin de vérifier l'adaptation de celui-ci

Il place sur les selles des bourrelets en cire ou en résine stent® afin de pouvoir enregistrer l'occlusion cliniquement.

1.3.3.5 Essayage du châssis et enregistrement de l'occlusion

Nous allons réaliser l'essayage du châssis en bouche afin de voir s'il est bien adapté et éventuellement réaliser des potentielles retouches.

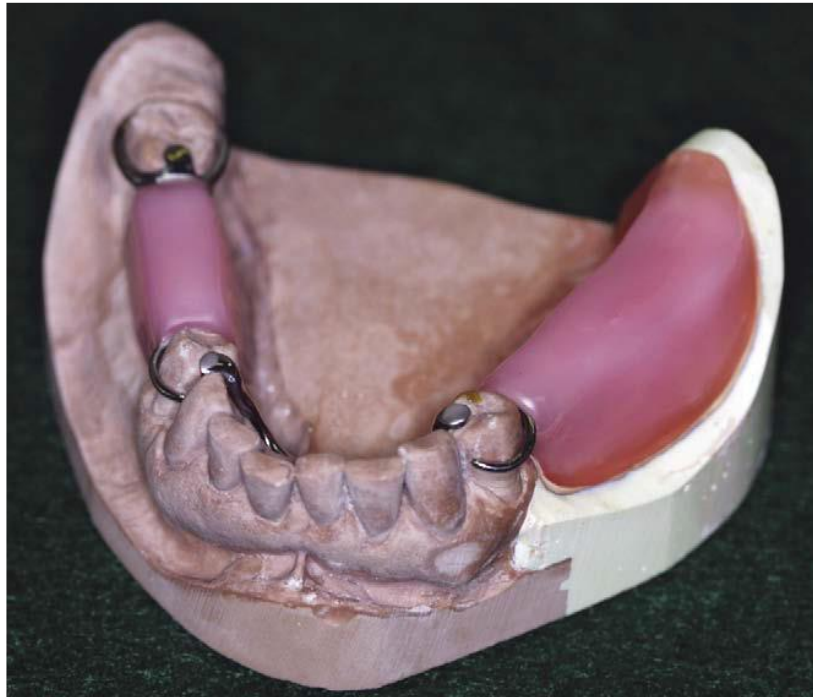


Figure 16 : châssis PAP mandibulaire avec bourrelets en cire (source : McCracken et al. -2011)

Nous allons ensuite enregistrer l'occlusion. En fonction du cas clinique, différentes techniques seront réalisées. Le but de cette étape est de mettre le patient en situation de confort lorsqu'il réalisera les mouvements et fonctions du quotidien. Cet enregistrement aura également un but esthétique car il aura une influence sur la hauteur de l'étage inférieur de la face.

Lors de cette étape, la couleur voulue pour les dents prothétiques est également choisie à l'aide d'un teintier adapté.

1.3.3.6 Montage des dents

Au laboratoire, le prothésiste va monter les dents sur de la cire afin de pouvoir réaliser un essayage en bouche et d'effectuer d'éventuelles retouches.

1.3.3.7 Essayage dents sur cire

On réalisera ensuite un essayage du montage réalisé précédemment. Il y a plusieurs contrôles à réaliser :

- Esthétique
- Phonétique
- L'occlusion est vérifiée
- La stabilité de la prothèse doit être également vérifiée.

1.3.3.8 Finition

Le technicien de laboratoire va ensuite réaliser les finitions et remplacer la cire par de la résine.

1.3.3.9 Livraison de la prothèse, conseil au patient

On réalise les retouches potentielles de la prothèse. On donne des conseils d'hygiène au patient. Ces conseils concernent aussi bien les dents restantes, les muqueuses que la PAP.



Figure 17 : prothèse amovible partielle à châssis métallique maxillaire (source : données personnelles)

1.3.3.10 Maintenance prothétique

Il est important de revoir le patient régulièrement afin de contrôler la/les prothèse/s.

2 Prothèse amovible partielle et outil informatique

Face aux nombreuses imprécisions possibles lors de la réalisation des prothèses amovibles partielles (31–33) et aux avancées technologiques de la réalisation assistée par ordinateur, de plus en plus d'articles ont vu le jour sur des essais *in vitro* et également cliniques afin d'utiliser cette technologies au service de la prothèse amovible partielle.

2.1 Conception et Fabrication assistée par ordinateur, définition (34)(30)

La CFAO correspond à la conception et la fabrication d'un dispositif dentaire prothétique (fixée ou amovible), réalisé via l'outil informatique.

2.2 Historique (35)

A l'origine, ce système s'est développé dans les années 60 pour l'industrie automobile et aéronautique. En 1973 François DURET a eu l'idée d'importer l'idée de la CFAO dans la réalisation de prothèses dentaires.

2.3 Utilisation en pratique dentaire (1) (11) (26) (36) (37)

L'utilisation de la CFAO est essentiellement utilisée dans la pratique dentaire pour la prothèse fixée. Ces dernières années, on voit tout de même une augmentation de son utilisation dans la réalisation de prothèses amovibles.

2.3.1 Matériaux utilisés en CFAO

Aujourd'hui, la quasi-totalité des matériaux nécessaires pour la réalisation des prothèses dentaires peut être utilisée par la CFAO. Ces matériaux dépendront de la technique de CFAO utilisée, c'est-à-dire, soit par addition de matériaux ou par soustraction. Mais de manière générale, la plupart des prothèses peuvent être réalisées avec cette technique.

2.3.2 Les différents types de CFAO

Il y a 3 types de CFAO :

- La CFAO directe, celle-ci ne sera utilisée qu'en prothèse fixée.
Pour la mise en œuvre, on réalisera une empreinte optique directement en bouche. On fera la conception d'un maître modèle numérique puis on concevra également la prothèse voulue numériquement. Cette prothèse sera fabriquée directement au cabinet par une usineuse.
- La méthode semi-directe, cette technique commence à être utilisée en prothèse amovible, comme nous le verrons plus tard. Pour la réaliser, nous réalisons une empreinte optique de l'arcade concernée, de l'arcade antagoniste et des 2 arcades en occlusion.

Le fichier obtenu va être envoyé au prothésiste qui lui, réalisera la conception et la fabrication de la prothèse.

Cette technique est encore peu utilisée en PAP pour différentes raisons que nous étudierons ultérieurement mais se voit de plus en plus dans la pratique dentaire.

- La méthode indirecte est utilisée plus couramment en prothèse amovible et pourrait, d'ici peu de temps, remplacer la méthode conventionnelle. Elle consiste en la réalisation des étapes cliniques habituelles, puis, le prothésiste scannera le maître modèle et réalisera la conception et la fabrication du châssis prothétique à partir des données obtenues cliniquement.

Pour réaliser des PAP en CFAO, du matériel et des logiciels spécifiques sont nécessaires mais de nos jours, de plus en plus de laboratoires de prothèses possèdent ces équipements.

2.4 L'empreinte optique (1) (26) (27) (13) (38) (39)

Elle correspond à la numérisation 3D des surfaces que l'on veut étudier.

En prothèse amovible, elle sera réalisée soit :

- Sur un maître modèle et ce sera de la CFAO indirecte.
- Directement en bouche et ce sera de la CFAO semi-directe.
- Elle peut également être réalisée sur le négatif des structures obtenues avec l'empreinte et on pourra donc concevoir numériquement un PEI. Technique encore peu documentée mais qui permet un gain de temps pour le prothésiste et d'éviter d'éventuelles erreurs de reproductions dues à la coulée

La numérisation peut se faire avec ou sans contact avec l'objet.

2.4.1 Numérisation 3D avec contact

Cette technique va utiliser un micro-palpeur qui va être en contact avec l'objet et va relever point par point les contacts avec l'objet. Ces points seront analysés par un logiciel qui va pouvoir concevoir un duplicata numérique des structures enregistrées.

Cette technique nécessite une durée de travail assez longue du fait que l'analyse est réalisée point par point.



Figure 18 : numérisation 3D avec bras de palpation (d'après le site internet : <http://www.numerisation-3d.info/>)

2.4.2 Numérisation 3D sans contact

- Principe de fonctionnement du scanner 3D :

L'appareil projette un rayonnement sur une section de la surface de l'objet. Chaque point de la surface touchée par source lumineuse est capté par une caméra intégrée à un numériseur et les coordonnées X, Y, Z ainsi que l'intensité de chacun de ces points sont enregistrées dans la mémoire de l'ordinateur qui contrôle le scanner. Cette opération est répétée des millions de fois à la seconde, ce qui génère un fichier très dense de points X, Y, Z de la surface à numériser, appelé nuage de points. Ce fichier est affiché à l'écran de l'ordinateur et montre la forme tridimensionnelle de la surface numérisée. Un logiciel analyse ensuite les données et va les combiner de manière à obtenir quelque chose d'homothétique. Les données répétées seront supprimées par le logiciel.

La résolution va déterminer la qualité de la reconstitution 3D.

NB : résolution : distance la moins importante entre chaque point scanné.

- Technique de numérisation 3D

Différentes sources lumineuses peuvent être utilisées pour la numérisation 3D. Les deux les plus utilisées sont le faisceau laser et la lumière structurée.

- **Faisceau laser ou Triangulation laser** : Le scanner balaye les surfaces à analyser avec un rayon laser et utilise une caméra numérique pour analyser les distorsions du rayon au fur et à mesure de sa progression. Cette technique est appelée triangulation parce que le point laser, la caméra et l'émetteur laser forment un triangle. Ce procédé produit des lignes dans les trois sens de l'espace qui assemblées en centaines de triangles forment l'image tridimensionnelle.

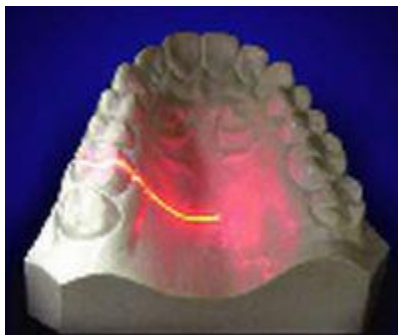


Figure 19 : triangulation laser (d'après le site internet : <http://www.cnifpd.fr/quidecfao/>)

- **Lumière structurée** : Le scanner à lumière structurée projette un motif lumineux sur les structures à enregistrer et en observe la déformation. L'image est projetée sur les structures à l'aide d'un vidéoprojecteur. Une caméra, légèrement décalée du projecteur, enregistre des éventuelles déformations. Une technique permet calculer la distance, et donc la position des points représentant cette distance.

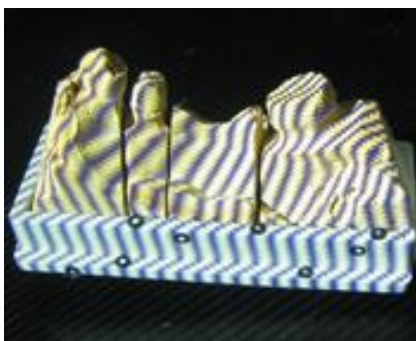


Figure 20 : (d'après le site internet : <http://www.cnifpd.fr/quidecfao/>)

- **Holographie conoscopique** : c'est une technique plus récente et pas encore beaucoup utilisée mais elle est plus précise et intéressante dans la pratique dentaire car elle permet la mesure d'angles prononcés et des cavités profondes.
La reconstruction est réalisée en utilisant un faisceau laser et un filtre spatial pour bloquer les fréquences indésirables. Cela produit un hologramme dont la période des franges de diffraction donne très exactement la distance du point mesuré. Les modules de mesure conoscopique sont robustes et peu sensibles, notamment aux différences de température.

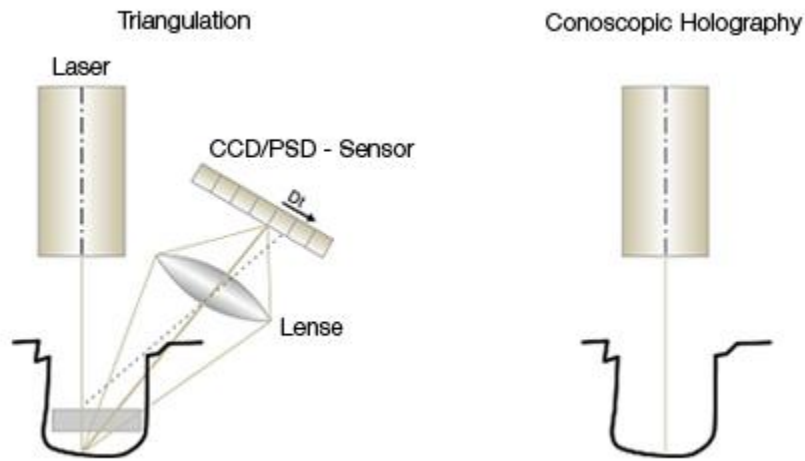


Figure 21 : holoscopie conosconique (d'après le site internet : <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/>)

Suite à la numérisation, nous allons réaliser la conception de la pièce prothétique voulue.

2.5 Réalisation de la PAP à l'aide de la CFAO indirecte (1) (8) (12) (13) (14) (16) (26) (27) (36) (37) (38) (40) (41) (42) (43) (44) (45) (46) (47) (48) (49) (50) (51)

Pour réaliser ce type de prothèse, il faut d'abord avoir fait les étapes semblables à celles vues précédemment avec la méthode conventionnelle.

Dans ce cas, l'empreinte optique entrera en jeu alors que l'on aura obtenu le maître modèle de manière conventionnelle.

La différence sera au niveau du laboratoire de prothèse.

Le prothésiste va donc réaliser une numérisation du maître modèle. Suite à cette numérisation, il obtient un maître modèle virtuel.

Le prothésiste doit également réaliser la numérisation de l'arcade antagoniste ainsi que l'occlusion.



Figure 22 : arcade mandibulaire partiellement édentée numérisée. (Source : Ye et al. - 2018)

Le logiciel va ensuite analyser les zones de dépouilles, contre-dépouilles etc. Cela va nous permettre de confirmer le tracé du châssis prévu initialement et d'avoir une précision relativement importante quant à la mise en place des éléments constituant la PAP.

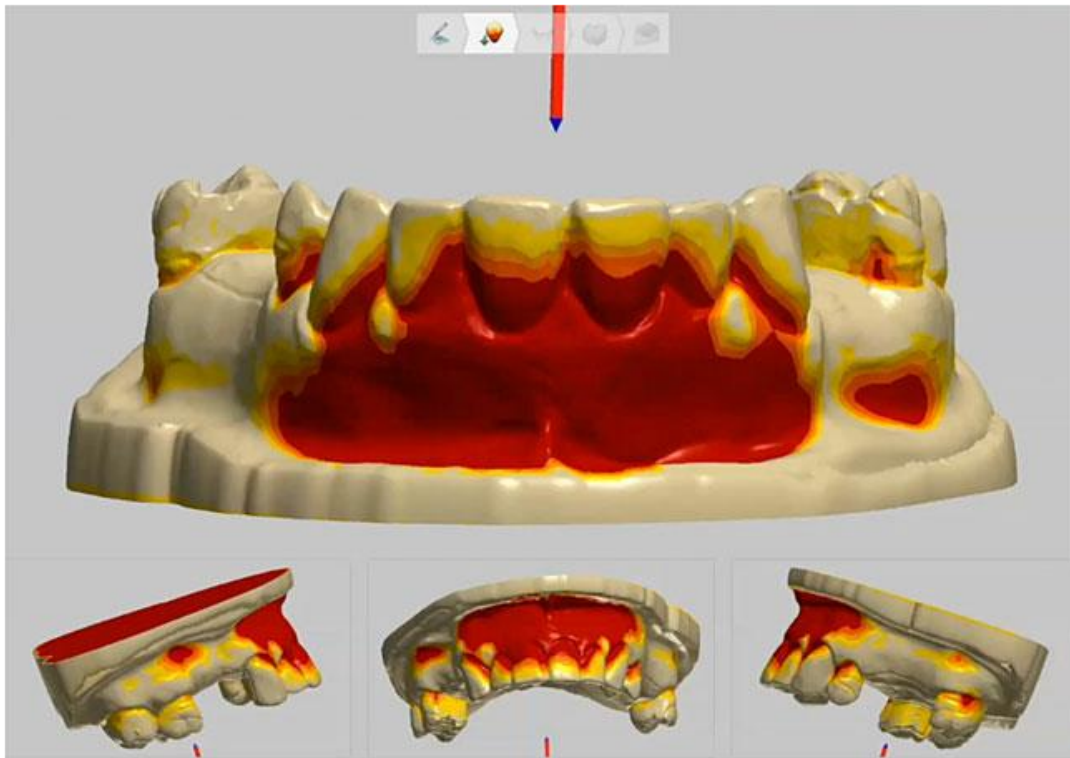


Figure 23 : modèle numérisé avec zones colorées permettant le positionnement des éléments de la future prothèse. (Source : Soltanzadeh. -2018)

Le prothésiste réalise un tracé du châssis virtuel et l'analyse de manière à ce que la PAP réponde aux exigences désirées.

Le prothésiste va d'abord dessiner informatiquement l'armature de manière grossière, elle sera retravaillée par la suite. Il place ensuite les selles, les appuis occlusaux, les crochets et enfin les barres cingulaires qui varieront en fonction du cas clinique et du plan de traitement.

Dans la plupart des cas cliniques, le prothésiste réalise l'armature dans un premier temps, mais parfois, et comme c'est le cas dans l'illustration ci-dessous, les selles sont réalisées dans un premier temps. Cela n'a pas énormément d'importance du fait que le fichier peut toujours être modifié par la suite.

Un des avantages de cette méthode, est que l'occlusion est gérée par le logiciel ce qui permet d'éviter d'éventuelles retouches cliniques par la suite.

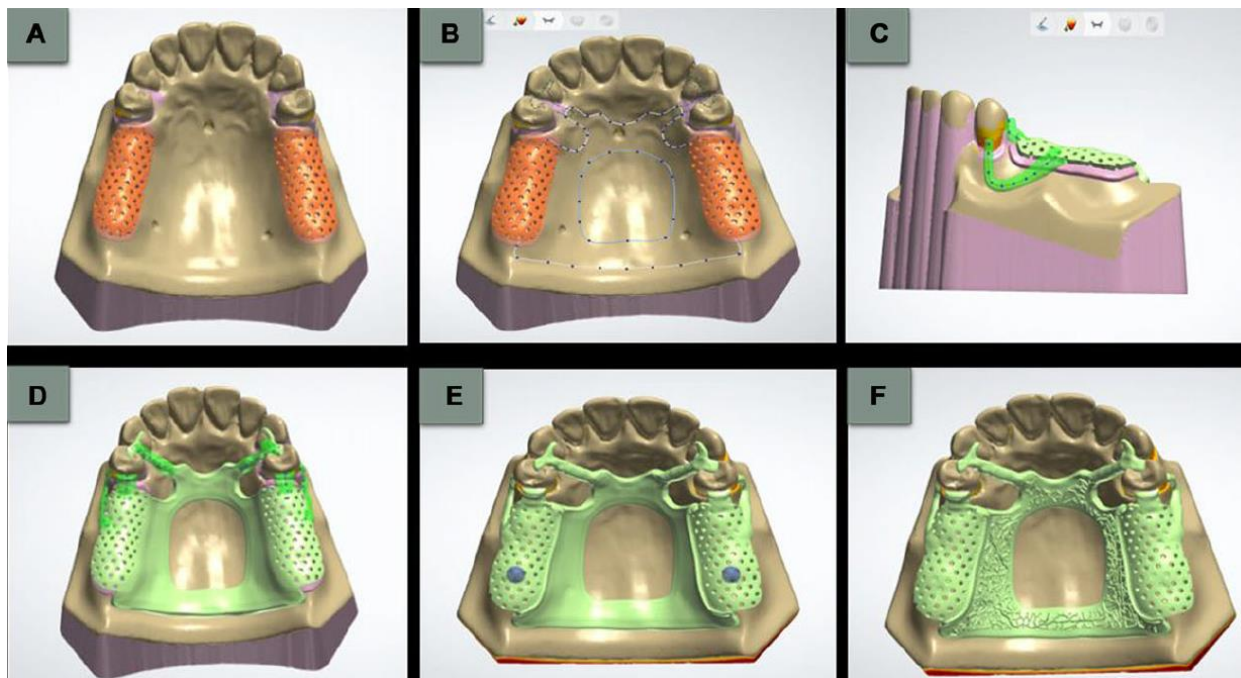


Figure 24 : étape de la conception assistée par ordinateur. A : positionnement des selles ; B : dessin de l'armature ; C : mise en place des crochets ; D : réalisation des connexions mineures ; E : finitions ; F : châssis terminé et prêt à être fabriqué (source : Ngem et al. -2019)

Le châssis obtenu de manière numérique sera ensuite fabriqué, nous verrons cela ultérieurement.

Cette technique est de plus en plus utilisée car elle permet de faciliter le travail du prothésiste et d'éviter d'éventuelles erreurs de réalisation présentes lors de la coulée du châssis. De plus, les empreintes étant obtenues de manière conventionnelle, nous avons un recul suffisant quant à la fiabilité de la reproductibilité des empreintes. Leur capacité à enregistrer la dualité des tissus et le jeu musculaire est fiable

Cette méthode peut également être utilisée afin d'obtenir un porte empreinte individuel. Dans ce cas, on réalise une empreinte primaire avec de l'alginate. Cette empreinte sera coulée afin d'obtenir un modèle positif en plâtre. Le prothésiste réalise par la suite une numérisation 3D du modèle en plâtre et peut concevoir un PEI informatiquement. Le PEI en résine sera par la suite réalisé (FAO vu ultérieurement) et pourra être utilisé dans le but de réaliser une empreinte secondaire.

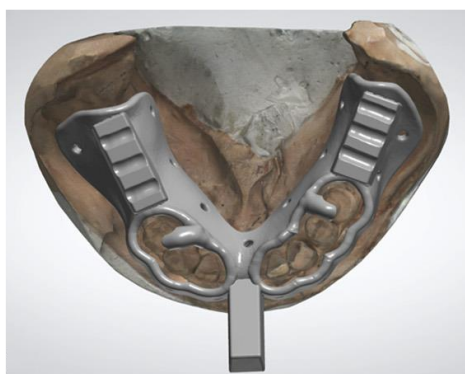


Figure 25 : conception d'un porte empreinte individuel. (Source : Wu et al. -2020)

2.5.1 Moyens utilisés pour la réalisation de la CFAO indirecte (26) (37)

2.5.1.1 La station de travail



Figure 26 : station de travail (source : <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-et-prothese-amovible-partielle-metallique/>)

La station de travail comprend un ordinateur doté d'un logiciel d'exploitation de CFAO, un scanner et une spatule numérique. Le maître modèle sera scanné ici et l'analyse ainsi que la conception du châssis seront réalisés sur cet ordinateur.

2.5.1.2 Le scanner optique

Il permet de recenser l'information du maître modèle afin d'obtenir un modèle numérique. A l'intérieur du scanner optique se trouve un compartiment appelé chambre de scannage. Le maître modèle est positionné sur une plaquette servant de support à l'intérieur de ce compartiment. La plaquette elle-même est montée sur une rotule permettant sa rotation afin de pouvoir numériser toute la surface du modèle.

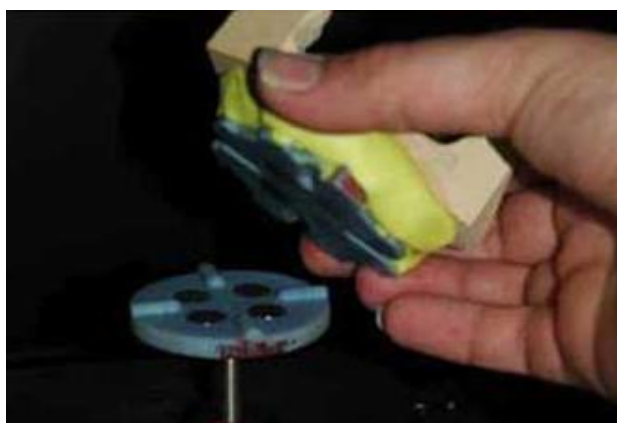


Figure 27 : maître modèle sur plaque de transfert dans la chambre du scanner (sources : <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-et-prothese-amovible-partielle-metallique/>)

2.5.2 Logiciel utilisé pour la CAO (38)

Tous les logiciels de CAO ne sont pas utilisables pour la réalisation de PAP à châssis métallique, nous allons ici en voir quelques-uns en donnant leurs caractéristiques.

- Le logiciel Design System, commercialisé par la société Sensable[®], peut être utilisé en PAP. Il permet l'importation et l'exportation d'un fichier de stéréolithographie. (NB : un fichier de stéréolithographie est un fichier qui stocke les informations d'un modèle 3D, ce type de fichier est le plus utilisé lors en CFAO dentaire). Ce logiciel nécessite l'utilisation d'un modelage 3D tactile avec un bras de retour d'effort.
- Digistell V2, commercialisé par C4W[®], permet également la réalisation de châssis métallique. Il permet également l'importation et l'exportation des fichiers STL. La particularité de ce logiciel est que la modélisation est réalisée par la souris de l'ordinateur et non par un bras de retour d'effort.
- Le logiciel inLab 3D est commercialisé par la société Sirona dental system[®]. Il a pour particularité de pouvoir fabriquer des châssis métalliques uniquement si l'usinage est réalisé au centre de production.

2.5.3 Systèmes de numérisation 3D (38) (52)

Nous allons ici voir un scanner en particulier qui est InEOS X5, commercialisé par la société Sirona dental system[®], il est utilisable avec le logiciel inLab 3D, vu précédemment. La méthode de numérisation se fait par projection numérique de bandes de lumière structurée et il est utilisable sur tout type de plâtre.

Une vidéo de numérisation est consultable sur :

<https://www.youtube.com/watch?v=KnD8WM5dkKw>



Figure 28 : scanner InEOS X5. (Source : <https://www.dentsplysirona.com/fr-fr/decouvrez-nos-produits/laboratoire/inlab-cfao/numerisation.html>)

On remarque donc que plusieurs sociétés proposent la conception et la fabrication de PAP via par l'utilisation de leur scanner, logiciel et matériel de fabrication. Il faut cependant prendre en compte les caractéristiques de chaque logiciel, scanner etc. car ceci peuvent avoir des compatibilités limitées. Les laboratoires doivent donc être propriétaires d'un équipement complet et compatible permettant la réalisation de PAP satisfaisantes cliniquement.

2.6 Réalisation d'une PAP à l'aide de la CFAO semi-directe (1) (9) (10) (14) (15) (26) (27) (38) (41)

Dans ce type de réalisation, la numérisation 3D va se faire directement dans la bouche du patient.

On informera le patient dans un premier temps des mouvements qu'il aura à réaliser lors de l'enregistrement. Ces mouvements sont essentiels car ils vont permettre d'enregistrer le jeu musculaire à la périphérie de la prothèse. S'ils sont correctement enregistrés, la prothèse ne sera pas déstabilisée par les muscles lors de la réalisation des mouvements de manière quotidienne.

L'empreinte de la zone édentée est réalisée avec les mouvements demandés, elle demande plusieurs minutes (10 à 15 minutes) afin de pouvoir enregistrer toutes les surfaces voulues.

L'arcade antagoniste est numérisée dans sa totalité.

L'occlusion est enregistrée en numérisant les surfaces vestibulaires des dents lorsque les 2 arcades sont en occlusion.



Figure 29 : caméra-optique intra-oral (d'après le site internet : <https://dentalwings.com/fr/virtuovivo/>)

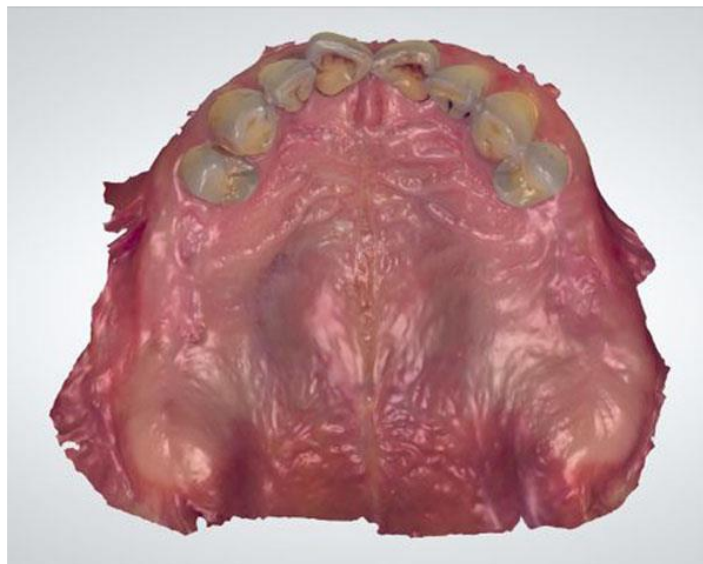


Figure 30 : numérisation 3D intra-orale (source : Hu et al. -2019)

Le prothésiste réalisera la conception du châssis puis sa fabrication. Il imprimera également des modèles positifs de l'enregistrement en plus des châssis. Ainsi, il pourra réaliser des maquettes d'occlusion afin de l'enregistrer. Une fois l'occlusion enregistrée, les modèles seront montés sur articulateur afin de réaliser le montage dents sur cire qui nous permettra de valider la PAP avant livraison.

L'occlusion est validée numériquement avant la FAO du châssis afin d'éviter d'éventuels contacts prématurés par les éléments du châssis métallique ou autres problèmes d'occlusion.

L'utilisation de wax-up et de montages directeurs, aujourd'hui réalisés en cire, est essentielle pour espérer faire des réalisations numériques dans l'avenir.

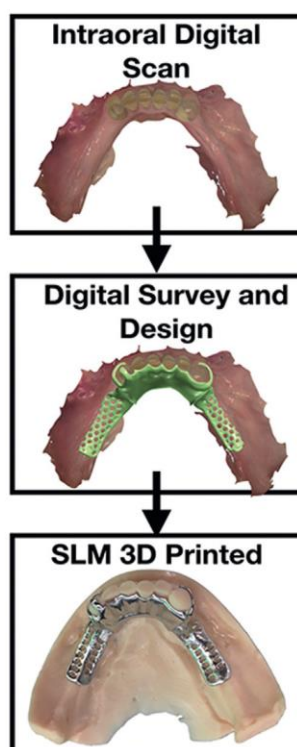


Figure 31 : conception et fabrication d'un châssis métallique (source : Tregerman et al. 2018)

Actuellement, des entreprises développent des dispositifs permettant de simuler des arcs faciaux de manières numériques ou des articulateurs. Cependant, cela reste encore perfectible et assez onéreux en matériel mais cela pourrait permettre de faciliter ce type de réalisations et de les améliorer.

2.7 Fabrication assistée par ordinateur (26) (37) (36) (38) (53)

La fabrication assistée par ordinateur se fait de 2 manières, soit par soustraction ou usinage soit par addition. Dans le cas de prothèses amovibles partielles, seuls les procédés par additions seront utilisés.

La fabrication par addition consiste à déposer couche par couche le matériau de manière à obtenir l'objet souhaité.

Il existe 2 méthodes de fabrication par addition :

- La fabrication de maquettes calcinables
- La fabrication directe d'armatures métalliques

2.7.1 Fabrication de maquettes calcinables

Cette méthode se rapproche de la technique des cires perdues utilisée conventionnellement.

La fabrication du modèle obtenue numériquement va produire un objet en cire ou en résine que l'on obtiendra par addition.

Cet objet servira ensuite de modèle pour la fonderie à cire perdue afin d'obtenir le châssis en métal.

Deux techniques existent permettant l'obtention de cet objet en matériau calcinable :

- L'Impression 3D
- La stéréolithographie par UV sélectif

2.7.1.1 L'impression 3D

Le fonctionnement de cette technique se fait de la manière suivante : une tête d'impression, munie de plusieurs buses, va se déplacer horizontalement sur un plateau et déposer le matériau calcifiable sur un plateau. Pour fabriquer la pièce verticalement, le plateau descend petit à petit.

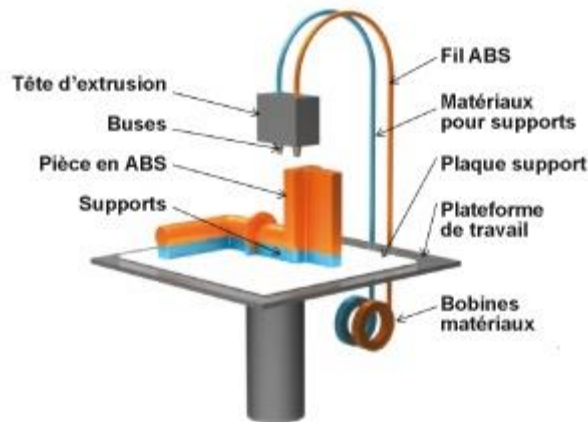


Figure 32 : schéma d'impression 3D (d'après le site internet : <http://www.sti2d-erembert.fr/>)

L'impression 3D se fera soit par :

- Injection de cires, où des couches de cires successives vont être positionnées de manière à obtenir l'objet conçu. Entre chaque génération de couche de cire, un surfacage et un fraisage sont réalisées afin d'améliorer la qualité et la planéité entre chaque couche.

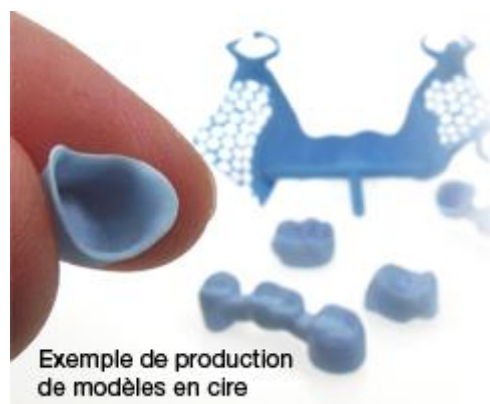


Figure 33 : modèle de cire (d'après le site internet : <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/>)

- Injection de résines et polymérisation par UV. Ici, 2 résines sont utilisées, une, qui sert de support à la fabrication et l'autre qui est le modèle. Entre chaque couche, la résine est polymérisée avec des UV afin de solidifier la résine. La résine support est ensuite éliminée par insertion dans un bain de solvant à haute température ou par jet de solvant. La résine modèle est ensuite mise au four afin de terminer la polymérisation.



Figure 34 : modèle de résine (d'après le site internet : <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/>)



Figure 35 : exemple d'imprimante 3D (sources : <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-et-prothese-amovible-partielle-metallique/>)

2.7.1.2 La stéréolithographie sélective

Le logiciel récupère l'objet conçu et le découpe en strates. Il crée ensuite une image de chaque strate. L'image d'une strate est projetée dans un bain de résine et la résine est photopolymérisée selon l'image projetée et elle se durcit. Cela est réalisé grâce à 1 million de miroirs numériques contenus dans la lumière numérique. Les miroirs sont orientés soit vers la source de lumière pour la projeter où elle doit durcir la matière, soit dans une autre direction, de manière à bloquer la lumière. Le plateau monte ou descend (dépend du système utilisé) afin de réaliser une autre strate. Il y a autant de cycles que de nombre de couches nécessaires pour obtenir l'objet.

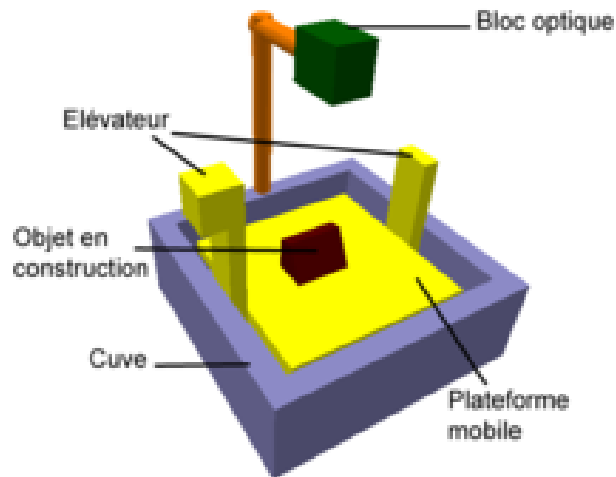


Figure 36 : schéma de stéréolithographie sélective (d'après le site internet : ametragroup.com/les-differentes-technologies-de-fabrication-additive/)

2.7.2 Fabrication d'armatures métalliques (frittage ou micro-fusion des poudres)

Le principe est le même que pour la fabrication de la maquette calcinable, on fabrique couche par couche, cependant, On ne va pas fabriquer de la résine ou de la cire qui sera modifiée mais directement le châssis métallique en Co-Cr.

La micro-fusion consiste à déposer un lit de poudre de faible épaisseur (quelques micromètres) sur un plateau. Un faisceau laser ou d'électrons, contrôlé par un système optique, va chauffer les grains jusqu'à leur température de fusion. La poudre est fondue de manière sélective, selon les paramètres définis par la conception réalisée précédemment. La poudre fondue est solidifiée rapidement formant des cordons de matière solide. A la fin de cette étape, le plateau support descend d'une épaisseur de couche et une nouvelle couche de poudre est déposée puis le processus démarre à nouveau. Des conditions particulières sont recommandées afin d'éviter les phénomènes d'oxydation à haute température.

Le fait de produire directement, permet de diminuer le risque d'erreurs pouvant être présentes lors de la technique des cires perdues.

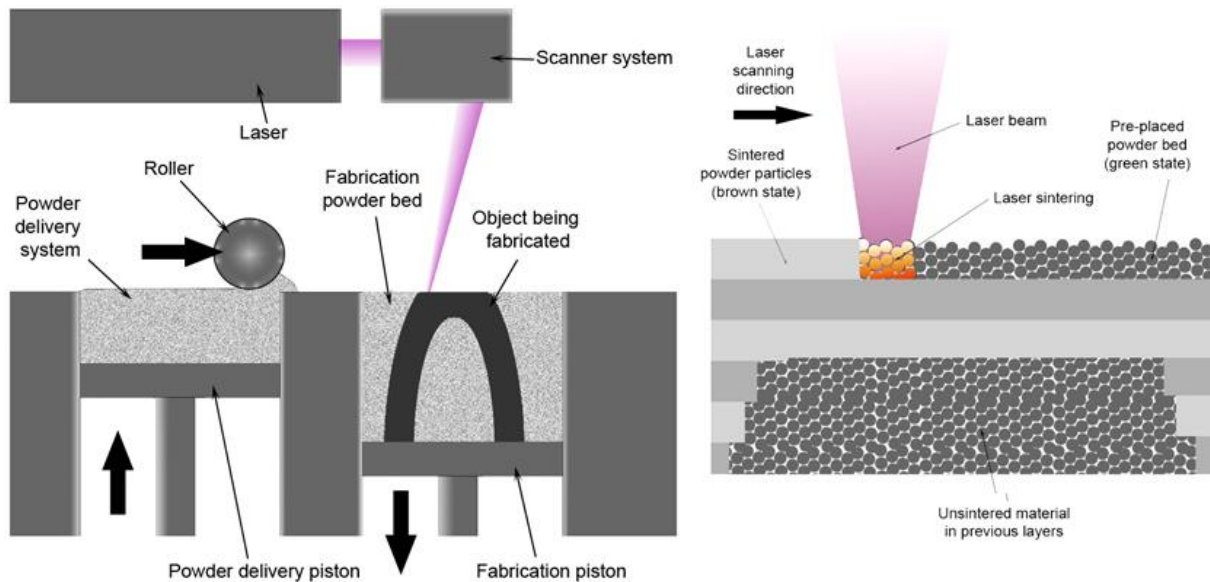


Figure 37 : schéma de micro-fusion laser (d'après le site internet : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Selective_laser_melting_system_schematic.jpg)

3 Comparaison entre les méthodes conventionnelle et numérique

La réalisation de châssis métallique de manière numérique tend à être de plus en plus utilisée. En effet, de par son économie en matériaux, la reproductibilité des modèles et sa facilité d'utilisation, elle semble s'intégrer dans l'avenir de la réalisation de PAP à châssis métallique. Cependant, plusieurs questions subsistent quant à la différence de dépressibilité des surfaces d'appuis bucco-dentaire et le fait que la caméra optique ne peut pas les enregistrer. Le manque de recul clinique vis-à-vis de ces techniques et la fiabilité de l'outil informatique restent encore inconnus. La réalisation de PAP de manière conventionnelle est elle aussi sujette à des erreurs, notamment lors de la coulée des empreintes, la réalisation du châssis en cire etc. j'ai donc étudié les comparaisons des différentes techniques de réalisation des prothèses amovibles partielles afin d'évaluer les potentielles utilisations de ces techniques. L'objectif de cette comparaison est d'analyser la précision entre ces différentes méthodes afin de savoir laquelle est la mieux et si les autres méthodes permettent d'obtenir une prothèse acceptable.

Afin de réaliser cette comparaison, j'ai effectué une recherche d'articles sur les bases de données suivantes : Pubmed, ScienceDirect et Cochrane librabry.

J'ai ensuite inscrit des mots clefs afin de visualiser les articles correspondants au sujet. Ces mots clefs se rapprochent de ceux utilisés par Carneiro Pereira et al ; 2020 (54) qui ont réalisé un article dans le but de comparer la précision des différentes méthodes de réalisation d'une PAP.

Les mots clefs inscrit dans la base de données Pubmed sont : ("denture, partial, removable"[MeSH Terms] OR ("denture"[All Fields] AND "partial"[All Fields] AND "removable"[All Fields]) OR "removable partial denture"[All Fields] OR ("removable"[All Fields] AND "partial"[All Fields] AND "denture"[All Fields])) AND ("computer aided design"[MeSH Terms] OR ("computer aided"[All Fields] AND "design"[All Fields]) OR "computer aided design"[All Fields] OR ("cad"[All Fields] AND "cam"[All Fields]) OR "cad cam"[All Fields]).

Cette recherche a abouti à 188 articles qui ont été triés par la suite.

Ceux utilisés dans la recherche sur ScienceDirect sont: "Removable Partial Denture" AND ("CAD/CAM" OR "Computer- Aided Design" OR "computer-aided manufacture" OR "manufacturing") AND (Accuracy OR Trueness OR Precision OR "fit").

259 articles ont été trouvés suite à cette recherche.

Les mots utilisés sur Cochrane Library ont été : Removable partial denture AND CAD/CAM.

Ici, 8 articles ont été trouvés.

Les critères de non inclusion des articles sont les suivants :

- Articles basés sur des études in vitro ou in vivo sans données disponibles
- Les réhabilitations prothétiques qui ne sont pas des prothèses amovibles partielles.
- Les études in vitro ou in vivo non contrôlées.
- Les rapports de cas cliniques.
- Les méta-analyses et les revues de littérature.
- Les publications doubles sur le même sujet avec les mêmes participants.

Après le tri des articles en fonction des répétitions, des critères de non inclusions et des limites de langue de certains articles, seulement 7 ont été conservés dans le but d'analyser les méthodes de conception.

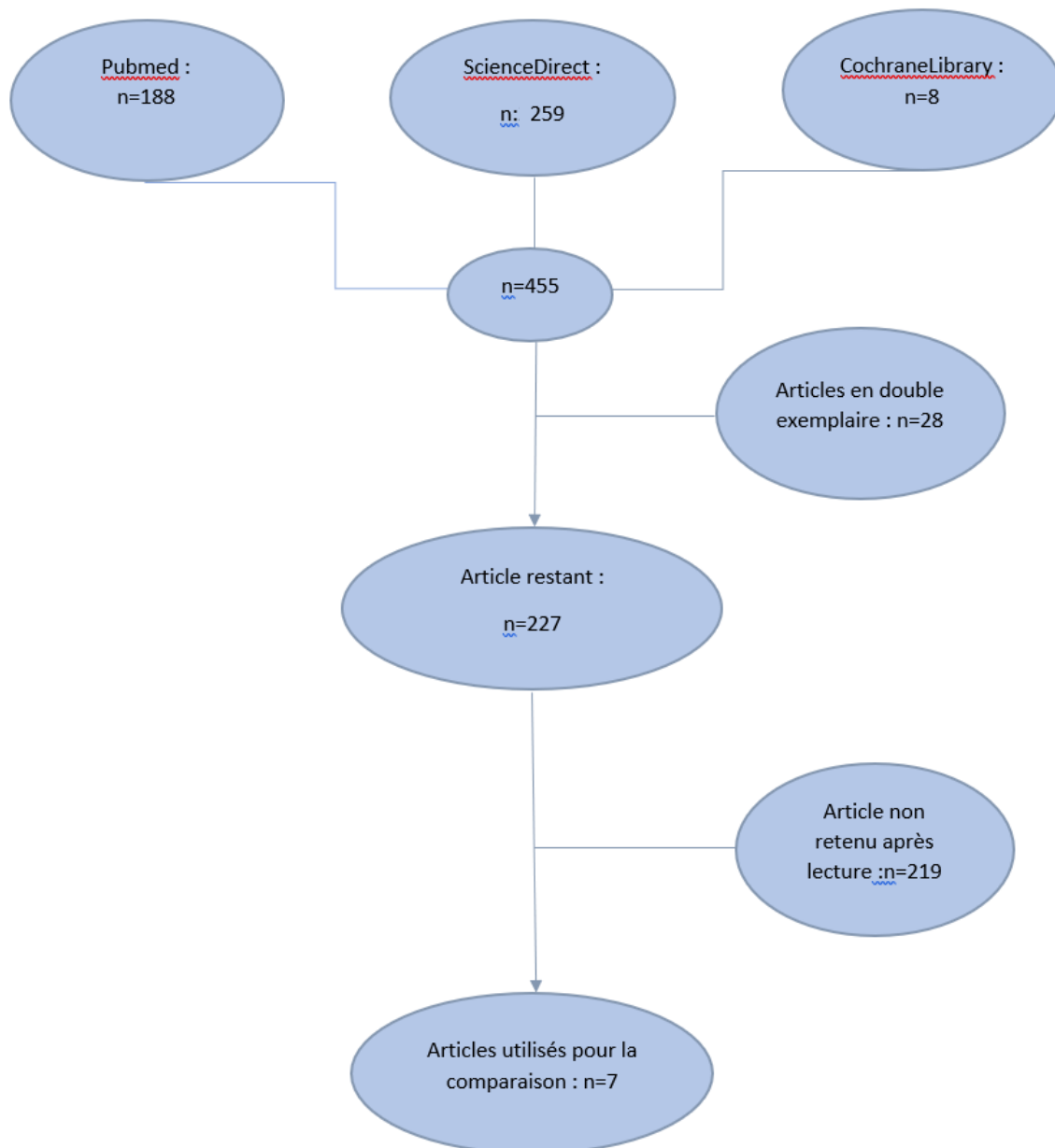


Tableau 1 : diagramme de procédé de recherche. (Données personnelles, inspiré par Carneiro Pereira et al; -2020)

3.1 Méthodes de comparaison

Dans l'analyse de la précision, seul 7 articles ont été retenus. Ils seront vus plus en précision dans la dernière partie. Cependant, dans cette partie, d'autres articles ont été recensés afin de voir différentes méthodes de comparaison et de potentiellement utiliser ces méthodes pour les prochaines études réalisées.

La qualité des prothèses dépend de différents critères. Ces derniers sont :

- Le confort pour le patient
- Le confort du praticien
- La vitesse de la réalisation des empreintes optiques et conventionnelle
- Respect de la triade de Housset
- La réhabilitation de la mastication

- La réhabilitation phonétique
- La réhabilitation esthétique

Dans les différents articles recensés qui comparent la réalisation des prothèses amovibles, on retrouve 2 types de méthodes de comparaison, soit cliniquement, avec certains critères qui doivent répondre aux attentes de fabrication, ou bien, avec une analyse en laboratoire. La meilleure comparaison possible semble être d'utiliser les 2 méthodes mais cela est compliqué d'un point de vue de l'organisation et d'un point de vue financier.

3.1.1 Méthodes de comparaison clinique (8) (12) (40) (41) (46) (51) (55) (56) (57)

Ce type de méthode va avoir pour but de savoir si la prothèse répond à la liste de critères jugés essentiels pour les auteurs et qui ont été reconnus comme indispensables dans la pratique quotidienne.

Pour ce type de comparaison, ce sera soit un praticien qui jugera et analysera la prothèse et le ressenti du patient, soit c'est le patient lui-même qui jugera son ressenti quant au port de la prothèse.

3.1.1.1 Méthodes faisant intervenir un praticien

Dans ce cas, la plupart des auteurs font appel à un intervenant extérieur à l'étude, qui n'a pas réalisé les prothèses et qui ne sait pas comment la prothèse a été réalisée (simple aveugle).

Selon les auteurs, les critères varient mais on retrouve souvent des critères de bases :

- La stabilité
- La rétention
- L'ajustement des bords de la prothèse
- L'ajustement général
- L'usure (il est intéressant pour cela de faire une analyse à la livraison puis quelques mois plus tard comme réaliser dans l'article de Krausch-Hofmann et al (56))
- L'esthétique. C'est l'un des critères les plus difficiles à évaluer car c'est un critère subjectif, il est donc intéressant pour ce critère d'obtenir un avis du patient.

Les critères sont ensuite notés (l'échelle est différente en fonction de l'étude) et les moyennes sont calculées en fonction de la méthode utilisée pour obtenir la prothèse.

Nous allons voir un exemple de liste de critères utilisés pour un article. Il s'agit de l'article de Tregerman et al (41), où les auteurs ont décidé de prendre des critères utilisant des réponses binaires (oui/non).

Table 1. Criteria used to clinically evaluate removable dental prosthesis frameworks

All rests are fully seated as prepared and designed. No discernable difference between tooth and metal rests.	Yes/no
All guide plates contact proximal tooth surfaces.	Yes/no
No detectable rock on major connector except on Kennedy class I and Kennedy class II due to tissue stop.	Yes/no
Circumferential clasp has continuous contact around the abutment tooth.	Yes/no
I-Bar has contact from depth of undercut to height of contour.	Yes/no
Lingual plating has no discernible space between teeth and framework.	Yes/no
No detectable opening from periphery of the major connector to soft tissue.	Yes/no

Tableau 2 : critères cliniques utilisés pour juger de la qualité de la prothèse (d'après Tregerman et al.-2019)

Ces critères sont donc :

- Les contacts avec les dents sont-ils effectifs ? Les parties étant en contacts avec les dents en sont-elles indissociables ?
- Les selles prothétiques ont-elles un contact proximal avec les dents ?
- Y-a-t-il une bascule sur le connecteur principal, mis à part pour les classes I et II de K-A, car il n'y a pas de dents dans les secteurs postérieurs ?
- Le crochet a-t-il un contact continue autour de la dent support de crochet ?
- La potence est-elle en contact de la dent de la base de la contre-dépouille jusqu'au sommet de l'appui occlusal ?
- Y-a-t-il un espace discernable entre les dents et l'armature au niveau de la plaque linguale ?
- Observe-t-on un espace détectable de la périphérie de l'armature principale et des tissus mous ?

Dans cet article, les auteurs ont vraiment insisté sur le niveau d'adaptation du châssis aux surfaces supports de la prothèse. On peut donc peut-être critiquer le fait que le résultat esthétique par exemple n'ait pas été pris en compte. Il est important de noter qu'ici, les auteurs ont seulement analysé l'adaptabilité du châssis au maître modèle, ils n'ont pas fait d'analyse en bouche.

Afin d'évaluer la qualité de leur réalisation prothétique, Hsu et al (57) ont comparé la différence d'adaptabilité du châssis prothétique sur le maître modèle puis en bouche. Pour ce faire, ils ont réalisé une empreinte en silicone haute viscosité du châssis sur le maître modèle puis, ils ont placé du silicone basse viscosité sur le silicone haute viscosité et l'ont inséré en bouche. Ainsi, le praticien peut évaluer l'épaisseur de silicone basse viscosité et estimer si la fabrication de châssis est fiable par rapport au maître modèle.

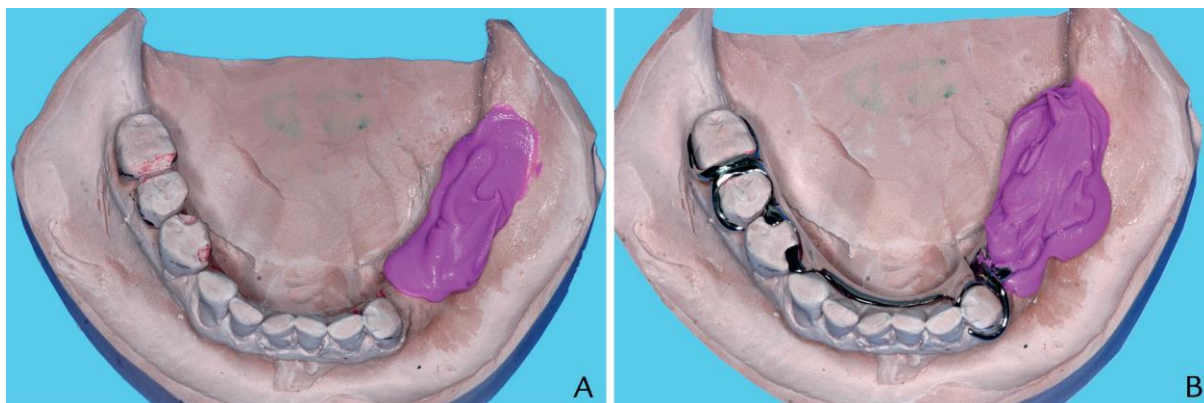


Figure 38 : empreinte du châssis sur le maître modèle au putty (d'après : Hsu et al.2016)

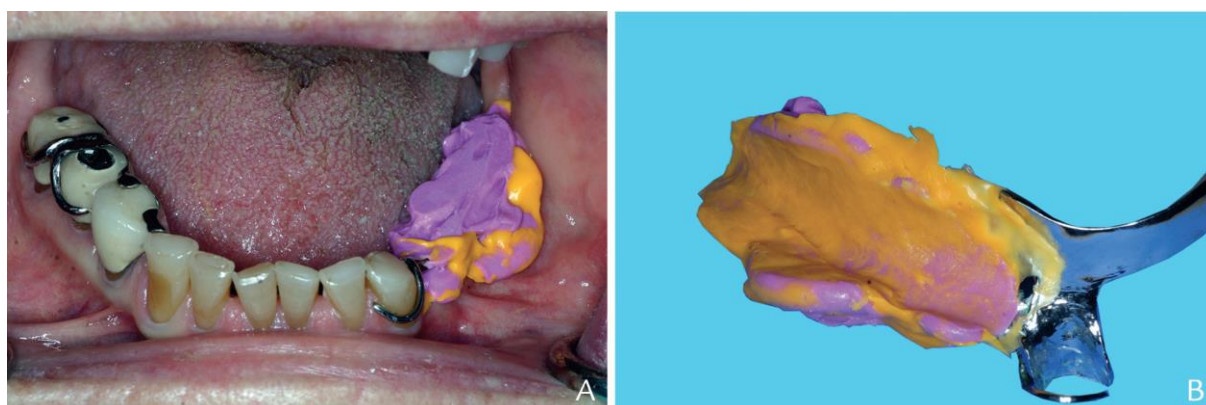


Figure 39 : empreinte du châssis en bouche au light (d'après : Hsu et al.2016)

L'utilisation de cette technique reste peu fiable du fait du jugement subjectif de l'épaisseur de light mais elle reste intéressante car elle montre que le clinicien peut s'aider de ce matériau afin de juger de l'adaptabilité de la prothèse.

3.1.1.2 Méthodes se basant sur l'avis du patient

Ici, le patient va recevoir un questionnaire et devra y répondre. Les réponses sont ensuite notées et des moyennes seront ensuite calculées afin de donner un score pour chaque type de réalisation.

Ce type de méthode de comparaison est intéressant car il intègre le patient et nous renseigne donc sur son ressenti, ainsi, certains facteurs sont plus facilement analysables. Le souci est que cela reste subjectif et de grandes variations seront possibles entre chaque patient.

Là aussi, plusieurs critères pourront être pris en compte, voici un exemple de critères, utilisés par Almufler et al (51):

- La facilité de nettoyage
- La capacité à parler
- Le confort
- L'esthétique
- La stabilité
- La capacité à mastiquer plusieurs types d'aliments
- L'efficacité masticatoire
- L'état buccal
- La satisfaction générale

3.1.2 Méthodes de comparaisons au laboratoire (8) (40) (42) (43) (45) (48) (47) (50) (58) (59) (60) (61) (62)

On retrouve quelques variations entre chaque auteur. Mais, de manière générale, les auteurs utilisent l'outil informatique afin de comparer l'adaptabilité des prothèses au tissu de soutien. Pour se faire, ils se servent d'un modèle de référence qu'ils scannent avec une caméra optique, puis, ils scannent également l'intrados de la prothèse. Un logiciel analyse ensuite les données en différents points et est capable de montrer s'il y a un maximum de concordance entre l'intrados de la prothèse et le modèle de référence. Des calculs sont ensuite réalisés et permettront de nous dire si la prothèse est réalisée de manière précise et les contacts avec les tissus de soutien sont assez rapprochés et également qu'il n'y a pas de surextension de cette prothèse.

Nous voyons un exemple ci-dessous avec des informations tirées de l'article de Goodacre et al (59). Ici, il s'agit d'un cas en prothèse amovible complète mais la méthode d'analyse peut être reproduite en PAP.

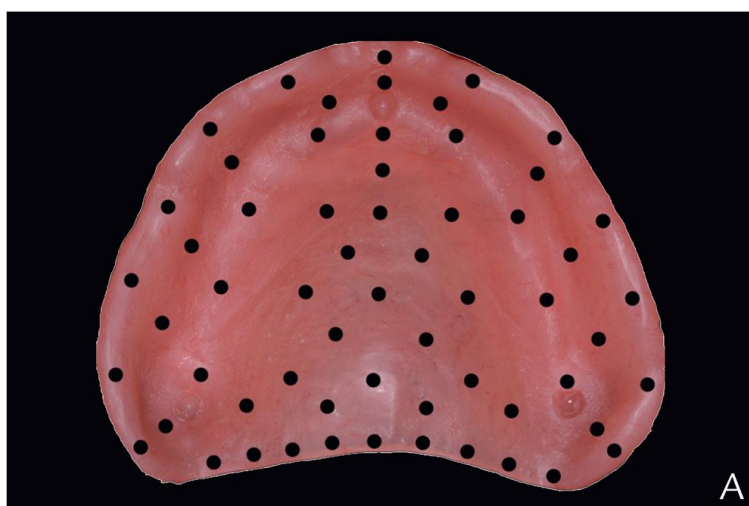


Figure 40 : plaque base de la prothèse amovible avec les points étudiés (d'après Goodacre et al. -2016)

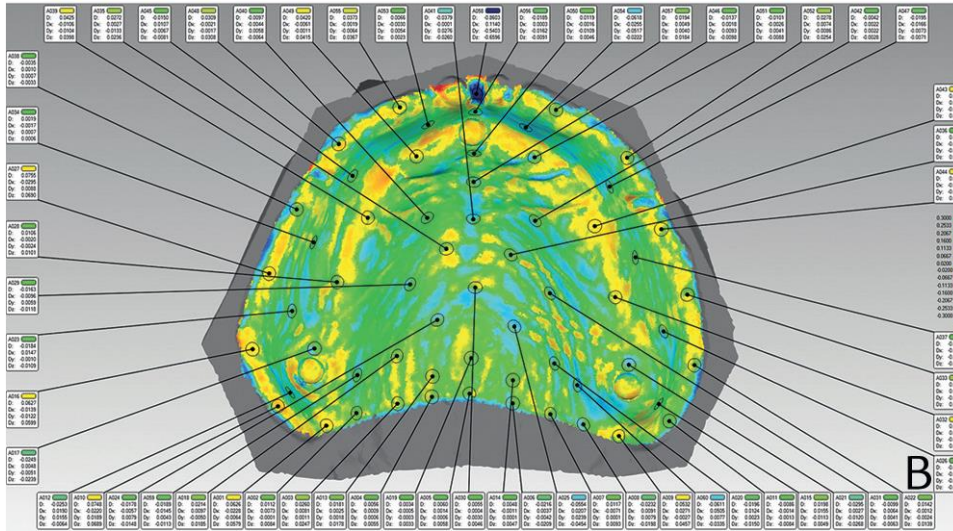


Figure 41 : fiche informatique avec les points de références (d'après goodacre et al. -2016)

Les points analysés sont souvent des références et sont des points clés dans la réalisation de la prothèse. Certains auteurs ont même accordé des « valeurs » plus importantes à certains points qui sont essentiels à la prothèse.

Ici, les couleurs vont permettre de savoir si la prothèse est suffisamment en contact avec les tissus de soutien, qu'il n'y a pas de sur-contours, etc.

D'autres auteurs utilisent du silicone qu'ils mettent dans l'intrados de la prothèse. Une fois pris, celui-ci sera analysé. Pour ce faire, il est découpé dans son épaisseur et analysé au microscope. Cela permettra ainsi de savoir précisément si la prothèse est suffisamment en contact avec les surfaces. L'absence de silicone traduira également un sur-contour.

Il est intéressant de noter que certains auteurs ont réalisé cet enregistrement au repos et également lorsque le patient est en occlusion forcée. En effet, une différence importante d'épaisseur de matériau entre ces 2 cas de figures montrera que la prothèse ne possède pas une sustentation ou une rétention suffisante.

Ye et al (40) ont utilisé cette méthode afin de comparer les différentes prothèses réalisées.

Ils ont analysé l'épaisseur de matériau au niveau de la crête marginale et ont analysé différents points. Il y a 3 points représentant l'épaisseur de matériau du côté lingual/palatin, 3 points représentant le sommet de la crête et 3 points représentant le côté vestibulaire de la crête.

C'est en calculant les distances entre ces 3 points et la variation de ces distances qu'ils ont pu analyser l'épaisseur du matériau et donc l'espace entre la prothèse et le matériau au repos et lors d'une occlusion forcée.

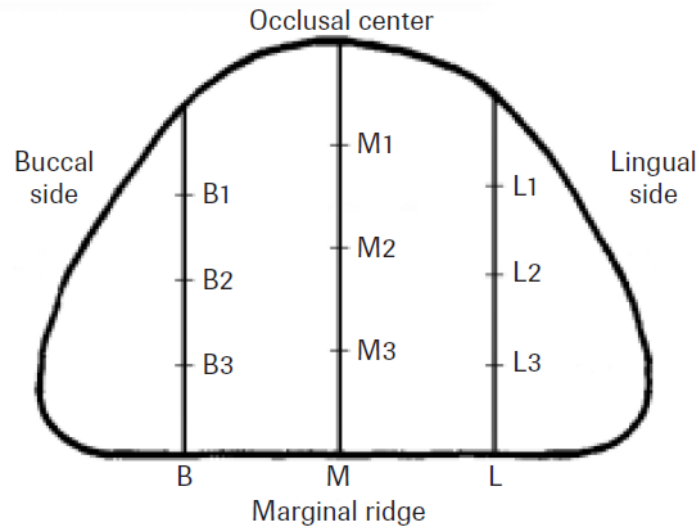


Figure 42 : Schéma d'un exemple de silicone montrant les distances et les points mesurés. (D'après Ye et al. -2017)

3.2 Résultats des études comparant les techniques de réalisations d'une PAP (8) (40) (41) (43) (50) (51) (54) (62) (63)

A l'heure actuelle, encore peu d'études sont menées pour réellement comparer l'utilisation de la CFAO aux méthodes conventionnelles. De plus, ces études ont encore peu de recul clinique et méritent d'être approfondies.

Nous allons décrire dans cette partie plusieurs articles qui traitent de la comparaison de réalisation d'une PAP selon les différentes techniques. Ces articles vont pouvoir nous guider quant à l'utilisation de telle ou telle technique dans la réalisation de nos prothèses amovibles partielles.

Article et pays de publication	Référence bibliographiques	Type d'étude	Classe d'édentement et arcade	Groupes étudiés	Echantillon
Hayama et al ; -2019, Japon	63	In vitro	Arcade mandibulaire, sur modèle d'étude. Classe I et III de Kenedy	Groupe contrôle (GP): empreinte au silicone, coulé du maître modèle et scanne du modèle. Groupe test (GT) : empreinte par scanner intra-oral	Groupe contrôle : n=5 Groupe test : n=5
Soltanzadeh et al ; -2019, USA	43	In vitro	Arcade maxillaire, sur modèle d'étude. Classe III.1 de Kenedy	Groupe contrôle (GC) : technique des cires perdues Groupe II (GII) : empreinte optique intra-orale et impression 3D Groupe III (GIII) : empreinte conventionnelle puis scanne le modèle coulé et impression 3D Groupe IV (GIV) : scanne intra-oral, impression d'un modèle en résine et technique de cires perdues sur ce modèle.	N=40, 10 châssis par groupe
Tregerman et al ; -2019, USA	41	Etude clinique	Classe I, II et de Kenedy	Groupe contrôle (GC) : châssis réalisé de manière conventionnelle Groupe II (GII) : châssis réalisé par CFAO indirecte Groupe III (GIII) : châssis réalisé par CFAO semi-directe	N=27, 9 châssis par groupe
Arnold et al ; -2018, Allemagne	50	In vitro	Arcade maxillaire, sur modèle d'étude. Classe III.2 de Kenedy	Groupe contrôle (GC) : châssis réalisé de manière conventionnelle Groupe II (GII) : prototypage rapide indirect Groupe III (GIII) : prototypage rapide direct Groupe IV (GIV) : fraisage indirect Groupe V (GV) : fraisage direct	n=15
Ye et al ; -2017, Chine	40	Etude clinique	Classe I, II, III et IV de Kenedy	Groupe contrôle (GC) : technique conventionnelle Groupe test (GT) : CFAO indirecte	n=15 patients et 30 châssis, un de chaque par patient
Ye et al ; -2018, Chine	8	In vitro	Arcade mandibulaire. Classe II.1 de Kenedy	Groupe contrôle (GC) : châssis métallique en méthode conventionnelle Groupe test (GT) : prothèse en PEEK réalisé par CFAO indirecte	n=30, 15 châssis pour chaque technique
Chen et al ; -2019, Chine	62	In vitro	Classe I, II, III et IV de Kennedy	Groupe contrôle (GC) : châssis métallique en méthode conventionnelle Groupe test (GT) : châssis métallique en CFAO indirecte	n=24, 12 pour chaque groupe

Tableau 3 : résultats des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al; -2020)

	Scanners et Logiciels utilisés pour la prise d'information	Paramètres comparés	Méthode de comparaison	Logiciels utilisés pour la comparaison
Hayama et al ; -2019, Japon	Scanner extra-oral: ARTICA Auto scan, KaVo Dental GmbH, Biberach, Allemagne Scanner intra-oral: IOS; Trophy Solutions, Carestream Health, Rochester, USA	Exactitude et précision des empreintes	Superposition des données dans un fichier STL en utilisant une modélisation 3D	Geomagic Studio 2014, 3D Systems, Rock Hill, USA
Soltanzadeh et al ; -2019, USA	Scanner extra-oral: 3DD900 ; 3Shape, North America, Warren Scanner intra-oral: TRIOS 3, 3Shape North America	Ajustement et précision des châssis	Fichier STL superposé du modèle maître à l'aide d'un logiciel de correspondance de surface	Geomagic Control 2014; 3D Systems, Rock Hill, USA
Tregerman et al ; -2019, USA	Scanner extra-oral : D800 3Shape, logiciel: Dental system 2016 Premium 3Shape	Qualité d'ajustement des châssis métalliques.	Critères validés ou non par des praticiens extérieurs à l'étude	
Arnold et al ; -2018, Allemagne	Scanner intra-oral : 3Shape, TRIOS III (3Shape North America)	Ajustement des crochets sur les fraisages de la dents	Utilisation d'un microscope optique (VMZM-40; 4H-JENA Engineering GmbH), grossissement *500, afin de mesurer les distance dents/crochets sur 5 zones pour les molaires et 6 pour les canines	
Ye et al ; -2017, Chine	Scanner extra-oral: D900 scanner, 3 Shape A/S)	Ajustement des châssis métallique lors de l'occlusion forcée et au repos	Analyse clinique par un praticien Mise en place de silicone light dans l'intrados de la prothèse et mise en bouche, puis analyse de l'épaisseur du silicone au microscope (M125 Leica)	
Ye et al ; -2018	Scanner extra-oral : D800 3Shape, logiciel: Dental System 2015, 3Shape	Ajustement de la prothèse en PEEK et châssis en métal et mesure de l'espace entre la prothèse et le maître modèle	Ajustement de la prothèse : inspection visuelle clinique. Espace châssis/maître modèle : silicone light et mesure de son épaisseur	Le logiciel Geomagic Qualify 2012, pour mesurer les échantillons de silicones
Chen et al ; -2019, Chine	Scanner extra-oral : IScan D104; Imetric 3D SA, logiciel: 3Shape Dental System 2013; 3Shape A/S	Evaluer l'adaptation des châssis métalliques par rapport aux surfaces supports sur un modèle.	Un matériau d'empreinte en polyvinyle siloxane a été utilisé pour vérifier l'adaptation des châssis Les distances entre les surfaces sur le modèle et les surfaces des châssis ont été mesurées	3D reverse engineering software program (NX Imageware 13.1; Siemens AG) a été utilisé pour mesurer ces distances

Tableau 4 : suite : résultats des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al; -2020)

	Résultats principaux	Conclusion
Hayama et al ;-2019, Japon	Exactitude sur l'ensemble du modèle : GC :122-157 μm et GT : 105-108 μm Exactitude au niveau des aires muqueuses : GC : 122-152 μm et GT : 54-107 μm Précision sur l'ensemble du modèle : GC : 77-119 μm et GT : 100-114 μm . Précision au niveau des aires muqueuses : GC : 52-90 μm et GT : 109-215 μm	Exactitude plus importante pour les empreintes optiques que conventionnelles. Mais précision supérieure avec la méthode conventionnelle. L'utilisation de têtes de balayage plus grandes peut améliorer la précision.
Soltanzadeh et al ;-2019, USA	Précision d'ajustement globale : GC: 0.027 \pm 0.04 GII: 0.15 \pm 0.013 GIII: 0.16 \pm 0.02 GIV: 0.005 \pm 0.030	L'ajustement est le meilleur pour les châssis réalisés de manière conventionnel. Les autres méthodes permettent d'obtenir des châssis cliniquement acceptables.
Tregerman et al ;- 2019, USA	Les châssis réalisés par empreintes numériques sont plus précis que ceux réalisés de manière conventionnelle. CFAO semi-directe plus précise qu'indirecte	La réalisation de châssis métalliques par CFAO semi-directe permet la meilleure précision
Arnold et al ;-2018, Allemagne	Ajustement : GC : 133 μm +/-5 horizontalement et 74+/-25 verticalement GII : 365 μm +/-188 horizontalement et 112+/-60 verticalement GIII : 365 μm +/-205 horizontalement et 363+/-133 verticalement GIV : 117 μm +/-34 horizontalement et 45+/-21 verticalement GV : 43 μm +/-23 horizontalement et 38+/-21 verticalement	Les châssis métalliques obtenus par CFAO ont une adaptation acceptable. La méthode de fraisage directe permet d'obtenir des châssis métalliques plus précis que ceux obtenus par technique de cires perdues. Ceux réalisés par prototypage rapide ont présenté les plus grandes divergences dans les résultats.
Ye et al ;-2017, Chine	Cliniquement, les 2 types de châssis sont acceptables et les surfaces sont en contact. Il y a moins de zone de sur contour concernant les châssis réalisés de manière conventionnelle. L'épaisseur moyenne des échantillons de silicone des châssis du GT était de 174 μm (\pm 117 μm) et celle de CG était de 108 μm (\pm 84 μm)	Les châssis métalliques obtenus par la CFAO indirecte répondent aux exigences cliniques. La précision des cadres réalisés de manière conventionnelle est supérieure à ceux réalisés par CFAO.
Ye et al ;-2018	L'épaisseur moyenne de silicone sur l'entièreté de la prothèse est de 42.8 μm (+/-29.4) pour le groupe test et de 130.9 μm (+/-50.5) pour le groupe contrôle. L'épaisseur de silicone au niveau des appuis occlusaux est de 86.2 μm (+/- 22.6) pour le groupe test et de 133.9 μm (+/-49.7) pour le groupe contrôle.	Les prothèses en PEEK réalisées par CFAO indirecte sont mieux adaptés que les châssis métalliques réalisés de manière conventionnelle.
Chen et al ;- 2019, Chine	Dans les 2 cas, bonne adaptation entre châssis et surfaces d'appuis. Ecart moyens : GC : 0.15 à 0.28 μm et GT : 0.15 à 0.33 μm . La différence entre les 2 groupes peut n'avoir aucune signification clinique du fait de la flexibilité des tissus mous buccaux	Pour les classes d'édentement de type I et II de Kenedy, les châssis réalisés de manière conventionnelle montrent des écarts moins importants. Pour les édentements plus petits, il n'y a pas de différence significative entre les 2 groupes

Tableau 5 : suite : résultats des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al;-2020)

Niveau de preuve OXFORD			
Article et pays de publication	Référence bibliographique	Niveau de recommandation	Niveau de preuve
Hayama et al ;-2019, Japon	63	D	2C
Soltanzadeh et al ;-2019, USA	43	D	2C
Tregerman et al ;- 2019, USA	41	B	2B
Arnold et al ;-2018, Allemagne	50	D	2C
Ye et al ;-2017, Chine	40	D	2C
Ye et al ;-2018, Chine	8	B	2B
Chen et al ;- 2019, Chine	62	D	2C

Tableau 6 : Niveau de preuve des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al;-2020)

Le niveau de preuve de ces articles reste donc assez faible et le recul clinique l'est également. Cf annexe 1 et 2.

Il s'agit ici de l'analyse détaillée des articles sélectionnés.

Tregerman et al (41) ont comparé la méthode de CFAO semi-directe, indirecte et la méthode conventionnelle.

Pour cela, ils ont réalisé des PAP selon les 3 méthodes et ont analysé leur adaptabilité sur un maître modèle. Ils ont fait intervenir plusieurs praticiens qui ont eu une série de critères à observer afin de voir si la prothèse obtenue correspondait à ces critères.

Trois conclusions tirées de cette étude :

- La méthode de la CFAO semi-directe a permis d'obtenir la PAP la plus adaptée.
- La méthode conventionnelle a permis d'obtenir des prothèses moins bien adaptées que celle de la CFAO semi-directe mais plus adaptées que celles obtenues avec la méthode de CFAO indirecte.
- Les Prothèses les moins bien adaptées ont été obtenues avec la méthode de CFAO indirecte.

Les résultats de cet article doivent être analysés avec précaution pour plusieurs raisons :

- Seulement 9 patients ont été inclus dans l'étude ce qui représente un faible nombre de participants.
- Les prothèses ont été analysées par des praticiens mais en dehors de la bouche, ainsi l'adaptabilité concernant les tissus mous n'a pas été évaluée.
- La méthode d'analyse comprend un questionnaire binaire qui manque de précision.

Soltanzadeh et al (43) ont comparé 4 techniques différentes :

- Méthode conventionnelle.
- Méthode par CFAO semi-directe.
- Méthode par CFAO indirecte.
- Méthode de technique à la cire perdue après impression d'un modèle en résine obtenue par CFAO semi-directe.

Afin de comparer ces différentes méthodes, ils ont fait appel à l'outil numérique au laboratoire. Ils ont donc fait une analyse sur un maître modèle en plâtre, à partir de ça, ils ont comparé :

- L'adaptation globale du châssis au modèle.
- L'adaptation de l'armature principale sans les crochets.
- L'adaptation des crochets sans l'armature principale.

Ils en ont conclu que :

Les armatures fabriquées selon la technique de la cire perdue à partir de moulages en plâtres (technique conventionnelle) ont révélé le meilleur ajustement parmi tous les groupes testés

Cependant, tous les autres groupes (moulages à partir de modèles en résine, CFAO semi-directe et impression CFAO indirecte) ont révélé un ajustement cliniquement acceptable.

Le plus grand écart dans les calculs a été constaté au niveau de l'armature du châssis et des connecteurs principaux (en particulier les barres/bandeaux linguales). Cela pourrait être attribué à des imprécisions lors de la numérisation d'arcades complètes à l'aide de scanners numériques ou à des erreurs de logiciel lors du traitement des fichiers numériques. En effet, plus la surface à scanner ou analyser est importante, plus le risque d'erreur est important.

Les limites de cet article sont les suivantes :

- Ici, seulement un modèle est analysé, même s'il est répliqué, cela ne nous permet pas de savoir, si, en fonction du type d'édentement ou des variabilités anatomiques du patient, une technique pourrait s'avérer plus fiable qu'une autre.
- Un seul logiciel est utilisé dans cette étude et il serait peut-être intéressant de voir si avec un autre type de matériel informatique, on obtiendrait des résultats similaires.

Arnold et al (50) ont utilisé 4 types de méthodes de réalisation, le prototypage rapide indirect (impression par injection de cire combinée avec la technique de cire perdue), le prototypage rapide direct (fusion laser sélective), le fraisage indirect (fraisage de cire avec la technique de cire perdue) et le fraisage direct (fraisage de résine polyétheréthercétone). Il y a donc des techniques par élimination et addition.

Ils ont évalué l'ajustement des PAP par un seul enquêteur. Les châssis ont donc été évalués subjectivement pour leur conception et leur stabilité. Les châssis ont ensuite été placés sur le modèle maître, et la précision de l'ajustement de chaque crochet a été analysée au microscope optique. 3 modèles de références réalisés de manières conventionnelles ont été utilisés pour comparer les valeurs.

Les conclusions suivantes ont été tirées :

- Les châssis métalliques obtenus par CFAO ont une adaptation acceptable.
- La méthode de fraisage directe permet d'obtenir des châssis métalliques plus précis que ceux obtenus par technique de cires perdues.
- Les châssis réalisés par prototypage rapide ont présenté les plus grandes divergences dans les résultats.

Ici, il est intéressant de noter que les auteurs ont réalisé une analyse faite par un praticien et également une analyse microscopique.

Les limites de cet article sont :

- Il n'y a pas d'essai en bouche mais seulement une analyse sur une maître modèle.
- L'analyse microscopique n'est réalisée qu'au niveau des crochets, afin d'étudier leurs contacts avec les surfaces d'appuis.

Chen et al (62) ont quant à eux, réalisé une étude comparant des prothèses fabriquées par la technique des cires perdues ou par frittage laser.

Ils se sont servis de modèles d'études en résine, ne provenant donc pas de patients.

Ces modèles représentent différentes classes d'édentement et avec une étendue plus ou moins importante.

Ils ont donc réalisé des châssis métalliques par frittage laser et par technique des cires perdues.

Ils ont ensuite évalué in vitro l'adaptabilité des châssis à l'aide de matériaux à empreinte et ont mesuré les surfaces du modèle ainsi que celles des châssis.

Les conclusions et les limites de cet article sont les suivantes :

- L'adaptation des châssis réalisés par frittage laser est comparable à celle des châssis obtenus par la technique des cires perdues. Cependant, pour les structures plus complexes ou en cas d'édentements plus étendus, cette adaptabilité est moins importante pour les prothèses réalisées par frittage laser.
- La différence d'adaptabilité observée entre les 2 cas est à nuancer car la dépressibilité des tissus buccaux n'est pas prise en compte dans ce cas et les résultats seront donc variables sur des patients.
- Les auteurs insistent que dans ce cas, les paramètres de l'impression des châssis réalisés par frittage n'ont pas été bien optimisés, l'adaptabilité de ces châssis peut donc être améliorée.

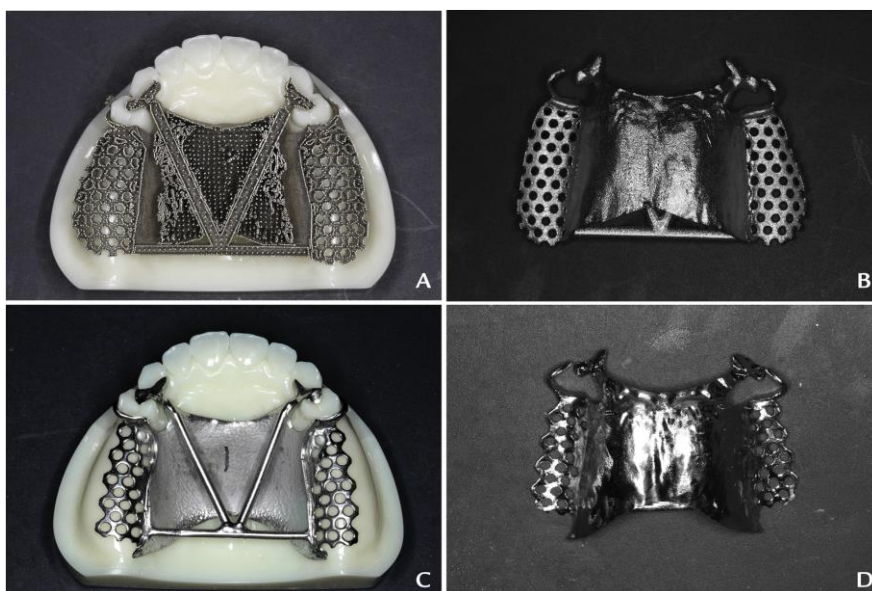


Figure 43 : A : Châssis métallique réalisé par frittage laser. B : Même châssis que le A après polissage et finition. C : Châssis métallique réalisé par la technique des cires perdues. D : Même châssis que le C après polissage et finitions (source : Chen et al. -2019)

Ye et al 2018 (8), ont comparé la réalisation de PAP en PEEK obtenue par CFAO indirecte et des PAP à châssis métallique réalisées de manière conventionnelle.

Pour comparer les 2, ils ont d'abord fait une analyse en bouche avec vérification de la stabilité et de l'adaptabilité. Puis, ils ont mis du silicone basse viscosité dans l'intrados des prothèses et ont inséré les châssis sur un maître modèle de référence. Une analyse in vitro de l'intrados avec le silicone en place a ensuite été réalisée.

Ils en ont conclu que :

- Les prothèses en PEEK réalisées par CFAO répondaient aux attentes cliniques des PAP.
- De plus, les ajustements des prothèse obtenues par CFAO avaient un meilleur ajustement que celles réalisées de manière conventionnelle.

Là aussi, l'analyse clinique et in vitro est intéressante. Il demeure regrettable que l'insertion avec le silicone basse viscosité ne soit pas faite en bouche. De plus, réaliser cela avec une prothèse en PEEK ne permet pas de savoir si l'on peut étendre les résultats aux châssis métalliques.

Hayama et al (63) ont réalisé des empreintes optiques intra-oral avec deux types de têtes de caméra optique (petites et grande) sur des modèles en résine. Ils ont imprimé l'empreinte obtenue afin de faire un modèle positif.

Ils ont réalisé des empreintes conventionnelles qu'ils ont coulé en plâtre. Celle-ci ont ensuite été scannée et serve de groupe pour contrôle dans la comparaison.

Ils ont étudié la justesse et la précision à l'aide d'un logiciel de traitement d'images tridimensionnelles.

Leurs conclusions sont :

- Les empreintes numériques prises à l'aide de scanners intra-oraux ont montré une plus grande justesse, mais une précision inférieure, par rapport aux empreintes conventionnelles.
- Pour la fabrication de prothèses partielles amovibles, bien que la précision des empreintes numériques ne soit pas toujours meilleure que celle des empreintes conventionnelles, nos données suggèrent que l'utilisation de têtes de scannage plus grandes peut améliorer la précision.

Ici aussi, peu de patient ont été inclus, ce qui présente une des limites de l'article.

De plus, l'étude est seulement in-vitro et on ne prend donc pas l'information sur des patients, il est donc difficile d'étendre les résultats à la pratique quotidienne.

Ye et al 2017 (40) ont réalisé deux empreintes de chaque patient en bouche et ont coulé ces empreintes. Ils ont ensuite réalisé une PAP par méthode des cires perdues pour un des maîtres modèles et une PAP par CFAO indirecte sur l'autre.

Ils ont réalisé une évaluation avec plusieurs critères et ont également réalisé une analyse de la prothèse au laboratoire avec utilisation de silicone basse viscosité dans l'intrados des prothèses.

Ils en ont conclu que :

- Les prothèses en PEEK réalisées par CFAO indirecte répondent aux exigences cliniques.
- La précision des cadres réalisés de manière conventionnelle est inférieure aux prothèses en PEEK par CFAO.

Ici, il est intéressant de noter que les auteurs ont comparé les prothèses via l'intermédiaire d'un praticien et également par une technique réalisée en laboratoire, ce qui donne du poids quant à la valeur de l'article.

On voit donc que parmi les articles recensés, les résultats sont variables en fonction des auteurs, de leurs manières d'opérer et de comparer les prothèses.

J'ai également introduit un autre article à la fin de cette partie. Il n'a pas pu être traité dans la comparaison comme les autres car les auteurs n'ont pas traité le paramètre concernant la précision des prothèses obtenues.

Cette étude a été dirigée par Almuflath et al (51), ils ont comparé la réalisation de PAP par méthode conventionnelle et CFAO via frittage laser

Leur méthodologie d'évaluation s'est basée sur un questionnaire qu'ils ont distribué aux patients pour analyser leurs ressentis vis-à-vis de leur prothèse. Chaque patient a porté une prothèse réalisée selon une méthode. Le port de chaque prothèse s'est fait sur la même durée.

Ils en ont conclu que les patients étaient plus satisfaits des prothèses frittées au laser que des prothèses coulées en se basant sur différents points : la satisfaction générale, la capacité de parler, la capacité de nettoyer, le confort, l'efficacité masticatoire et l'état de la bouche.

Les limites de cet article sont :

- Un faible nombre de patients ont été inclus dans l'étude, ce qui est peu représentatif de la population globale.
- Il aurait été intéressant de faire essayer au patient, Une PAP réalisée selon une méthode, puis l'autre
- Ici, les auteurs ont seulement jugé le ressenti du patient, il n'y a donc pas de critères objectifs pour évaluer la qualité des prothèses.
- Ici, la précision n'est pas évaluée.

Une étude a été réalisée par Carneiro Pereira et al(54), elle est semblable à ce que nous avons réalisé ici. Ils se sont demandés si l'utilisation de la CFAO permettait d'obtenir une précision suffisamment importante en PAP. (La question qu'ils se sont posés est semblable à celle du sujet de ce document).

Ils ont donc réalisé une étude où ils ont regroupé des articles traitant du sujet comparant les différentes techniques utilisées.

Ils ont recensé les mêmes articles que ceux que j'ai intégré dans ce document précédemment.

Ils ont remarqué que le matériau utilisé faisait varier les résultats et notamment que la réalisation de prothèses en PEEK réalisées par la CFAO, est plus précise que les châssis en métal obtenus de manière conventionnelle.

Il semblerait également, que dans certains cas, comme lorsque les crêtes sont partiellement édentées, la réalisation d'empreintes optiques en bouche a une plus grande justesse que les empreintes conventionnelles.

Ils ont également mis en avant que les châssis en Co-Cr présentaient une reproductibilité moins importante lorsqu'ils étaient produits par fusion laser par frittage.

Sur la base des conclusions de cet examen systématique, les conclusions suivantes ont été tirées :

- L'utilisation de l'outil numérique en PAP est fiable, car les inadéquations et les décalages constatés dans les différentes études (in vitro et cliniques), se situent dans la limite clinique acceptable.
- Seules deux études cliniques ont évalué l'ajustement des cadres, et la qualité méthodologique des études présente des limites qui doivent être prises en compte dans les futures études cliniques.

Conclusion

A l'heure actuelle, encore peu d'articles traitent de ce sujet et la plupart des articles recensés sont récents et possèdent donc peu de recul.

La plupart des prothèses réalisées est produite de manière conventionnelle, cette méthode reste la méthode de référence et semble être satisfaisante pour le patient ainsi que pour les praticiens les réalisant.

Cependant, de plus en plus de techniciens de laboratoires utilisent la méthode de CFAO indirecte afin de réaliser des PAP et cette méthode va certainement s'installer petit à petit au cabinet. Effectivement, le nombre d'erreurs d'origine humaine lors de la réalisation de PAP de manière conventionnelle pousse de plus en plus les laboratoires à utiliser la CFAO pour la réalisation de prothèse. Cette technique semble faciliter la réalisation de PAP au laboratoire. L'un des inconvénients principaux de cette méthode est qu'elle nécessite d'utiliser du matériel relativement coûteux et d'avoir à sa disposition un technicien de laboratoire suffisamment formé. De plus, un manque de recul clinique sur l'ensemble de la population portant les PAP réalisées de cette manière ne permet pas de savoir si les prothèses obtenues sont réellement de qualité suffisante. Il faut donc que d'avantage d'études soient réalisées afin de pouvoir savoir si cette pratique peut réellement être utilisée quotidiennement.

Concernant les prothèses amovibles réalisées à partir d'empreintes optiques en bouche, les études analysant ce type de réalisation sont trop récentes pour avoir un recul suffisant et sont souvent réalisées sur un nombre de patients limité. Le problème majeur de ce type de réalisation est dû à la différence de dépressibilité entre les tissus dentaires et les muqueuses. En effet, le fait que cette différence de dépressibilité ne puisse pas être enregistrée en bouche ne semble pas permettre la réalisation de PAP répondant aux attentes cliniques espérées de ces prothèses. De plus, la grandeur des surfaces enregistrées pour ce type de prothèses augmente le risque d'erreur lié à l'outil informatique.

Il est important de prendre en compte que certains facteurs vont influencer sur la prothèse finale. Certains auteurs ont notamment mis ça en évidence en montrant que la différence de précision varie en fonction des classes d'édentements. Le matériau utilisé pour réaliser la prothèse ainsi que le type de scanner et logiciel utilisé pour la CFAO va également avoir une influence sur la précision des prothèses obtenues.

Personnellement, je privilégierais la méthode de CFAO indirecte en prothèse amovible partielle car c'est une technique permettant l'obtention d'une prothèse répondant aux attentes cliniques en limitant certaines erreurs d'origines humaines.

Il semble évident que dans l'avenir, les empreintes optiques réalisées en bouche afin d'obtenir des PAP seront de plus en plus utilisées mais il faut d'abord pouvoir régler les problèmes rencontrés lors de ces enregistrements afin d'obtenir une prothèse la plus acceptable possible et d'autres études doivent être réalisées afin de prouver que les PAP obtenues selon cette technique répondent aux attentes.

Cette technique est cependant très intéressante d'un point de vue pratique et notamment pour les patients souffrants d'ouverture buccale limitée ou encore de réflexe nauséux.

Références bibliographiques

1. Schittly J, Schittly E. Conception et réalisation des châssis en prothèse amovible partielle. Malakoff: CdP; 2017.
2. Borel J-C, Schittly J, Exbrayat J. Manuel de prothèse partielle amovible. Paris: Masson; 1994.
3. Vissink A, Spijkervet F, Raghoobar GM. The medically compromised patient: are dental implants a feasible option? Oral Dis. mars 2018;24(1-2):253-60.
4. Duval X, Millot S, Tubiana S, Jung B. [Prevention of Infective endocarditis]. Presse Med. mai 2019;48(5):556-62.
5. Charyeva OO, Altynbekov KD, Nysanova BZ. Kennedy classification and treatment options: a study of partially edentulous patients being treated in a specialized prosthetic clinic. J Prosthodont. avr 2012;21(3):177-80.
6. Ronald H. Principles, concepts, and practices in prosthodontics--1994. Academy of Prosthodontics. J Prosthet Dent. janv 1995;73(1):73-94.
7. Fokkinga WA, van Uchelen J, Witter DJ, Mulder J, Creugers NHJ. Impression procedures for metal frame removable partial dentures as applied by general dental practitioners. Int J Prosthodont. avr 2016 ;29(2) :166-8.
8. Ye H, Li X, Wang G, Kang J, Liu Y, Sun Y, et al. A novel computer-aided design/computer-assisted manufacture method for one-piece removable partial denture and evaluation of fit. Int J Prosthodont. avr 2018;31(2):149–151.
9. Wu J, Li Y, Zhang Y. Use of intraoral scanning and 3-dimensional printing in the fabrication of a removable partial denture for a patient with limited mouth opening. J Am Dent Assoc. 2017;148(5):338-41.
10. Wu J, Cheng Y, Gao B, Yu H. A novel digital altered cast impression technique for fabricating a removable partial denture with a distal extension. J Am Dent Assoc. 2020;151(4):297-302.
11. Williams RJ, Bibb R, Rafik T. A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying. J Prosthet Dent. janv 2004;91(1):85-8.
12. Williams RJ, Bibb R, Eggbeer D, Collis J. Use of CAD/CAM technology to fabricate a removable partial denture framework. J Prosthet Dent. août 2006;96(2):96-9.
13. Mansour M, Sanchez E, Machado C. The use of digital impressions to fabricate tooth-supported partial removable dental prostheses: a clinical report. J Prosthodont. août 2016;25(6):495-7.
14. Kattadiyil MT, Mursic Z, AlRumaih H, Goodacre CJ. Intraoral scanning of hard and soft tissues for partial removable dental prosthesis fabrication. J Prosthet Dent. sept 2014;112(3):444-8.
15. Hu F, Pei Z, Wen Y. Using Intraoral Scanning Technology for Three-Dimensional Printing of Kennedy Class I Removable Partial Denture Metal Framework: A Clinical Report. J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont. févr 2019;28(2): e473-6.
16. Eggbeer D, Bibb R, Williams R. The computer-aided design and rapid prototyping fabrication of removable partial denture frameworks. Proc Inst Mech Eng [H]. mai 2005;219(3):195-202.

17. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J.* juin 2011;56 (Suppl 1):97-106.
18. Batson ER, Cooper LF, Duqum I, Mendonça G. Clinical outcomes of three different crown systems with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent.* oct 2014;112(4):770-7.
19. Bégin M, Fouilloux I. *La prothèse partielle amovible : conception et tracés des châssis.* Paris : Quintessence International ; 2004.
20. Al-Johany SS, Andres C. ICK classification system for partially edentulous arches. *J Prosthodont.* Août 2008 ;17(6) :502-7.
21. DG. Kennedy Classification [Internet]. [cité 15 sept 2020]. Disponible sur : <https://dentagama.com/news/kennedy-classification>
22. McCracken WL, Brown DT, McCracken WL. *McCracken's removable partial prosthodontics.* 12th ed. St. Louis: Elsevier Mosby; 2011.
23. Gadra. A. Prothèse éléments du châssis [Internet]. 2015 nov [cité 15 sept 2020]. Disponible sur : <https://fr.slideshare.net/AbdeldjalilGadra/prothese-elements-du-chassis>
24. Begin M. Les attachements : rôles, indications, apports respectifs - Prothèse amovible - Comptes-rendus des journées de formation - SOP [Internet]. [Cité 15 sept 2020]. Disponible sur : <https://www.sop.asso.fr/les-journees/comptes-rendus/23-prothese-amovible/4>
25. Santoni P. *Maîtriser la prothèse amovible partielle.* Rueil-Malmaison : CdP ; 2004.
26. George. T. Prothèse amovible partielle à infrastructure métallique : CFAO ou technique conventionnelle [Thèse d'exercice]. : [France] Université de Lorraine, Nancy-Metz ; Unité de formation et de recherche d'odontologie ; 2017. Disponible sur : <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931970>
27. Farenc. A. Les empreintes en prothèse amovible partielle : matériaux et techniques. [Thèse d'exercice]. : [France] Université Paris Descartes ; Unité de formation et de recherche d'odontologie ; 2019. Disponible sur : [dumas-02130397](https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02130397) <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02130397>
28. Bohnenkamp DM. Removable partial dentures: clinical concepts. *Dent Clin North Am.* janv 2014;58(1):69-89.
29. Petropoulos VC, Rashedi B. Removable partial denture education in U.S. dental schools. *J Prosthodont.* févr 2006 ;15(1):62-8.
30. Merzouk N, Berrada S, Benfdil F, Abdedine A. Critères de choix des matériaux et techniques d' empreinte en Prothèse Amovible Partielle. *Actual Odontostomatol.* sept 2008;(243):265-77.
31. Rudd RW, Rudd KD. A review of 243 errors possible during the fabrication of a removable partial denture: part I. *J Prosthet Dent.* sept 2001;86(3):251-61.
32. Rudd RW, Rudd KD. A review of 243 errors possible during the fabrication of a removable partial denture: part II. *J Prosthet Dent.* sept 2001;86(3):262-76.
33. Rudd RW, Rudd KD. A review of 243 errors possible during the fabrication of a removable partial denture: part III. *J Prosthet Dent.* sept 2001;86(3):277-88.

34. FDI World Dental Federation. La CFAO dentaire [Internet]. 2017 [cité 22 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.fdiworldddental.org/fr/resources/policy-statements-and-resolutions/la-cfao-dentaire>
35. Owandy Radiology. La CFAO - L'incontournable de la dentisterie moderne [Internet]. 2020 [cité 22 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.owandy.fr/cfao-dentaire/>
36. ROQUES C. La CFAO dans la pratique quotidienne en cabinet dentaire et en laboratoire dans la région Midi-Pyrénées en 2013. Etude épidémiologique. [Thèse d'exercice]. [France]. Université Toulouse III Paul Sabatier. Unité de formation et de recherche d'odontologie; 2014. Disponible sur: <http://thesesante.ups-tlse.fr/336/1/2014TOU33002.pdf>
37. Taddei C, Etienne O, Baixe S, Kress P. CFAO et prothèse amovible partielle métallique [Internet]. LEFILDENTAIRE magazine dentaire. 2013 [cité 2 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-et-prothese-amovible-partielle-metallique/>
38. Centre national d'innovation et de formation des prothésistes dentaires- Union national patronale des prothésistes dentaires. Guide de la CFAO dentaire [Internet]. 2009 [cité 23 sept 2020]. Disponible sur: <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/numerisation3D.html>
39. Arka. A. Scanners avec contact - Numérisation 3D et scanner 3D [Internet]. 2011 [cité 23 sept 2020]. Disponible sur: <http://www.numerisation-3d.info/scanners-avec-contact.html>
40. Ye H, Ning J, Li M, Niu L, Yang J, Sun Y, et al. Preliminary clinical application of removable partial denture frameworks fabricated using computer-aided design and rapid prototyping techniques. *Int J Prosthodont.* août 2017;30(4):348-53.
41. Tregerman I, Renne W, Kelly A, Wilson D. Evaluation of removable partial denture frameworks fabricated using 3 different techniques. *J Prosthet Dent.* oct 2019;122(4):390-5.
42. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl P-A. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig.* nov 2018;22(8):2829-35.
43. Soltanzadeh P, Suprono MS, Kattadiyil MT, Goodacre C, Gregorius W. An in vitro investigation of accuracy and fit of conventional and CAD/CAM removable partial denture frameworks. *J Prosthodont.* juin 2019;28(5):547-55.
44. Persson ASK, Andersson M, Odén A, Sandborgh-Englund G. Computer aided analysis of digitized dental stone replicas by dental CAD/CAM technology. *Dent Mater.* août 2008;24(8):1123-30.
45. Negm EE, Aboutaleb FA, Alam-Eldein AM. Virtual evaluation of the accuracy of fit and trueness in maxillary poly(etheretherketone) removable partial denture frameworks fabricated by direct and indirect CAD/CAM techniques. *J Prosthodont.* août 2019;28(7):804-10.
46. McLaughlin JB, Ramos V, Dickinson DP. Comparison of fit of dentures fabricated by traditional techniques versus CAD/CAM technology. *J Prosthodont.* avr 2019;28(4):428-35.
47. Lee S, Hong S-J, Paek J, Pae A, Kwon K-R, Noh K. Comparing accuracy of denture bases fabricated by injection molding, CAD/CAM milling, and rapid prototyping method. *J Adv Prosthodont.* févr 2019;11(1):55-64.
48. Lee J-W, Park J-M, Park E-J, Heo S-J, Koak J-Y, Kim S-K. Accuracy of a digital removable partial denture fabricated by casting a rapid prototyped pattern: a clinical study. *J Prosthet Dent.* oct 2017;118(4):468-74.

49. Bibb RJ, Eggbeer D, Williams RJ, Woodward A. Trial fitting of a removable partial denture framework made using computer-aided design and rapid prototyping techniques. *Proc Inst Mech Eng [H]*. oct 2006;220(7):793-7.
50. Arnold C, Hey J, Schweyen R, Setz JM. Accuracy of CAD-CAM-fabricated removable partial dentures. *J Prosthet Dent*. avr 2018;119(4):586-92.
51. Almufleh B, Emami E, Alageel O, de Melo F, Seng F, Caron E, et al. Patient satisfaction with laser-sintered removable partial dentures: a crossover pilot clinical trial. *J Prosthet Dent*. avr 2018;119(4):560-567.e1.
52. Dentsply Sirona. Numérisation. [Internet]. 2020 [cité 17 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.dentsplysirona.com/content/dentsply-sirona/fr-fr/decouvrez-nos-produits/laboratoire/inlab-cfao/numerisation.html>
53. Descamp F, Fages M, Duret F. *La CFAO en odontologie: les bases, les principes et les systèmes*. Paris: CdP; 2016.
54. Carneiro Pereira AL, Bezerra de Medeiros AK, de Sousa Santos K, Oliveira de Almeida É, Seabra Barbosa GA, da Fonte Porto Carreiro A. Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review. *J Prosthet Dent*. Feb 2021;125(2):241-248
55. Stern MA, Brudvik JS, Frank RP. Clinical evaluation of removable partial denture rest seat adaptation. *J Prosthet Dent*. mai 1985;53(5):658-62.
56. Krausch-Hofmann S, Cuyppers L, Ivanova A, Duyck J. Predictors of patient satisfaction with removable denture renewal: a pilot study. *J Prosthodont*. juill 2018;27(6):509-16.
57. Hsu Y-T. A technique for assessing the fit of a removable partial denture framework on the patient and on the definitive cast. *J Prosthet Dent*. oct 2016;116(4):630-1.
58. Ye H, Ma Q, Hou Y, Li M, Zhou Y. Generation and evaluation of 3D digital casts of maxillary defects based on multisource data registration: A pilot clinical study. *J Prosthet Dent*. déc 2017;118(6):790-5.
59. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent*. août 2016;116(2):249-56.
60. Gan N, Xiong Y, Jiao T. Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. *PloS One*. 2016;11(7):e0158800.
61. Cho S-H, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. *J Prosthet Dent*. avr 2015;113(4):310-5.
62. Chen H, Li H, Zhao Y, Zhang X, Wang Y, Lyu P. Adaptation of removable partial denture frameworks fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent*. sept 2019;122(3):316-24.
63. Hayama H, Fueki K, Wadachi J, Wakabayashi N. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. *J Prosthodont Res*. juill 2018;62(3):347-52.

Liste des figures

Figure 1 Classification de Kenedy-applegate (d'après le site internet : http://prothesedentaire.e-monsite.com/).....	7
Figure 2: Classe 1 sub 2 (source : Al-Johany et Andres. -2008).....	8
Figure 3: Les mouvements de Tabet. (D'après Begin et al. -2004)	9
Figure 4: Cadre pour prothèse amovible mandibulaire (source: McCracken et al. - 2011) ; légende : 1 : grand connecteur ; 2a : selles ; 2b et c : conecteurs mineurs ; 3 : taquet occlusaux ; 4 : partie active des crochets ; 5 : partie passive des crochets ; 6 : potence	11
Figure 5: plaque large (source: Gadra. A. -2015)	12
Figure 6: barre linguale (source : McCracken et al. -2011)	12
Figure 7: selle prothétique (source : Gadra. A. -2015).....	13
Figure 8: préparation appuis cingulaires (source : Gadra. A. -2015).....	13
Figure 9: schéma d'une taquet occlusal (source : McCracken et al. -2011).....	14
Figure 10: schéma d'un crochet avec représentation de la ligne guide (source: McCracken et al. - 2011)	14
Figure 11:châssis de PAP avec connexion (source : Gadra. A. -2015)	15
Figure 12: freinectomie linguale (suture) (d'après le site internet : oralcamera.net).....	17
Figure 13: empreinte à l'alginat (source : Merzouk et al. -2008).....	18
Figure 14: enregistrement du joint périphérique du porte empreinte (source : Merzouk et al. 2008 .	19
Figure 15: empreinte anatomo-fonctionnelle réalisée au permlastic (polysulfure) et coffrée (source : Merzouk et al. 2008)	20
Figure 16: châssis PAP mandibulaire avec bourrelets en cire (source: McCracken et al. -2011)	21
Figure 17: prothèse amovible partielle à châssis métallique maxillaire (source : données personnelles)	22
Figure 18: numérisation 3D avec bras de palpation (d'après le site internet : http://www.numerisation-3d.info/)	25
Figure 19: triangulation laser (d'après le site internet : http://www.cnifpd.fr/guidecfao/)	26
Figure 20: (d'après le site internet : http://www.cnifpd.fr/guidecfao/)	26
Figure 21: holoscopie conoscopique (d'après le site internet : http://www.cnifpd.fr/guidecfao/).....	27
Figure 22: arcade mandibulaire partiellement édentée numérisée. (Source : Ye et al. - 2018)	27
Figure 23: modèle numérisé avec zones colorées permettant le positionnement des éléments de la future prothèse. (Source : Soltanzadeh. -2018)	28
Figure 24:étapde de la conception assistée par ordinateur. A : positionnement des selles ; B : dessin de l'armature ; C : mise en place des crochets ; D : réalisation des connexions mineures ; E : finitions ; F : châssis terminé et prêt à être fabriqué (source : Ngem et al. -2019)	29
Figure 25: conception d'un porte empreinte individuel. (Source : Wu et al. -2020)	29
Figure 26: station de travail (source : https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-et-prothese-amovible-partielle-metallique/)	30
Figure 27: maître modèle sur plaque de transfert dans la chambre du scanner (sources : https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-et-prothese-amovible-partielle-metallique/)	30
Figure 28: scanner InEOS X5. (source: https://www.dentsplysirona.com/fr-fr/decouvrez-nos-produits/laboratoire/inlab-cfao/numerisation.html)	31
Figure 29: caméra-optique intra-oral (d'après le site internet : https://dentalwings.com/fr/virtuovivo/)	32
Figure 30: numérisation 3D intra-orale (source : Hu et al. -2019)	33
Figure 31: conception et fabrication d'un châssis métallique (source : Tregerman et al. 2018))	33
Figure 32:scémad'impression 3D (d'après le site internet : http://www.sti2d-erembert.fr/)	35

Figure 33: modèle de cire (d'après le site internet : http://www.cnifpd.fr/guidecfao/)	35
Figure 34: modèle de résine (d'après le site internet : http://www.cnifpd.fr/guidecfao/)	36
Figure 35: exemple d'imprimante 3D (sources : https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/esthetique/cfao-et-prothese-amovible-partielle-metallique/).....	36
Figure 36: schéma de stéréolithographie sélective (d'après le site internet : ametrargroup.com/les-differentes-technologies-de-fabrication-additive/).....	37
Figure 37: schéma de micro-fusion laser (d'après le site internet: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Selective_laser_melting_system_schematic.jpg)	38
Figure 38:: empreinte du châssis sur le maître modèle au putty (d'après: Hsu et al.2016).....	43
Figure 39: empreinte du châssis en bouche au light (d'après : Hsu et al.2016).....	43
Figure 40: plaque base de la prothèse amovible avec les points étudiés (d'après Goodacre et al. -2016)	44
Figure 41: fiche informatique avec les points de références (d'après goodacre et al. -2016)	45
Figure 42: Schéma d'un exemple de silicone montrant les distances et les points mesurés. (D'après ye et al. -2017)	46
Figure 43: A: Châssis métallique réalisé par frittage laser. B: Même châssis que le A après polissage et finition. C: Châssis métallique réalisé par la technique des cires perdues. D: Même châssis que le C après polissage et finitions (source : Chen et al.-2019).....	53

Tableau

Tableau 1 : diagramme de procédé de recherche. (Données personnelles, inspiré par Carneiro Pereira et al;-2020).

Tableau 2:critère clinique utilisé pour juger de la qualité de la prothèse (d'après Tregerman et al.-2019).

Tableau 3: résultats des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al;-2020).

Tableau 4: suite: résultats des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al;-2020).

Tableau 5 : suite: résultats des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al;-2020).

Tableau 7: Niveau de preuve des articles recensés (données personnelles, inspiré de Carneiro Pereira et al;-2020)

Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence - Traduction française

La Table des niveaux de preuves du Centre d'Evidence-Based Medicine d'Oxford (version 2011)

Question	Etape 1 (Niveau 1*)	Etape 2 (Niveau 2*)	Etape 3 (Niveau 3*)	Etape 4 (Niveau 4*)	Etape 5 (Niveau 5)
Quelle est la fréquence du problème ?	Etude récente et locale sur des échantillons aléatoires (ou recensement)	Revue systématique d'études dont les conditions sont proches mais non identiques aux conditions locales**	Etude locale sur des échantillons non aléatoires**	Série de cas**	/
Le diagnostic ou le test de contrôle est-il exact ? (Diagnostic)	Revue systématique d'études transversales menées en aveugle et utilisant un standard de référence appliqué de manière constante	Etude transversale menée en aveugle et utilisant un standard de référence appliqué de manière constante	Série de cas à recrutement non consécutif ; étude transversale sans standard de référence appliqué de manière constante**	Etude cas-témoins ; étude avec un standard de référence non-indépendant ou de faible qualité**	Raisonnement déductif basé sur la pathophysiologie
Que se passera-t-il si aucun traitement n'est appliqué ? (Prognostic)	Revue systématique d'études de cohortes ou les patients sont inclus au début de leur maladie (<i>inception cohort</i>)	Etude de cohorte où les patients sont inclus au début de leur maladie (<i>inception cohort</i>)	Etude de cohorte ; considération dans un essai contrôle randomisé	Série de cas ; étude cas-témoins ; étude de cohorte pronostique de pauvre qualité**	/
Cette intervention est-elle bénéfique ? (Bénéfices du traitement)	Revue systématique d'essais contrôlés randomisés ou d'essais de taille 1 (<i>n-of-1 trials</i>)	Essai contrôlé randomisé ; étude d'observation avec effet majeur	Etude de cohorte non randomisée**	Série de cas ; étude cas-témoins ; étude contrôlée pour laquelle la collecte des données du groupe contrôle a précédé celle du groupe étudié**	Raisonnement déductif basé sur la pathophysiologie
Quels sont les effets indésirables fréquents ? (Effets indésirables du traitement)	Revue systématique d'essais contrôlés randomisés ; revue systématique d'études cas-témoins recrutés dans la population d'une étude de cohorte ; revue systématique d'essais de taille 1 (<i>n-of-1 trials</i>) ; revue systématique d'études d'observation avec un effet majeur	Essai contrôlé randomisé ; (exceptionnellement) étude d'observation avec effet majeur	Etude de cohorte contrôlée non randomisée (surveillance post-commercialisation) à condition qu'il y ait un nombre suffisant de patients par rapport à la fréquence de l'événement (pour les effets à long terme, la durée du suivi doit être suffisante)**	Série de cas ; étude cas-témoins ; étude contrôlée pour laquelle la collecte des données du groupe contrôle a précédé celle du groupe étudié**	Raisonnement déductif basé sur la pathophysiologie
Quels sont les effets indésirables rares ? (Effets indésirables du traitement)	Revue systématique d'essais contrôlés randomisés ou d'essais de taille 1 (<i>n-of-1 trials</i>)	Essai contrôlé randomisé ; (exceptionnellement) étude d'observation avec effet majeur	Etude de cohorte contrôlée non randomisée**	Série de cas ; étude cas-témoins ; étude contrôlée pour laquelle la collecte des données du groupe contrôle a précédé celle du groupe étudié**	Raisonnement déductif basé sur la pathophysiologie
Ce test (détection précoce) en vaut-il la peine ? (Dépistage)	Revue systématique d'essais contrôlés randomisés	Essai contrôlé randomisé	Etude de cohorte contrôlée non randomisée**	Série de cas ; étude cas-témoins ; étude contrôlée pour laquelle la collecte des données du groupe contrôle a précédé celle du groupe étudié**	Raisonnement déductif basé sur la pathophysiologie

* Le niveau de preuve d'une étude peut être rétrogradé sur base des faiblesses intrinsèques de l'étude, d'imprécisions, du caractère indirect de la preuve, à cause de l'incohérence entre études, ou à cause de la taille de l'effet absolu qui est très petit ; le niveau de preuve peut être mieux classé si la taille de l'effet est grande ou très grande.

** Une revue systématique est généralement meilleure qu'une étude individuelle.

Comment citer la Table des niveaux de preuves ?

OCEBM Levels of Evidence Working Group*. *The Oxford 2011 Levels of Evidence*. Trans Durlieux N, Pasleau F, Howick J. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>

* OCEBM Table of Evidence Working Group = Jeremy Howick, Iain Chalmers (James Lind Library), Paul Glasziou, Trish Greenhalgh, Carl Heneghan, Alessandro Liberati, Ivan Moschetti, Bob Phillips, Hazel Thornton, Olive Goddard and Mary Hodgkinson

Annexes :

A	Données suffisantes pour recommander la mesure
B	Données acceptables pour recommander la mesure
C	Données insuffisantes pour décider
D	Données acceptables pour exclure la mesure
E	Données suffisantes pour exclure la mesure

avec un lien souple : outre la qualité des résultats (niveau dans la littérature), d'autres facteurs sont pris en compte pour influencer le niveau de recommandation : accessibilité à la technique évaluée, observance des patients évaluée, risque potentiel.

Annexe 2 : niveau de recommandation est fixé par les auteurs du GPC (d'après le site internet : <http://www.minerva-ebm.be/FR/Article/231>)

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Vu le Président du Jury,

Vu et permis d'imprimer

Vu le Doyen,

Pr Bernard GIUMELLI

PELLERIN (Emmanuel). - Evaluation comparative des restaurations prothétiques amovibles partielles réalisées à partir d'empreintes optiques ou conventionnelles : revue de littérature. -76f. ; ill. ; tabl. ; 63ref ; 2Annexes ; 30cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2021)

RÉSUMÉ

La prothèse amovible partielle est réalisée dans de nombreux cas d'édentements partiels dans la pratique dentaire. Sa réalisation nécessite un protocole rigoureux, des matériaux et du matériel spécifique ainsi qu'un travail et une communication étroite avec le technicien de laboratoire.

De nombreux biais peuvent être à l'origine d'erreurs de conception de prothèse amovibles. L'application de l'outil informatique en chirurgie dentaire, notamment lors de la réalisation de prothèses fixées, a incité de nombreux auteurs à élargir l'utilisation de CFAO pour les prothèses amovibles partielles.

La CFAO semble pouvoir aider les praticiens lors de la réalisation de prothèses amovibles partielles, de la facilité de la prise d'empreinte et du confort apporté au patient. Cependant encore peu d'études et de moyens de comparaisons entre les méthodes nous permettent d'affirmer que cette méthode est satisfaisante sur le long terme. De plus, les différences de dépressibilité entre les tissus enregistrés ne permettent pas une optimisation de la réalisation des prothèses par rapport à la triade de Housset.

La réalisation de prothèse par CFAO après obtention de maître modèle de manière conventionnelle semble être actuellement le moyen le plus reproductible dans la réalisation de PAP et permet d'éviter les erreurs humaines lors de la conception et coulée des châssis métalliques.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Prothèse dentaire

MOTS CLÉS MESH

Prothèse dentaire partielle amovible- Dentures, partial, removable
Méthodes-Methods
Conception assistée par ordinateur-Computer aided design

JURY

Président : Professeur Yves AMOURIQ

Directeur : Docteur Pierre LE BARS

Assesseur : Docteur François BODIC

Assesseur : Docteur Pauline BLÉRY

ADRESSE DE L'AUTEUR

1, La Bretonnière, 44430, Le Landreau
emmanuelpellerin0@gmail.com