



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

**UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON 1
U.F.R D'ODONTOLOGIE**

Année 2020

Thèse n° 2020 LYO 1D 023

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 30/06/2020

Par

Jeanne DEMARS

Née le 20/06/1995 à Lyon

**LA CHAINE NUMERIQUE AU SERVICE DES PROTHESES AMOVIBLES
COMPLETES IMMEDIATES**

JURY

Madame le Professeur Catherine MILLET

Monsieur le Docteur Maxime DUCRET

Monsieur le Docteur Arnaud LAFON

Monsieur le Docteur Benjamin EVIEUX

Présidente

Assesseur

Assesseur

Assesseur

**UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON 1
U.F.R D'ODONTOLOGIE**

Année 2020

Thèse n° 2020 LYO 1D 023

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 30/06/2020

Par

Jeanne DEMARS

Née le 20/06/1995 à Lyon

**LA CHAINE NUMERIQUE AU SERVICE DES PROTHESES AMOVIBLES
COMPLETES IMMEDIATES**

JURY

Madame le Professeur Catherine MILLET

Monsieur le Docteur Maxime DUCRET

Monsieur le Docteur Arnaud LAFON

Monsieur le Docteur Benjamin EVIEUX

Présidente

Assesseur

Assesseur

Assesseur

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Administrateur provisoire	M. le Professeur F. FLEURY
Président du Conseil Académique	M. le Professeur H. BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	M. le Professeur D. REVEL
Vice-Président de la Commission Recherche du Conseil Académique	M. le Professeur J.F MORNEX
Vice-Président de la Commission Formation Vie Universitaire du Conseil Académique	M. le Professeur P. CHEVALIER

SECTEUR SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est	Directeur : M. le Professeur G. RODE
Faculté de Médecine et Maïeutique Lyon-Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directrice : Mme. la Professeure D. SEUX
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. X. PERROT, Maître de Conférences
Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directrice : Mme la Professeure A.M. SCHOTT

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
POLYTECH LYON	Directeur : M. E. PERRIN
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences
INSPE	Administrateur provisoire . M. P. CHAREYRON
Observatoire de Lyon	Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL
CPE	Directeur : M. G. PIGNAULT
GEP	Administratrice provisoire: Mme R. FERRIGNO
Informatique (Département composante)	Directeur : M. B. SHARIAT
Mécanique (Département composante)	Directeur : M. M. BUFFAT
UFR FS (Chimie, mathématique, physique)	Administrateur provisoire : M. B. ANDRIOLETTI
UFR Biosciences (Biologie, biochimie)	

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyenne :	Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vices-Doyens :	M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, Maître de Conférences
SOUS-SECTION 56-01 :	ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE
Professeur des Universités :	M. Jean-Jacques MORRIER
Maître de Conférences :	Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER, Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE
Maître de Conférences Associée	Mme Christine KHOURY
SOUS-SECTION 56-02 :	PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE
Professeur des Universités	M. Denis BOURGEOIS
Maître de Conférences	M. Bruno COMTE
Maître de Conférences Associé	M. Laurent LAFOREST
SOUS-SECTION 57-01 :	CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE
Professeur des Universités :	M. J. Christophe FARGES, Mme Kerstin GRITSCH
Maîtres de Conférences :	Mme Anne-Gaëlle CHAUX, M. Thomas FORTIN, M. Arnaud LAFON, M. François VIRARD
Maître de Conférences Associé	M. BEKHOUCHE Mourad
SOUS-SECTION 58-01 :	DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE, FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX
Professeurs des Universités :	M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT, M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET, M. Olivier ROBIN, Mme Dominique SEUX, M. Cyril VILLAT
Maîtres de Conférences :	M. Maxime DUCRET, M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN, Mme Marion LUCCHINI, M. Renaud NOHARET, M. Thierry SELLI, Mme Sophie VEYRE, M. Stéphane VIENNOT, M. Gilbert VIGUIE
Maîtres de Conférences Associés	M. Hazem ABOUELLEIL,
SECTION 87 :	SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES
Maître de Conférences	Mme Florence CARROUEL

A la présidente du jury et directrice de thèse :

MILLET Catherine

Professeure des Universités à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Responsable de la sous-section Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Habilitée à Diriger des Recherches

Je vous remercie d'avoir accepté d'encadrer mon travail. Un immense merci pour votre dynamisme, votre motivation et la qualité de vos corrections. J'ai beaucoup aimé travailler avec vous et c'est un honneur que vous ayez accepté la présidence de ce jury.

Je vous prie de trouver dans mon travail l'expression de mon profond respect.

Aux membres du jury :

DUCRET Maxime

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Ancien Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Je suis honorée de vous compter dans ce jury. Merci de m'avoir accompagnée dans la découverte de la chaîne numérique. Veuillez trouver ici l'expression de mes sincères salutations et de mon profond respect.

LAFON Arnaud

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Bourgogne

Ancien Interne en Odontologie

Ancien Assistant Hospitalo-Universitaire

Spécialiste qualifié en Chirurgie Orale

Je vous remercie pour la confiance que vous m'avez accordé lors de notre travail en binôme les mercredis matin. J'ai énormément appris à vos côtés et je vous remercie pour la qualité de votre partage tant du point de vue de la technicité que celui de l'éthique.

EVIEUX Benjamin

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon

Docteur en Chirurgie Dentaire

Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury. Veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères et mes hommages respectueux.

Table des matières

Introduction	1
1 La prothèse amovible complète (PAC) conventionnelle par flux numérique	2
1.1 Description de la chaîne numérique en PAC.....	2
1.2 La chaîne numérique au service de la PAC.....	4
1.2.1 Rappels sur les PAC	4
1.2.1.1 Epidémiologie.....	4
1.2.1.2 Evaluation de la qualité de la PAC.....	5
1.2.2 Intérêts de la chaîne numérique	6
1.2.3 Utilisation du flux numérique pour la réalisation d'une PAC.....	9
1.2.3.1 Avantages	9
1.2.3.2 Inconvénients.....	10
1.2.3.3 Perspectives	14
1.3 Conclusion	15
2 La prothèse amovible complète immédiate	19
2.1 Difficultés et protocole classique de la PAC immédiate.....	19
2.1.1 Difficultés psychologiques.....	19
2.1.2 Difficultés techniques.....	20
2.1.3 Protocole de réalisation d'une PAC immédiate	21
2.2 Le flux numérique : une aide considérable	23
2.2.1 Avantages	23
2.2.2 Inconvénients.....	25
2.2.3 Perspectives et problèmes	26
2.3 Description de techniques alternatives et discussions	27
2.4 Vers une PAC d'usage.....	34
2.4.1 Intérêt de la chaîne numérique pour la réalisation de la PAC d'usage	34
2.4.2 Protocole de réalisation de la PAC d'usage en deux rendez-vous	34
2.4.3 Innovations et perspectives	35
2.5 Conclusion : Fiche de procédure	36
3 Fabrication numérique des prothèses amovibles complètes	40
3.1 Impression 3D ou usinage ?	40
3.1.1 Usinage	40
3.1.2 Impression 3D.....	42
3.2 Description des pièces prothétiques fabriquées par ordinateur	45
3.2.1 La place de l'impression 3D dans les différentes étapes de réalisation des PAC.....	45
3.2.1.1 Les PEI et les maquettes d'occlusion.....	45
3.2.1.2 Les dents.....	45

3.2.2	La place de l'usinage dans les différentes étapes de réalisation des PAC	46
3.2.3	Le choix des dents	46
3.3	Usinage : différentes techniques d'assemblage base/dents	47
3.3.1	Usinage des bases prothétiques et des alvéoles.....	47
3.3.2	Préparation des dents	47
3.3.3	Collage des dents	48
3.3.4	Finitions	49
3.4	Contrôle qualité des produits utilisés en impression et usinage	50
3.4.1	Rappels sur les normes et la réglementation.....	50
3.4.2	Normes et réglementations pour les PAC.....	51
3.4.3	Contrôle qualité des PAC au laboratoire.....	52
3.5	Respect des données issues de la chaîne numérique	53
	Conclusion	55
	Table des illustrations	56
	Bibliographie	58

Introduction

Depuis le milieu du XXème siècle, les techniques numériques ne cessent d'évoluer. Le domaine médical tire profit des avantages des nouvelles technologies : caméra intra-orale, scanners 3D, machines d'usinage et imprimantes tri-dimensionnel. En odontologie, le caractère unique de chaque patient et de chaque élément prothétique représente le défi majeur à la différence des grandes industries de l'automobile ou de l'aéronautique. L'arrivée du numérique en dentisterie permet de faire évoluer la réalisation des prothèses amovibles complètes (PAC) conventionnelles et immédiates inchangée depuis plus de 50 ans : moins de rendez-vous cliniques et diminution de l'utilisation des matériaux physiques engendrant erreurs et imprécision.

Une PAC immédiate fait référence à tout appareil artificiel remplaçant un organe (en l'occurrence, les dents) destiné à être inséré en bouche immédiatement après l'extraction des dernières dents sur une arcade (maxillaire ou mandibulaire). Elle joue un rôle déterminant dans différents domaines : esthétique via la restauration du sourire (1), psychologique suite aux avulsions des dernières dents et biologique en tant que guide de la cicatrisation et aide au maintien de l'intégrité de l'os alvéolaire et des muqueuses. Elle permet également la restauration des fonctions (masticatrice, phonatoire), tant comme prothèse transitoire que prothèse définitive pour les patients ayant des difficultés financières (2). Enfin, elle trouve son indication dans les contre-indications médicales, anatomiques et financières de l'implantologie.

En odontologie, la chaîne numérique voit le jour depuis les années 1960 en France. Elle est composée de trois maillons : acquisition des données tri-dimensionnelles, Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO). L'acquisition des données consiste à obtenir des informations buccales détaillées, informations ensuite utilisées par les logiciels de conception/modélisation pour réaliser l'élément prothétique souhaité. On obtient l'élément fini grâce à une unité de fabrication.

Nous rappellerons les grands critères de réalisation d'une PAC et leurs bénéfices pour les patients. Puis nous étudierons les avantages et les inconvénients du flux numérique pour la réalisation de PAC et PAC immédiates. Les étapes de traitement du cabinet dentaire aux processus de fabrication numérique au laboratoire sont décrites.

1 La prothèse amovible complète (PAC) conventionnelle par flux numérique

1.1 Description de la chaîne numérique en PAC

En dentisterie, la **chaîne numérique** est composée de trois maillons représentés sur la Figure 1 : Acquisition des données, Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO).

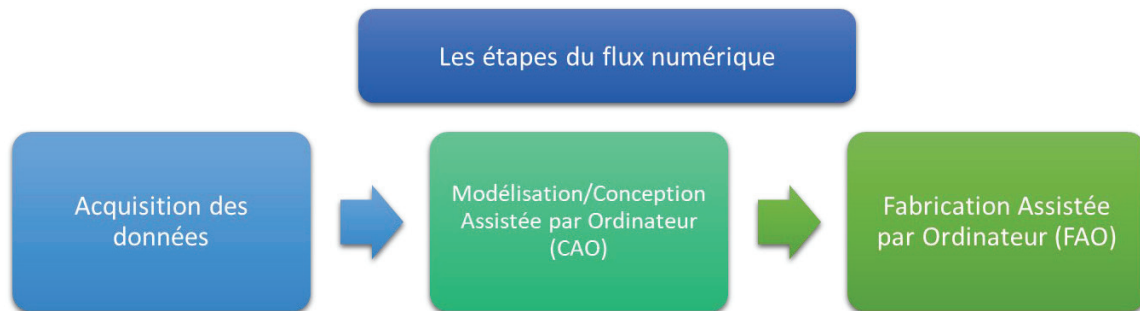


Figure 1 : La chaîne numérique

En **CFAO directe**, le praticien dispose de la chaîne numérique complète au cabinet. Bien qu'elle se développe de plus en plus pour la restauration de dents délabrées ou usées, la CFAO directe n'est aujourd'hui pas encore adaptée à la prothèse complète. En **CFAO semi-directe**, la modélisation et/ou la production sont délocalisées au laboratoire ou centre spécialisé. Enfin, la **CFAO indirecte** correspond à une empreinte réalisée en bouche avec des matériaux conventionnels, envoyée au laboratoire et scannée soit directement, soit après avoir été coulée en plâtre (Figure 2).

Actuellement les PAC conventionnelles se font essentiellement par le biais de la CFAO indirecte. Les PAC immédiates peuvent être réalisées en CFAO indirecte ou semi-directe.

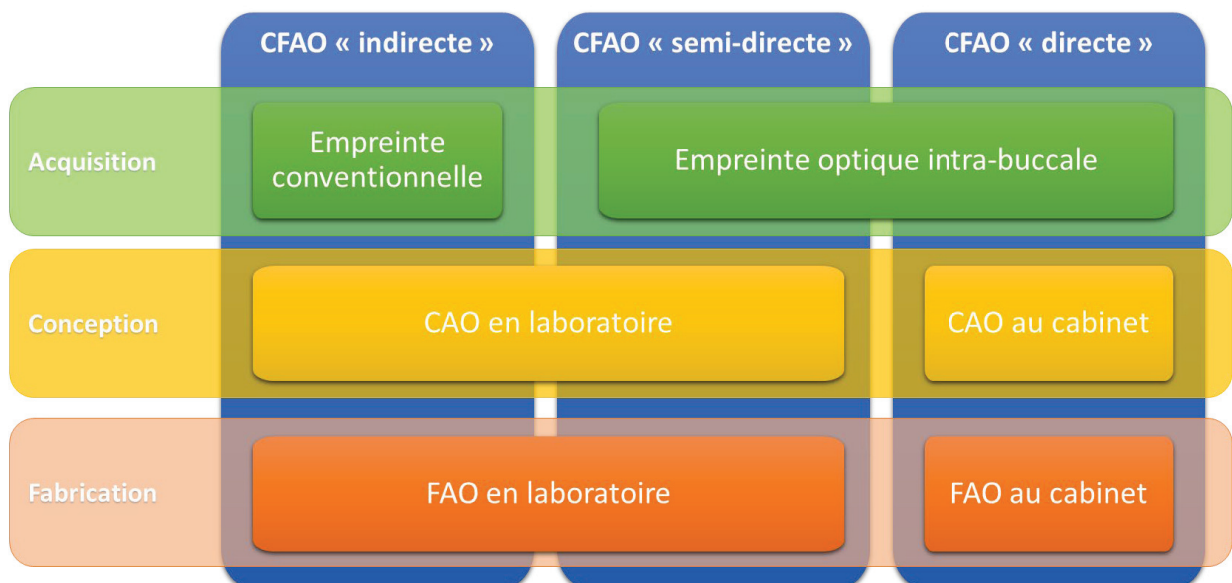


Figure 2 : La CFAO indirecte, semi-directe et directe

L'acquisition des données correspond à une partie très clinique. En effet, elle permet de capturer et transférer les données tri-dimensionnelles intra-buccales (dents, crêtes, reliefs osseux, surfaces gingivales, relation occlusale...) en données informatiques. Les informations concernant les arcades maxillaire ou mandibulaire peuvent être recueillies :

- Au cabinet dentaire : par empreinte optique directement avec une caméra intra-buccale (Figure 3), CFAO directe et semi-directe.
- Au laboratoire de prothèse : par scannage des empreintes classiques réalisées au fauteuil avec des matériaux conventionnels ou par scannage des modèles en plâtre issus des empreintes classiques, CFAO indirecte.



Figure 3 : Différentes caméras intra-buccales sur le marché - D'après lefildentaire.com (3)

De même, l'enregistrement de la Relation Maxillo-Maxillaire (RMM) qui lie les arcades entre elles est réalisé :

- Au cabinet dentaire quand la situation clinique le permet : directement par une caméra intra-buccale grâce à un enregistrement vestibulaire en position d'intercuspidie maximale.
- Au laboratoire : après mise en articulateur conventionnelle ou virtuelle des arcades (Figure 4 : (a) Mise en articulateur virtuelle de modèles (b) Montage des dents maxillaires obtenu par CAO (c) Vue du logiciel de CAO de la mise en articulateur virtuelle du montage réalisé - D'après J.-H Fang et coll. (4)). Soit la RMM est évidente après la numérisation des arcades indépendamment, soit elle sera enregistrée lors d'une étape ultérieure.

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) permet la modélisation/conception de la pièce prothétique. A l'aide d'un système automatisé, il permet de concevoir la géométrie de la pièce à usiner ou imprimer : PEI, maquette d'occlusion et montage des dents par exemple en PAC (Figure 4b,c).

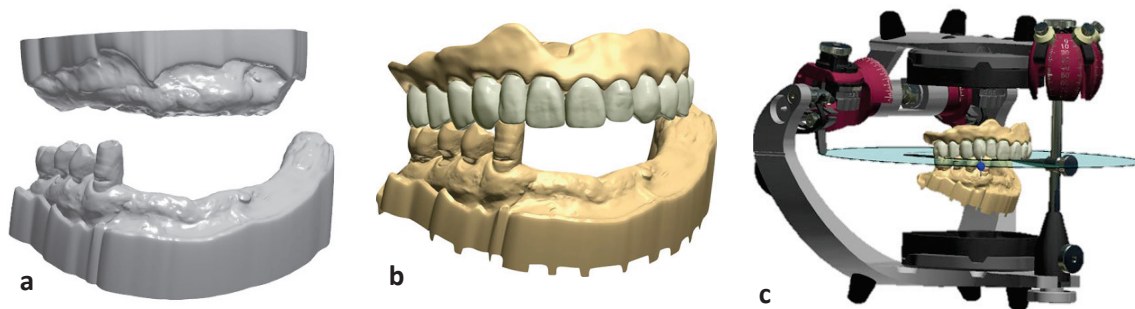


Figure 4 : (a) Mise en articulateur virtuelle de modèles (b) Montage des dents maxillaires obtenu par CAO (c) Vue du logiciel de CAO de la mise en articulateur virtuelle du montage réalisé - D'après J.-H Fang et coll. (4)

La Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) correspond au traitement du fichier informatique issu de la CAO afin de le rendre compatible avec la machine-outil de fabrication de la prothèse. Elle consiste en deux principales interventions :

- La préparation de la fabrication en fonction du procédé de mise en forme et du matériau utilisé.
- La création des séquences de mise en forme d'une ou de plusieurs maquettes numériques à fabriquer simultanément (Figure 5).

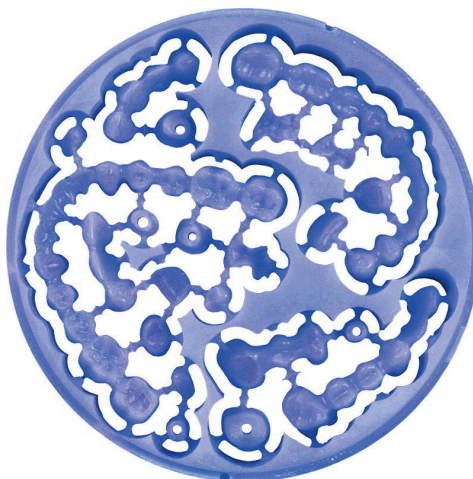


Figure 5 : Exemple de plusieurs pièces prothétiques usinées simultanément dans un disque de PMMA – D'après dentalportal.info (5)

La fabrication peut être additive (impression 3D) ou soustractive (usinage) et sera détaillée au paragraphe 3.1.

1.2 La chaîne numérique au service de la PAC

1.2.1 Rappels sur les PAC

1.2.1.1 Epidémiologie

En France, malgré les efforts de santé publique réalisés pour expliquer l'importance de l'hygiène bucco-dentaire, il y a encore des progrès à faire. Si la prévention et le traitement des maladies carieuses et parodontales sont mis en avant, l'édentement total reste une infirmité trop répandue. **Selon l'OMS, environ 30% des européens âgés entre 65 et 74 ans n'ont plus de dents en 2019**

suite aux caries ou maladies parodontales qui sont les deux principaux responsables. Les conséquences sur la fonction, l'esthétique, la nutrition et la qualité de vie des patients sont lourdes. D'ailleurs, les chiffres de l'OMS prouvent une augmentation croissante du nombre d'édentés totaux dans le monde (6).

Dans les années 2000, les édentés totaux uni ou bi-maxillaires étaient déjà plus de 5 millions en France. L'espérance de vie augmente : en 2050, en France, les plus de 60 ans devraient représenter un tiers de la population dans le même temps, le nombre des plus de 75 ans devrait être multiplié par 3 et celui des plus de 85 ans par 4. **L'édentement est proportionnel à l'âge mais il touche des personnes de toutes les conditions sociales et des sujets de plus en plus jeunes.** Les demandes en termes de traitement de l'édentement total ne semblent donc pas vouées à s'arrêter. De plus, l'exigence des patients augmente : le chirurgien-dentiste doit être efficace rapidement. La prothèse doit être confortable et esthétique (6).

D'après un article de l'Association Dentaire Américaine de 2014, plus d'un américain sur trois déclare ne pas être allé chez le dentiste l'année précédente. Les caries devenues trop étendues ou les maladies parodontales trop sévères ne peuvent plus être soignées : les restaurations ne sont plus envisageables. De la **négligence des patients face à leur hygiène bucco-dentaire** et la **faible fréquence de consultations** résulte la nécessité d'avulsions de dents, puis de prothèse amovible complète. Concernant les **maladies systémiques** (diabète, syndrome de Papillon-Lefèvre, maladie de Paget, ...), on n'a toujours pas de solutions afin de soigner la sévérité des maladies parodontales qu'elles engendrent : les avulsions chez ces patients sont encore d'actualités (7).

Le nombre de PAC immédiates va donc continuer d'augmenter avec le vieillissement de la population (8). Comment faire face à cette augmentation de manière efficace avec les nouveaux outils à disposition du chirurgien-dentiste ?

1.2.1.2 Evaluation de la qualité de la PAC

Pour la réalisation d'une PAC, trois impératifs physiques fondamentaux, regroupés sous le nom de **Triade de Housset**, sont à respecter : la rétention, la stabilisation et la sustentation.

- **La rétention** est l'ensemble des forces s'opposant à la désinsertion de la prothèse dans le sens axial. Chez l'édenté complet, cette rétention est assurée par la précision d'adaptation de l'intrados, un joint périphérique étanche et la présence d'un film salivaire. Pour cela, une bonne empreinte anatomo-fonctionnelle est indispensable. Elle nécessite classiquement l'utilisation d'un porte-empreinte individuel (PEI) qui permet un enregistrement rigoureux de la ligne de réflexion muqueuse et d'une surface d'appui optimale pour une extension maximale de la base prothétique (en augmentant la surface de sustentation). Muni d'un bourrelet préfigurant le volume des dents qui sert d'appui aux organes périphériques (langue, lèvres et joues), l'empreinte est dite fonctionnelle car réalisée au moyen de matériaux « physiques » (polyéthers, silicones, polysulfures...) modelés par des mouvements fonctionnels de la musculature du patient. Au niveau du joint vélo-palatin, le matériau permet de créer une légère compression de la partie antérieure du voile du palais = post-dam. Ainsi, la précision de l'empreinte est augmentée.

- **La stabilisation** est l'ensemble des forces s'opposant aux mouvements de translation horizontale et de rotation de la prothèse. Elle est assurée par la forme des arcades (volumes des crêtes et forme

du palais), le respect du libre jeu musculaire, une occlusion équilibrée, les extensions de la prothèse dans les zones « neutres » et l'enregistrement des différents freins.

- **La sustentation** est l'ensemble des forces s'opposant à l'enfoncement de la prothèse dans les surfaces d'appui sous l'action des forces occlusales. Elle est favorisée par la qualité de l'os sous-jacent, la qualité de la fibro-muqueuse et l'étendue de la surface d'appui. Afin de limiter les lésions des surfaces d'appui, il convient de rechercher une extension maximale de la prothèse tout en respectant les organes para-prothétiques (langue, joues, lèvres) (9).

La réussite d'une prothèse s'évalue donc selon les **trois critères de la triade de Housset**, mais aussi sur la **qualité de l'enregistrement de la relation maxillo-mandibulaire, l'occlusion, la dimension vertical d'occlusion (DVO), la phonation et le résultat esthétique** qui doit convenir au praticien et au patient.

1.2.2 Intérêts de la chaîne numérique

L'empreinte optique et la CFAO sont des atouts évidents et des outils de communication extrêmement performants.

Pour le praticien :

Tous les maillons de la chaîne numérique sont des aides précieuses au praticien.

L'empreinte optique intra-buccale est « une étape fondamentale (...) car elle permet à elle seule de casser la chaîne des imprécisions » selon le Pr François Duret. D'une précision de l'ordre de 15 à 30 μm , les caméras intra-buccales **éliminent les défauts liés aux matériaux d'empreinte** : leurs déformations en rapport avec leur prise, leurs désinsertions et leurs coulées (Figure 6).



Figure 6 : Empreinte optique de deux arcades en occlusion - D'après J.-M Park (10)

L'acquisition est rapide et pratique, en présence de crêtes partiellement ou complètement édentées. Le lien entre la bouche et l'empreinte est direct : les risques d'erreurs sont minimisés. Cependant, le temps nécessaire à la réalisation varie en fonction de paramètres liés au patient (salivation, musculature jugale/linguale...) et de l'expérience de l'utilisateur. Leur reproductibilité,

en comparaison aux techniques d'empreintes conventionnelles, est plus aisée (11). Les contraintes matérielles sont réduites : moins de matériaux nécessaires donc l'assistante est plus disponible, absence de risque de fracture du plâtre et de difficultés de stockage des modèles. Le temps clinique au fauteuil est réduit et dans certains laboratoires les frais sont diminués (12). Le côté pédagogique de l'empreinte optique est non négligeable. Par ailleurs, si une imprécision est détectée lors de l'acquisition, il est possible de la corriger. En effet, il suffit de gommer la zone et de rescanner. Pour les cas complexes, l'empreinte peut être réalisée progressivement afin de conserver la qualité de l'enregistrement. La prise d'empreinte peut être arrêtée à tout moment, les données numériques déjà acquises sont conservées.

La CAO permet d'améliorer les discussions avec le laboratoire et les patients (voir plus loin). Bien que la CFAO directe permette aussi au chirurgien-dentiste de concevoir lui-même les pièces qu'il souhaite, elle reste encore peu développée. La **formation aux logiciels de CAO** nécessite de l'implication, du temps, une courbe d'apprentissage, de l'expérience : aujourd'hui elle se développe dans les laboratoires.

Du fait de la conservation des données informatiques, la **FAO** assure une **reproductibilité qualitative** des travaux, source de gain de temps et praticité pour le praticien en cas de perte, de casse ou de vols de prothèses dentaires.

Pour le laboratoire :

Comme pour le praticien, les maillons de la chaîne numérique constituent une aide précieuse pour les laboratoires de prothèse.

Les scanners de laboratoire permettent un **gain de temps** important, quelle que soit la nature du travail à réaliser. En effet, en plus d'éviter une coulée de plâtre (avec toutes les contraintes temporelles et matérielles que cela engendre), la **précision** est bien meilleure.

La réception d'une empreinte optique engendrant la suppression des transports d'empreintes représente un **avantage financier et écologique**. L'économie des matériaux est appréciée par les laboratoires : l'utilisation de produits nocifs aux opérateurs et à l'environnement tend à disparaître.

La CAO offre une précision allant de 20 à 50 μm (contre 100 μm pour les maquettes réalisées manuellement) (13). Après apprentissage et maîtrise de l'outil informatique par le prothésiste, les étapes de maquettage et de grattage sont largement moins fastidieuses en CAO que par technique conventionnelle. Cependant, la **prise en main du flux numérique et des logiciels utilisés** est **indispensable** et doit être parfaitement **maîtrisée**.

En plus de réduire d'environ 30% le temps de travail du prothésiste, les machines-outils peuvent usiner la nuit une dizaine de maquettes à la fois. Les progrès réalisés par les ingénieurs de FAO permettent de **minimiser les retouches** à réaliser par le prothésiste en fin de cycle des machines (14).

Les principaux freins au développement des technologies de CFAO dans les laboratoires restent les coûts de formation du manipulateur, de maintenance et de mise à jour des logiciels.

Pour le patient :

Le patient est séduit par l’empreinte optique. L’inconfort lié aux pâtes à empreinte entraînant un réflexe nauséux, un goût désagréable ou un potentiel effet allergène disparaît. La vision numérique de son arcade dentaire peut motiver le patient à s’impliquer davantage dans sa prise en charge : **la modernité du cabinet dentaire améliore la vision du dentiste et diminue le stress des patients** (15). De par la qualité des résultats obtenus par CFAO, le patient ne peut qu’être satisfait (2,7,16).

Pour la relation praticien/patient :

La chaîne numérique est un **outil de communication innovant** qui va faire évoluer la relation praticien/patient. En consultant les fichiers de manière collaborative avec le patient, **l’échange** devient le maître-mot. En effet, le chirurgien-dentiste peut exposer au patient en direct les différents délabrements dentaires ainsi que les alternatives thérapeutiques envisageables. Parmi les technologies disponibles, certaines permettent au praticien de proposer des options cliniques virtuelles au patient (Figure 7). Ces **simulations virtuelles** à l’écran sont didactiques, faciles à montrer et rassurantes. Face à la compilation des données (empreintes, photos, éléments radiographiques), le patient comprend la notion de prise en charge globale et plan de traitement : la relation de confiance est améliorée.

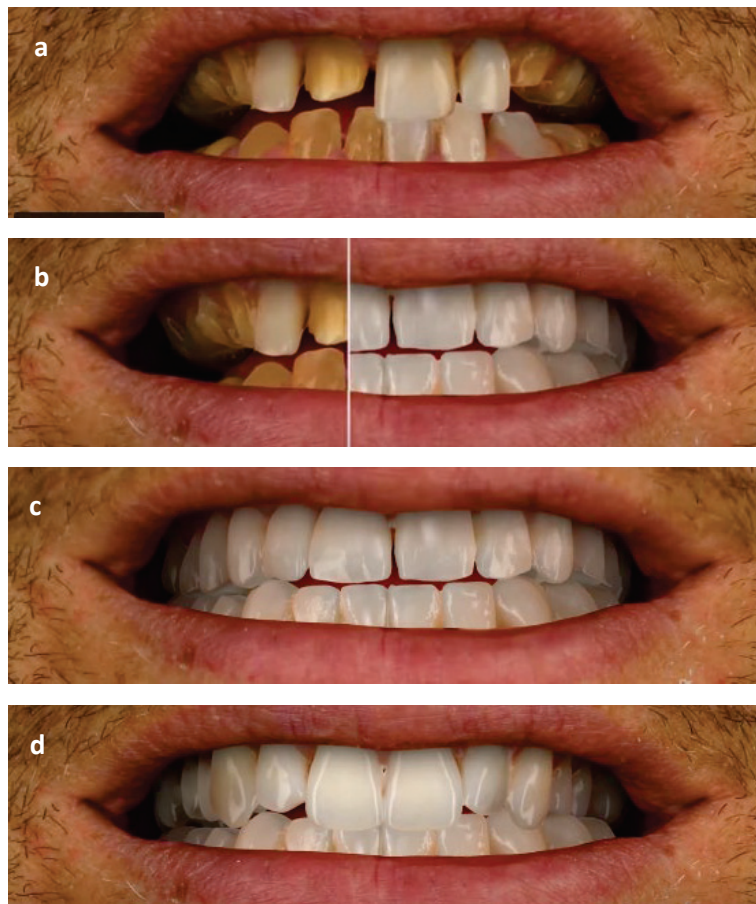


Figure 7 : (a) Situation initiale (b) Filtre se décalant de droite à gauche et laissant suggérer une (c) Proposition de traitement 1 (d) Proposition de traitement 2 – D’après réalité-virtuelle.com (17)

Le patient peut être d'avantage motivé : événement primordial et essentiel pour la réussite du traitement.

Pour la relation praticien/laboratoire :

La facilité des envois du cabinet dentaire au laboratoire est source d'apaisement bilatéral. La rapidité de transfert des données permet de discuter d'un cas en direct alors que le patient est encore au fauteuil et de minimiser les temps de réalisation des travaux. Cela réduit les conflits possibles sur la qualité et l'exploitabilité des empreintes. La communication praticien/laboratoire est plus étroite et plus facile.

Le stockage des modèles, des empreintes, des montages etc... est réalisé sur ordinateur donc disponible simultanément par le praticien et le laboratoire : **la communication en distanciel est plus efficace.**

L'expertise et la compétence des prothésistes dans le domaine numérique sont aujourd'hui supérieures à celles des dentistes, cela représente un atout important pour le bien-être des patients.

1.2.3 Utilisation du flux numérique pour la réalisation d'une PAC

1.2.3.1 Avantages

Pour le praticien :

Le premier maillon de la chaîne numérique est une avancée majeure pour la réalisation des PAC. En effet, la **précision** des scanners intra-oraux a fortement augmenté pour être aujourd'hui au moins équivalente à celle des empreintes conventionnelles (16).

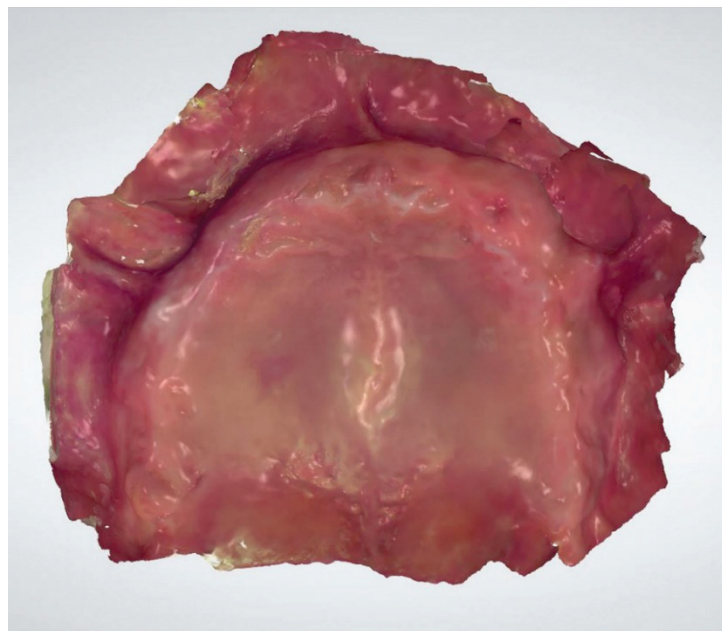


Figure 8 : Empreinte optique d'un palais – D'après J.-H Fang (4)

Il faut toutefois rester prudent : en effet l’empreinte optique peut parfois s’avérer difficile dans certaines configurations de crêtes édentées (cf. « Inconvénients »). Au-delà de son caractère **inaltérable** et **ergonomique**, la possibilité de **compléter partiellement une empreinte** déjà prise sans matériau, sans tirage et sans protocole de désinfection est un gain de temps lors de la réalisation de l’empreinte d’une arcade complète (Figure 8).

Pour les PAC, la **CFAO indirecte** (au laboratoire) en complément des étapes et matériaux conventionnels reste d’usage : **réduction du nombre d’étapes cliniques sans complexifier les protocoles thérapeutiques**. Cependant, **les protocoles qui tendent vers le « full » numérique permettent dorénavant l’obtention de résultats cliniquement acceptables** (18).

Pour le patient :

L’empreinte optique des arcades édentées est désormais privilégiée pour les praticiens disposant d’une caméra intra-orale. Cela évite l’insertion d’un porte-empreinte volumineux en bouche et limite les réflexes nauséux. Les patients sont **plus détendus**, notamment les jeunes ayant eu un passé bucco-dentaire compliqué avec un traumatisme psychologique durant l’enfance (19). Les outils numériques permettent au patient de visualiser à l’écran ses arcades, les résultats esthétiques envisageables, et ainsi de **mieux comprendre le traitement**. Permettre au patient d’avoir une idée de son sourire futur améliore la relation praticien/patient édenté complet.

La précision de la CFAO offre le concept de prothèse comme barrière biologique au passage de fluides et bactéries. Les risques de blessures (par la PAC) et d’infections sont moins fréquentes. **Le confort** lié au port d’une PAC est **augmenté**.

Pour le laboratoire :

Le numérique permet de supprimer certains problèmes des méthodes traditionnelles. La rapidité de transmission de l’empreinte optique (quasiment instantanée) **évite la déformation** dans le temps de l’alginate.

Les **matériaux** utilisés au laboratoire sont de **meilleure qualité** (porosités réduites de la résine). En effet, l’usinage se fait dans des disques polymérisés en conditions industrielles (Cf 3. Fabrication numérique des prothèses amovibles complètes).

La facilité de **stockage des informations** cliniques et prothétiques, transportables via disque dur, clé USB, serveurs sécurisés facilite le travail des laboratoires. L’archivage des différents éléments prothétiques conçus et fabriqués n’est plus chronophage. Ils sont **duplicables** très facilement. Bel avantage lors de la réalisation des PAC.

1.2.3.2 Inconvénients

Pour le praticien, limites et solutions pour l’empreinte optique :

Aujourd’hui, il est impossible d’obtenir un joint périphérique fonctionnel et d’enregistrer la dépressibilité muqueuse. Selon Goodacre, l’écartement des tissus périphériques vestibulaires, de façon digitale ou avec un écarteur spécifique, peut suffire pour obtenir une empreinte permettant la réalisation d’une PAC cliniquement acceptable au maxillaire (4). Cependant, il ne faut pas trop

tendre les tissus mous afin d'éviter un déplacement excessif de la ligne de réflexion muqueuse (Figure 9).



Figure 9 : Doigts tractant la joue pour enregistrer la profondeur du vestibule – D'après B. Goodacre (20)

Côté lingual, certaines limites sont parfois très difficiles à enregistrer selon l'anatomie des patients notamment les régions mylohyoïdiennes et rétro-mylohyoïdiennes (Figure 10) (7). En technique conventionnelle, le joint périphérique est enregistré grâce à des mouvements fonctionnels. Avec l'utilisation d'une caméra intrabuccale, ce modelage réalisé avec l'aide du patient est irréalisable; l'empreinte optique anatomo-fonctionnelle est donc impossible (21).

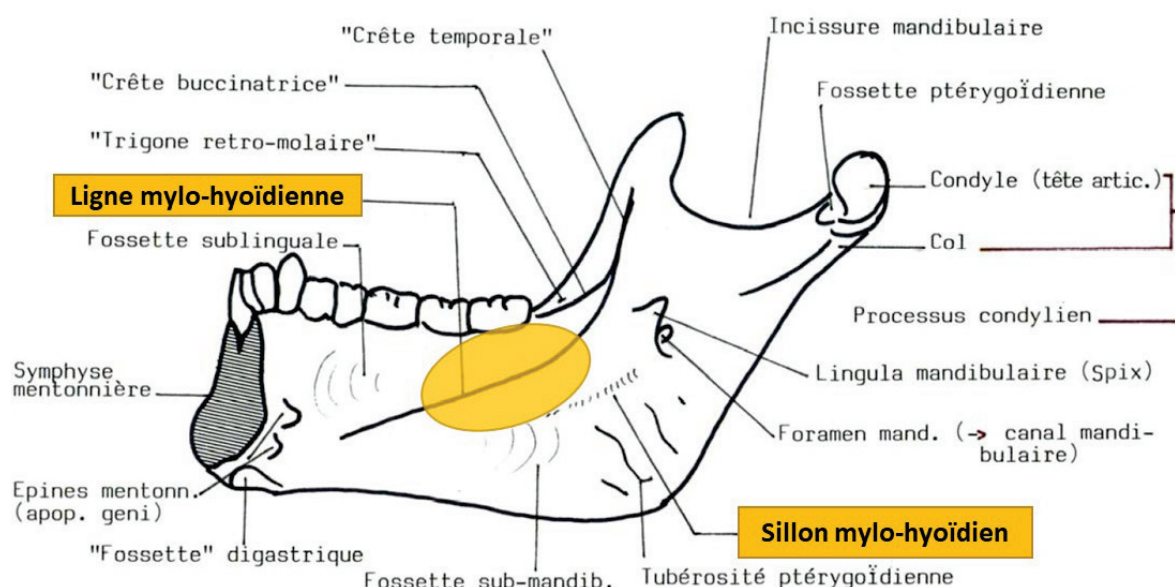


Figure 10 : Vue médiale de la mandibule avec la région mylo-hyoïdienne et rétro-mylohyoïdienne

Par ailleurs, il est parfois difficile d'enregistrer une zone édentée de grande étendue. En effet, en l'absence de point de repères anatomiques, la caméra rencontre des difficultés pour la prise de vue. Chez les patients édentés complets, il faut gérer l'enregistrement de cette surface lisse, dépourvue de reliefs, parfois couvertes de salive et la présence de muqueuse non-kératinisée qui rendent difficile la numérisation intra-buccale des arcades (22). La présence d'une hauteur de crête suffisante est également requise. C'est pourquoi il faut toujours prendre soin de garder le palais et le plancher lingual secs (21). Différentes études ont été réalisées pour pallier ces difficultés.

Des petits marqueurs d'alumine déposés au niveau du palais ont ainsi été testé in vitro. Mais les auteurs laissaient penser que le sang, la salive et les mouvements de la langue pourraient interférer avec l'acquisition (23). Autre méthode proposée (Figure 11a) : après avoir séché le palais, des lignes sont dessinées sur les crêtes édentées avec un mélange «pâte indicative de pression» (Pressure

Indicator Paste; Mizzy Inc) et « ciment d'oxyde de zinc-eugénole » (Temp-Bond; Kerr Corp) (24). La Figure 11b propose un palais entièrement recouvert du mélange précédent. Enfin pour les palais larges, un autre procédé (Figure 11c) consiste à déposer des points de composite flow au niveau du palais. Après photopolymérisation, de la colle est ajoutée afin que le patient ne puisse pas retirer ces repères avec sa langue (25). Enfin, la Figure 11d a suggéré l'utilisation de marqueurs adhésifs radio-opaques.

Ces méthodes ont été testées sur un petit nombre de patients, il n'existe **pas encore de protocole de référence**.

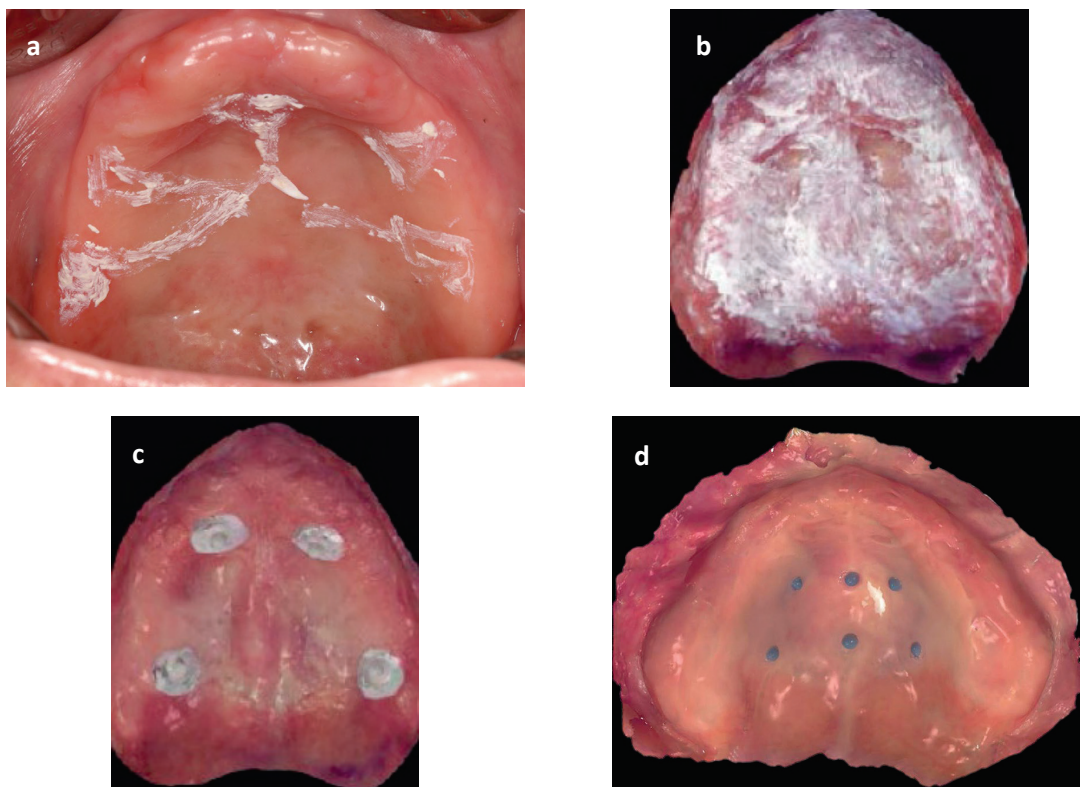


Figure 11 : (a) Lignes irrégulières avec mélange « pâte indicative de pression » et « ciment d'oxyde de zinc-eugénole » (b) Utilisation du maximum de mélange « pâte indicative de pression » et « ciment d'oxyde de zinc-eugénole » (c) Points de composite flow et glue (d) Marqueurs adhésifs radio-opaques – D'après J.-H Lee (a), J.-H Fang (c) et B. Goodacre (b,d) (24–26)

D'autre part, la façon dont on réalise **le trajet d'acquisition (ou chemin de scannage) intra-buccal influe sur la qualité du résultat** : en effet, pour les édentés complets, un chemin spécifique a été décrit afin **d'éviter les chevauchements** (25). Au maxillaire (Figure 12), le scannage débute par la crête édentée de droite à gauche (en vert sur la figure). Après rotation de la caméra dans la zone palatine (en jaune), le scannage se termine au niveau du vestibule (en rouge).

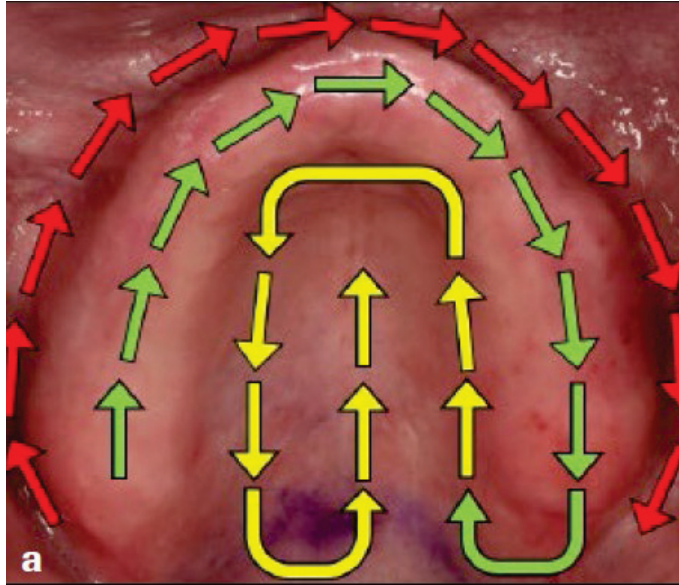


Figure 12 : Schéma de scannage du maxillaire – D'après B. Goodacre (20)

A la mandibule (Figure 13), le trajet débute également au niveau de la crête de droite à gauche (en vert sur la figure), puis se poursuit en direction du vestibule (en jaune) et se termine en lingual (en rouge), en prenant soin de ne jamais passer deux fois de suite au même endroit. L'enregistrement doit être linéaire.

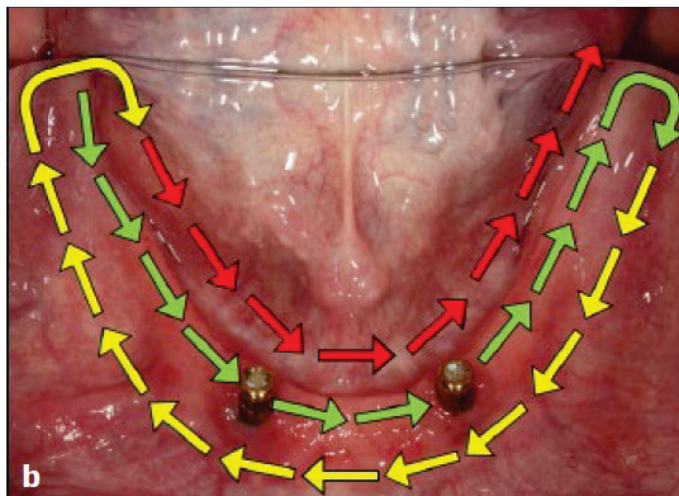


Figure 13 : Schéma de scannage de la mandibule - D'après B. Goodacre (20)

Le coût de ces caméras intra-buccale n'est pas négligeable mais ne doit pas constituer un frein à l'acquisition de l'une d'entre elles. En effet, le gain de temps généré par son utilisation et l'apprentissage des nouveaux protocoles qui lui sont associés permettra de la rentabiliser (18). L'utilisation de l'empreinte optique nécessite une courbe d'apprentissage plus ou moins longue en fonction du praticien. Mais dans les prochaines années, les futures générations de confrères seront familiarisées et formées à ces techniques dès leur formation initiale.

Pour conclure, nous pouvons dire que l'empreinte optique permet aujourd'hui seulement la réalisation des empreintes primaires pour les PAC. La CFAO permet la matérialisation des PEI nécessaire aux empreintes secondaires. Nous sommes de moins en moins limités aux contraintes

de la caméra et aux logiciels « fermés » qui obligent le praticien à travailler avec le même fabricant à toutes les étapes de la CFAO.

Pour le patient :

L'utilisation de la chaîne numérique semble ne comporter **que des avantages**.

Pour le laboratoire :

La demande des praticiens devient plus importante : les laboratoires doivent donc être connectés, répondre rapidement aux éventuelles demandes du chirurgien-dentiste concernant la conception de la maquette d'occlusion ou le montage des dents par exemple (Figure 14).

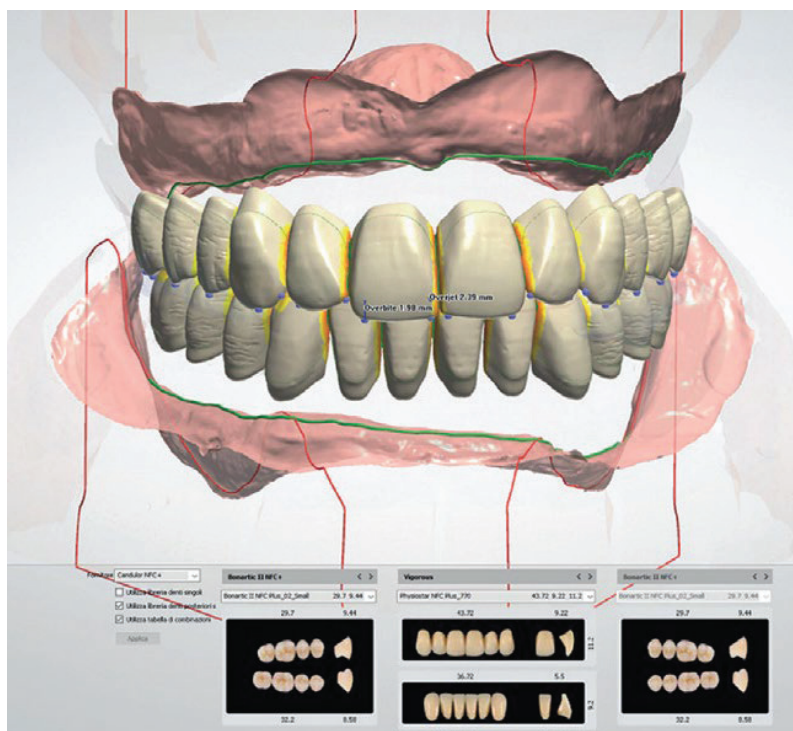


Figure 14 : Exemple de montage réalisé par le laboratoire et envoyé au praticien – D'après L. Lo Russo (27)

En plus de diminuer le temps de travail des prothésistes, la chaîne numérique leurs rend plus abordable la conception et la fabrication des PAC (28). **Les erreurs de montage et de réglages d'occlusion liées au travail manuel et à la polymérisation tendent à disparaître.**

1.2.3.3 Perspectives

La nécessité de l'empreinte anatomo-fonctionnelle remise en question :

L'excellente adaptation de l'intradoss sur la surface d'appui, la précision de l'usinage et l'absence totale de distorsion pendant la prise pourraient peut-être nous permettre de s'affranchir de la perfection des limites fonctionnelles. L'interface entre l'intradoss prothétique et les tissus sous-jacents pourrait avoir un rôle plus important dans la rétention et l'étanchéité que les limites fonctionnelles (21,29). Cependant, une sous-extension excessive des limites de la prothèse n'est pas souhaitable car elle réduirait la rétention secondaire et la stabilité, et détériorerait le support des lèvres et des joues. Le contact intime entre la base de la prothèse et les tissus sous-jacents crée

donc une tension de surface suffisante à la rétention mais les limites ne doivent pas être sous-évaluées (30).

La RMM :

Actuellement, pour la réalisation de PAC, il est impossible d'être dans une chaîne complètement numérique chez un patient totalement édenté. En effet, bien que certaines PAC soient conçues grâce à la chaîne numérique complète, **on ne peut toujours pas s'affranchir d'objets physiques pour enregistrer la RMM en l'absence d'occlusion dentaire résiduelle**. Cependant, des maquettes d'occlusion conçues par CFAO évitent l'utilisation d'un système spécifique à un fabricant (AvaDent, Dentca, Pala Digital Dentures, Baltic Denture System) et ne nécessitent donc pas d'apprentissage particulier. De plus, un équipement spécifique (système de point d'appui central) peut être intégré à la maquette conçues et fabriquée par ordinateur permettant un enregistrement de l'arc de Gysi, tout comme le proposent les sociétés AvaDent, DentCa, ... (28).

L'apport du scanner :

Le scanner de la face permet l'acquisition de données compatibles avec celles obtenues avec la caméra intra-orale. Ainsi, il est possible de superposer les données. On obtient des **résultats précis en termes d'esthétique** (Figure 15).

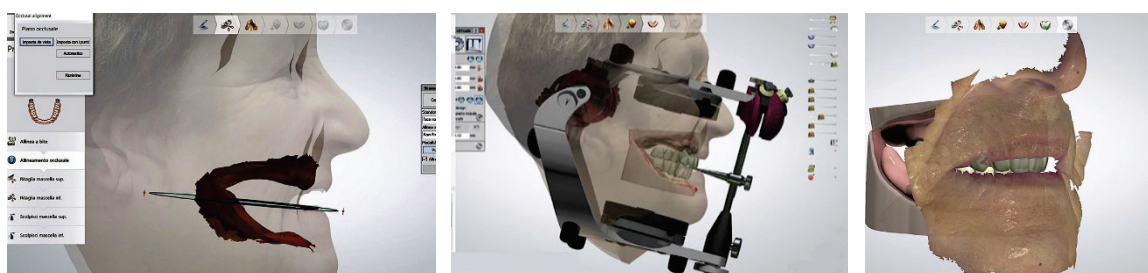


Figure 15 : Vue du logiciel avec (a) les arcades et le scan facial (b) l'articulateur virtuel en place pour le montage des dents (c) la superposition du scan facial avec le montage virtuel – D'après L. Lo Russo et coll. (28)

Scanner les étages moyens et inférieurs de la face à l'aide de la caméra intra-orale en plus de la réalisation d'un scanner de la face complète est une méthode décrite par Lo Russo et coll. (28). Pas obligatoire mais très utile afin de voir le « **patient numérique** », ces superpositions sont une **véritable aide au montage virtuelle**. Elles complètent ou même remplacent l'évaluation clinique traditionnelle du montage des dents (31,32).

1.3 Conclusion

Grâce aux nombreux avantages décrits précédemment tant sur le plan de la communication, que celui de l'efficacité et de la précision, il est désormais possible de réaliser une PAC en 2 rendez-vous (en l'absence d'essayage).

Ci-dessous le tableau des principaux avantages et inconvénients de l'utilisation du flux numérique pour **le praticien (en bleu)**, le laboratoire (en noir) et **le patient (en vert)**, puis une fiche récapitulative.

Quelles qualités de ces techniques et technologies pouvons-nous transcrire à la réalisation d'une PAC immédiate ?

Tableau 1: Intérêts du flux numérique pour la réalisation d'une PAC

Flux numérique	Atout évident, Outil de communication, Aide précieuse
ACQUISITION Empreinte optique	<p>Confort pour le patient (pas de PE, de réflexe nauséeux, d'allergie)</p> <p>Précision de l'empreinte 15-30 µm</p> <p>Temps d'acquisition : +/- rapide sur crêtes édentées → Temps au fauteuil ↘ Dépend de l'expérience de l'utilisateur et du patient</p> <p>Reproductibilité</p> <p>Affranchissement de l'empreinte fonctionnelle</p> <p>Difficultés d'acquisition Palais → Créer des repères Certaines régions mandibulaires linguales</p> <p>Suivre les chemins de scannage décrits dans la littérature</p> <p>Aspect pédagogique → Possibilité de voir les imperfections</p> <p>Possibilité de compléter l'acquisition (pas de tirage, pas de matériaux, pas de désinfection)</p> <p>Plus besoin de matériaux à empreinte, pas besoin d'assistante</p> <p>Pas de transport physique au laboratoire</p> <p>Plus de fractures de plâtre, de perte de modèles</p> <p>Moins de frais pour le laboratoire</p> <p>Scanner de laboratoire : Gain de temps et de précision ++</p> <p>→ Amélioration Communication Patient <-> Praticien <-> Laboratoire</p>
CAO	<p>Précision CAO > travail manuel</p> <p>Apprentissage du fonctionnement du logiciel : Compétences numériques du prothésiste > à celles du dentiste</p> <p>Réduction du temps de travail du laboratoire</p> <p>Coûts des licences et des mises à jour</p> <p>Echange Laboratoire/Praticien -> Travail sur les montages réalisés en collaboration étroite</p> <p>Motivation du patient avec la Réalité Augmentée</p> <p>→ Amélioration Communication Patient <-> Praticien <-> Laboratoire</p>
FAO	<p>Possibilité de refaire la PAC sans RDV clinique</p> <p>Réalisation de dizaines de maquettes la nuit -> Peu de retouches</p> <p>Coût des machines et de la maintenance</p>
PORT DE LA PAC	<p>Adaptation parfaite au niveau de l'intrados et de l'occlusion (moins de blessures, bonne barrière biologique)</p>

Exemple d'une réalisation d'une PAC bi-maxillaire à l'aide de la chaîne numérique
chez un patient édenté complet

1. Objectifs

- Rétablir l'esthétique (un visage et un sourire harmonieux) et les fonctions (mastication, phonation, déglutition)
- Limiter la résorption osseuse physiologique (33)

2. Matériel nécessaire

- Plateau technique habituel (sonde, miroir, précelle), aspiration(s), soufflette
- Appareil radiographique autorisant la réalisation d'une radiographie panoramique
 - o Appareil radiographique autorisant la réalisation d'un scanner
- Caméra optique intra-oral reliée à un logiciel de CFAO
- Imprimante 3D au cabinet dentaire
- Marqueur noir ou gommettes, pied à coulisse
- Couteau à cire
- Lampe à alcool ou chalumeau
- Plaque de Fox
- Cire Aluwax, bol d'eau chaude
- Maquettes imprimées réalisées par CFAO
- Maquettes d'essayage réalisées par CFAO
- Prothèses usinées réalisées par CFAO

3. Protocole opératoire

- Entretien avec le patient (motif de consultation, état psychologique face à l'édentement, antécédents d'appareillage)
- Examen clinique extra-oral et intra-oral :

Réaliser un examen clinique extra-oral (équilibre des étages de la face, ATM, palpation des chaînes ganglionnaires) et intra-oral (aspect de la gencive et des muqueuses linguales, vestibulaires, palpation du palais, des crêtes édentés, recherche d'éventuels spicules osseux ou crêtes flottantes à corriger)

- Examen radiographique :

Panoramique dentaire pour confirmer l'absence de résidus dentaires et la qualité de l'os et des ATM

1^{er} RDV clinique :

- Empreinte optique du maxillaire et de la mandibule

CFAO des maquettes d'occlusion maxillaire et mandibulaire pour la RMM avec base en résine et des bourrelets de cire (environ 1h). La maquette mandibulaire porte des encoches « en V » au niveau des bourrelets postérieurs permettant l'insertion d'un matériau d'enregistrement.

- Mesurer la DVO.
- Insérer successivement les maquettes d'occlusion maxillaire puis mandibulaire et vérifier leur adaptation et l'absence de bascule.
- Régler la maquette maxillaire avec la plaque de Fox : paralléliser les bourrelets au plan de Camper et à la ligne bi-pupillaire. Noter les repères suivants : milieu inter-incisif, pointes canines, ligne du sourire.
- Régler la maquette mandibulaire : vérifier que les bourrelets ne dépassent pas la hauteur de la langue au repos.
- Enregistrer la RMM : Placer les maquettes en bouche, maquette maxillaire pourvue d'encoches occlusales et maquette mandibulaire garnie de cire Aluwax réchauffée. Guider le patient en RC et laisser refroidir la cire. Vérifier la reproductibilité de la RMM.
- Choisir la teinte des dents.
 - Empreinte optique des étages moyens et inférieurs de la face.
 - Scanner de la face complète maquettes en place.

Au laboratoire : Alignement des scanners, Montage des dents par CAO, Envoi possible au praticien pour validation du montage, FAO de gabarits (PAC) imprimées.

- Un **RDV clinique d'essayage** est possible à ce stade si les scanners n'ont pas été réalisés. Sinon, pas de FAO de gabarits :

Usinage de la PAC finale et finitions : polissage, maquillage.

2^{ème} RDV clinique :

- Pose de la prothèse

4. Erreurs à ne pas commettre

- Oublier le questionnaire médical général à la recherche de problèmes psychologiques liés à l'édentation complète (dépression...).
- Ne pas s'intéresser au passé bucco-dentaire du patient (par exemple, essayer de comprendre pourquoi il ne portait pas son ancienne PAC).
- Vérifier l'absence d'antécédents d'irradiation des voies aérodigestives supérieures dans les 6 mois précédant la réalisation la prothèse (33).
- Oublier de vérifier l'absence de bascule des maquettes en amont de l'enregistrement de la RMM.
- Oublier de vérifier la reproductibilité de la RMM.
- S'affranchir des contrôles d'occlusion le jour de la pose de la prothèse.
- Omettre de donner les conseils de port et d'hygiène de la prothèse.
- Omettre de conseiller au patient des visites régulières pour contrôler l'adaptation des bases, la RMM, l'occlusion et l'état des dents (33).

2 La prothèse amovible complète immédiate

2.1 Difficultés et protocole classique de la PAC immédiate

La PAC immédiate est indiquée lorsque les **dents résiduelles**, en particulier dans le secteur antérieur, ne sont **pas conservables** en raison de lésions carieuses importantes, d'atteintes parodontales ou de dommages irréversibles et qu'il y a **nécessité de conserver ces dents jusqu'à la pose de la prothèse** (Figure 16). A ces indications s'ajoutent également les situations d'échec implantaire.

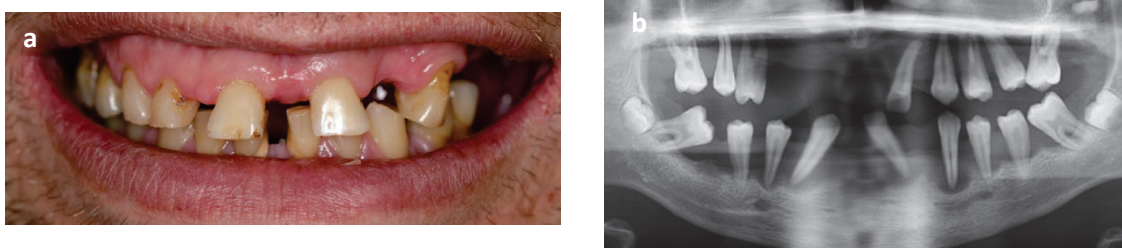


Figure 16 : (a) Exemples de situations cliniques (b) radiologiques initiales pouvant conduire à une PAC immédiate – D'après B. Hassan (a) (34), C. Millet (b) (7)

Il faudra au préalable vérifier que le patient ne présente pas de contre-indications d'ordre général, local ou psychologique aux avulsions.

Les rôles des PAC immédiates sont nombreux. Elles **aident les patients** lors du passage d'un état denté à une bouche édentée. Elles permettent ainsi au patient de **conserver son apparence** tout en **guidant la cicatrisation**. En maintenant ou en recréant la **DVO** donc l'étage inférieur de la face, support des lèvres, des joues et des muscles de la langue dans la bonne proportion, elles évitent un déséquilibre, le couloir prothétique est maintenu (34).

Pour le praticien, la PAC immédiate constitue un challenge à la fois technique et psychologique (35). En effet, aux yeux du patient, elle est souvent considérée comme « insatisfaisante » d'un point de vue fonctionnel et du confort (36).

2.1.1 Difficultés psychologiques



Figure 17 : Deux dernières canines mandibulaire sur une arcade – D'après K. Sikkou (33)

L'avulsion de toutes les dents résiduelles (Figure 17) et leur remplacement par une prothèse amovible volumineuse et inconfortable, constitue pour le patient un traumatisme psychologique difficilement supportable (37,38). En effet, des prothèses même parfaitement réalisées, permettent **difficilement de manger et de parler**. A cela s'ajoute les **modifications esthétiques**, souvent bénéfiques mais plus ou moins bien vécues ; les patients ayant parfois du mal à se reconnaître avec la PAC immédiate et reprochent alors de ne pas être « comme avant ». Pour toutes ces raisons, avant de s'engager dans un traitement, il est important de préparer le patient en amont en répondant à ses angoisses et en lui expliquant les nécessités et les bénéfices attendus.

2.1.2 Difficultés techniques

Côté praticien, la PAC immédiate est une des plus difficile à réaliser, essentiellement en rapport avec une situation clinique initiale imprécise et peu favorable. En effet, il faut préfigurer la situation des surfaces d'appui souvent de façon hypothétique, ainsi qu'un plan d'occlusion théorique et une position des dents idéale souvent bien différents des conditions buccales existantes.

Pour limiter les difficultés techniques et répondre au mieux aux objectifs esthétiques et fonctionnels, le praticien commence par une **analyse détaillée de la situation clinique** en évaluant les paramètres suivants (39):

- Valeur intrinsèque et extrinsèque des dents résiduelles (sondage parodontal minutieux),
- Malpositions dentaires,
- Occlusion : pathologique ou fonctionnelle,
- Nature de l'arcade antagoniste,
- Conditions esthétiques : à modifier ou à conserver.

Cette analyse clinique détaillée permet d'**anticiper les difficultés techniques** telles que :

- La réalisation des empreintes (en fonction des mobilités / malpositions / égressions dentaires),
- L'enregistrement du joint périphérique antérieur (surtout en présence de dents en malposition),
- L'enregistrement de la Relation Maxillo-Mandibulaire (RMM) et de la DVO,
- Le résultat esthétique final malgré l'impossibilité de montage/essayage antérieur. Cela constitue un défi majeur en prothèse immédiate,
- La résorption osseuse post-extractionnelle.

Nous verrons dans le paragraphe suivant (2.2 Le flux numérique : une aide considérable) que l'intégration du flux numérique permet de réduire certaines de ces difficultés liées à la situation clinique.

2.1.3 Protocole de réalisation d'une PAC immédiate

Le protocole de réalisation d'une PAC immédiate est basé sur le respect d'étapes clefs (40).

L'obtention d'un édentement bilatéral postérieur (classe 1 de Kennedy, Figure 18) est recommandé afin de faciliter l'enregistrement des limites postérieures et d'améliorer l'adaptation prothétique sur des surfaces d'appui cicatrisées. Les extractions des dents postérieures sont donc pratiquées avant d'entreprendre la PAC immédiate.

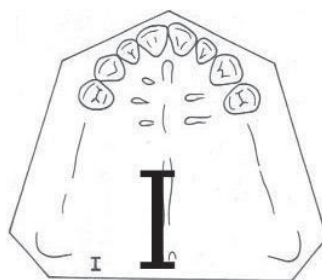


Figure 18 : Schéma d'une classe I de Kennedy – D'après prothèsedentaire.e-monsite.com (41)

Les **empreintes primaires** sont réalisées (Figure 19) pour enregistrer l'ensemble des structures anatomiques tout **en veillant à ne pas extraire prématurément les dents mobiles** (comblement des zones de rétention / contre-dépouilles).



Figure 19 : Empreinte primaire réalisé avec un PE de type Rimlock – D'après C. Rignon-Bret (40)

Puis les **empreintes secondaires**, à l'aide de PEI, permettent d'enregistrer le joint périphérique dans le secteur édenté et dans la région dentée. Dans la région antérieure la présence des dents résiduelles et de contre-dépouille alvéolaires vestibulaires impose souvent l'utilisation d'un matériau souple (polyéther). Lors de l'enregistrement des surfaces d'appui, en présence de dents fortement mobiles, il faut veiller à combler toutes les zones rétentes (Figure 20). On procède durant cette séance à la détermination ou l'extrapolation du milieu inter-incisif. Mais la détermination précise de ce point inter-incisif s'effectuera lors de l'enregistrement de la RMM.

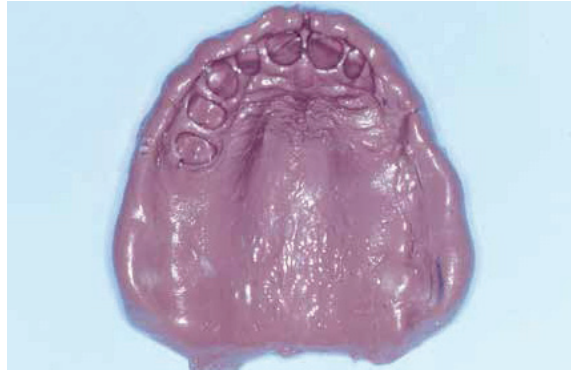


Figure 20 : Empreinte secondaire réalisé pour le joint périphérique postérieur et latéral avec de la pâte de Kerr, en antérieure avec un matériau élastomère ; et surfaçage avec un polysulfure basse viscosité – D'après T. Van Den Berghe (42)

L'enregistrement de la RMM dépend de la situation clinique :

- Soit la RMM peut être enregistrée en RC à la DVO sans contact dento-dentaires, donc le protocole est le même qu'en prothèse amovible complète conventionnelle (Figure 21).
- Soit la RMM ne peut pas être enregistrée à la DVO sans contacts dento-dentaires. Il faut alors l'enregistrer à une dimension verticale d'enregistrement (DVE) légèrement supérieure à la DVO pour permettre l'absence de contacts dento-dentaires. Le prothésiste, informé de cette élévation ponctuelle de la DVO, pourra corriger cette élévation lors du montage terminal après suppression des dernières dents du modèle de travail.

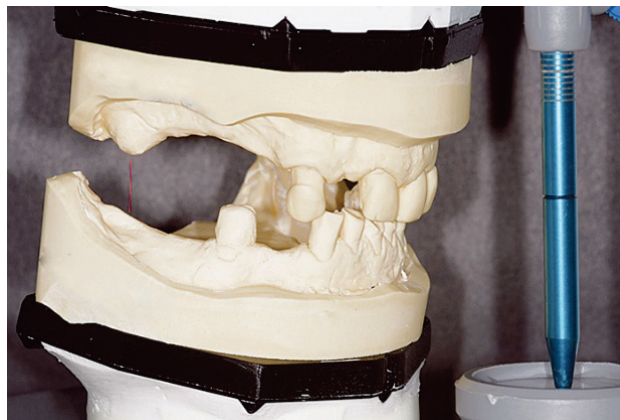


Figure 21 : Modèles maxillaire et mandibulaire montés en articulateur – D'après A. Soenen (43)

Une fois les modèles sur articulateur, un pré-montage des dents postérieures permet de **confirmer cliniquement la RMM à la DV enregistrée**. Cette étape permet également de valider la détermination du futur point inter-incisif, le choix des dents antérieures et leur intégration dans le sourire du patient. Des clés confectionnées en silicone haute viscosité servent de référence pour le laboratoire : elles contiennent la position initiale des dents (44). La profondeur des poches parodontales relevées lors du sondage préalable, est reportée sur les modèles afin d'anticiper la future résorption osseuse post-extractionnelle : c'est l'étape de **préparation du modèle** (45).

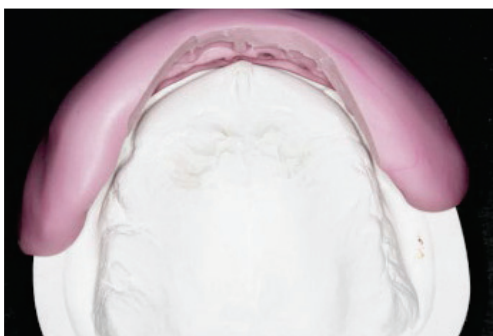


Figure 22 : Modèle mandibulaire préparé au niveau antérieur – D'après C. Rignon-Bret (40)

Elle doit être "raisonnée et raisonnable" : suppression des dents restantes jusqu'au collet, des contre-dépouilles avec anticipation de la résorption osseuse et réalisation d'un biseau joignant les collets palatins des dents (46,47). Le **polissage** est réalisé de façon modérée (Figure 22).

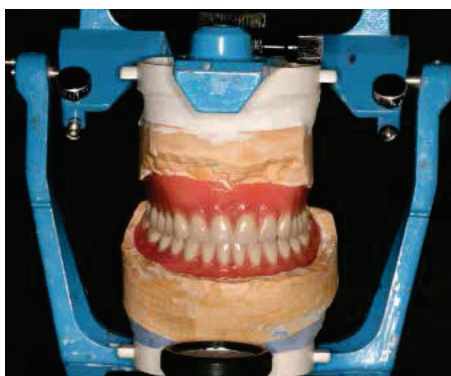


Figure 23 : Montage des dents grâce à la mise en articulateur – D'après C. Millet (48)

Le montage des dents peut ensuite être réalisé en respectant l'**occlusion bilatéralement équilibré** (Figure 23). Après polymérisation de la résine, une équilibration occlusale a lieu au laboratoire.

2.2 Le flux numérique : une aide considérable

2.2.1 Avantages

Plusieurs études montrent une entière satisfaction des patients et des praticiens concernant les PAC immédiates réalisées par flux numérique (7,18,49).

Pour le praticien :

Les **risques d'extractions accidentelles des dents mobiles** lors du retrait du matériau à empreinte classique (maladie parodontale avancée) sont **anxiogènes** pour le praticien. Bien que de nombreuses techniques aient été décrites pour pallier ces mobilités, elles restent souvent longues à mettre en œuvre avec des résultats trop imprécis pour être cliniquement généralisées (7). **Grâce à l'empreinte optique, ces risques d'avulsion iatrogènes sont définitivement supprimés.**

Il a été récemment montré que la technique de CAO associée à la FAO, au-delà d'un **nombre de séances cliniques moins importants** pour la réalisation d'une PAC immédiate, permet une **excellente adaptation des prothèses aux tissus sous-jacents** (50). D'ailleurs, l'avulsion préalable

des dents postérieures pour obtenir une cicatrisation préparatoire à un ajustement correct de l'intrados prothétique est remise en question (51).

Pour le patient :

Le stress lié à l'empreinte est également minimisé : le patient n'a plus peur que ses dents « partent avec la pâte à empreinte ». **La douleur liée au retrait du porte-empreinte est également supprimée.**

Une des difficultés de la transition d'un état denté vers l'édentation totale réside dans l'absence de possibilité d'essayage du montage antérieur esthétique (52,53). Grâce à la CAO, le praticien accomplit ce désir du patient. **Avec la « réalité augmentée », le patient peut visualiser en amont son futur sourire directement sur l'écran d'une tablette ou d'un smartphone** pour aider le dentiste dans le **choix de la forme, de la taille et de la teinte des dents, la présence d'un éventuel diastème**. Par exemple, l'application IvoSmile, après avoir capturé le visage du patient, reconnaît des repères sur le visage, les lèvres et le sourire du patient (dents résiduelles, prothèses ou maquettes d'occlusion). Elle propose un masque personnalisé sur les dents du patient grâce à l'intelligence artificielle : possibilité de modifier la **position des bords incisifs** en augmentant ou en abaissant les longueurs et les largeurs des dents (Figure 24). **Pour un patient recevant une PAC immédiate, le choix du nouveau sourire se réalisera de manière active.** Différents projets prothétiques peuvent donc être suggérés au patient.

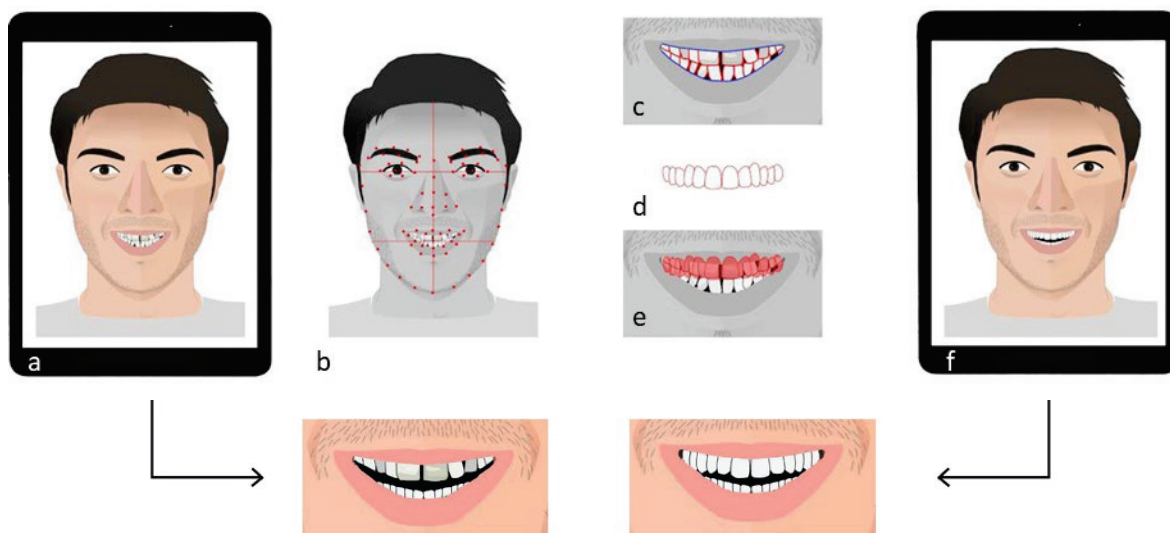


Figure 24 : Schéma montrant les principes de base de la réalité augmentée : (a) Capture de la face du patient (b) Repères virtuels placés par le logiciel sur le visage et les lèvres (c) Détection du sourire (d) Masque suggéré par le logiciel (e) Recouvrement avec le nouveau masque (f) Visualisation du projet du sourire – D'après Touati et coll. (54)

La réalité augmentée est un procédé qui, à l'aide des données numérisées du patient, offre une « amélioration » de sa dentition réelle. C'est une aide précieuse dans l'accompagnement psychologique (54,55).

Pour le laboratoire :

Pour le prothésiste spécialiste de la CFAO, la réalisation d'une PAC immédiate est un nouveau challenge. Dans un premier temps, les **dents présentes sur le modèle secondaire virtuel** sont

effacées à l'aide de l'outil « suppression de dents ». Le remodelage de la crête est réalisé en fonction des profondeurs de sondage transmises par le dentiste (Figure 25).

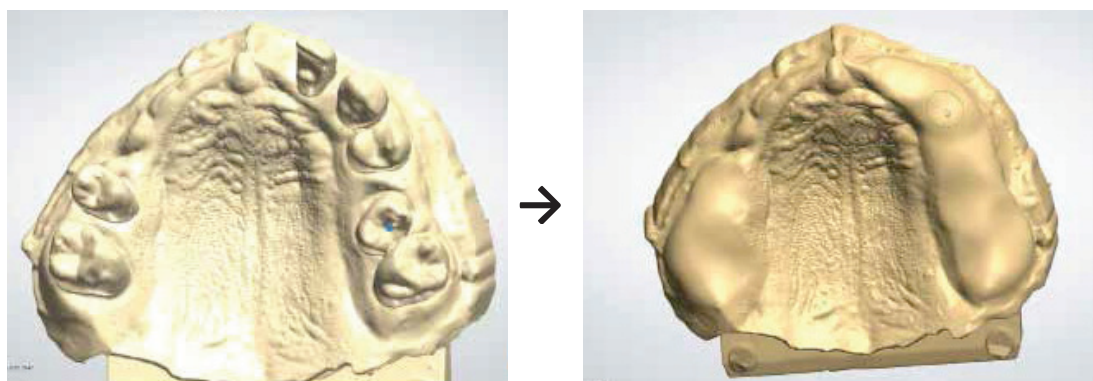


Figure 25 : Suppression virtuelle de dents grâce au logiciel de CAO – D'après C. Millet (7)

Le **contrôle de l'opacité** dans le logiciel de CAO permet de **visualiser les modèles numériques avant-extractions et après-extractions**. On peut ainsi **superposer** à tout moment les modèles pré- et post-extractions pour **faciliter le montage des dents** (Figure 26). Faire réapparaître les dents virtuellement extraites peut servir de repères au montage : par exemples, matérialisation du milieu inter-incisif dans le plan sagittal, largeurs des molaires dans le sens vestibulo-lingual, conservation ou non une vestibulo-version (16)...

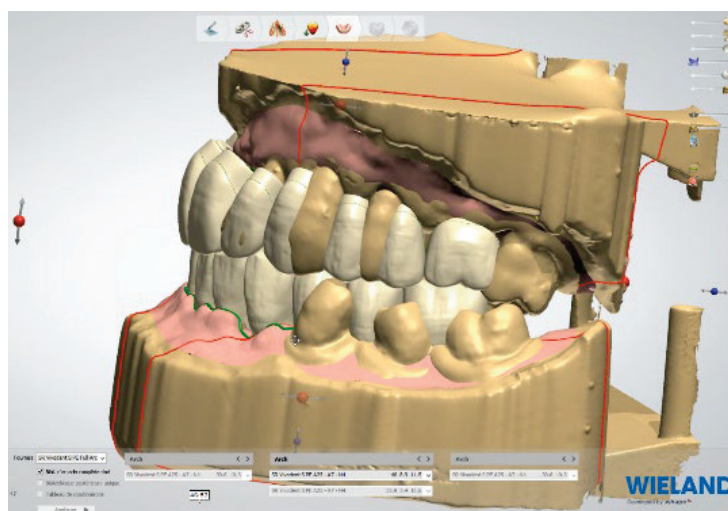


Figure 26 : Superposition des dents résiduelles (en marron) avec le montage virtuel (dents blanches) - D'après C. Millet (48)

Puis un « ajustement automatique » permet l'adaptation parfaite de la base sur le modèle édenté et poli. Le montage virtuel permet des **ajustements** rapidement et de façon homogène sur la taille, la position des dents mais aussi des **modifications générales du schéma occlusal et des courbes de compensation** (34).

2.2.2 Inconvénients

L'utilisation du flux numérique pour une PAC immédiate augmente les **dépenses pour le patient**.

L'essayage esthétique reste **impossible**.

2.2.3 Perspectives et problèmes

Quel que soit la technique utilisée pour réaliser la PAC immédiate (conventionnelle ou flux numérique), les avulsions doivent être atraumatiques donc réalisées avec beaucoup de délicatesse afin d'éviter de **préserver** l'os alvéolaire et **limiter** la résorption osseuse. L'alvéolectomie est évitée au maximum car elle accentue la résorption osseuse (56).

Le milieu inter-incisif :

En CAO, reporter le milieu inter-incisif quand celui-ci diffère de celui que possède actuellement le patient est facile : il suffit de **noter un repère lors de l'enregistrement intra-buccal**. Anciennement, on utilisait les repères sur cire ou sur les clés en silicone beaucoup moins précis (1).

- Dans le sens sagittal, il suffit tout simplement de matérialiser le milieu inter-incisif avec un crayon feutre sur la face vestibulaire de 11 ou 21, par exemple, avant de réaliser l'empreinte optique.
- Dans le sens vertical, on distingue deux situations :

- les bords libres doivent être raccourcis : on trace le bord libre idéal horizontalement au crayon sur les faces vestibulaires des dents antérieures résiduelles.

- les bords libres doivent être rallongés : on peut mettre en place du composite (sans mordantage, ni adhésif) sur les bords libres incisifs, simplement polymérisé, à la longueur idéale avant l'empreinte optique (composite retiré après l'empreinte).

- Si le patient n'a plus de dents antérieures permettant de noter des repères :

- Soit on réalise des **maquettes par CFAO** permettant d'enregistrer les repères.

- Soit, pour une prothèse en deux séances (empreintes / pose), le report du milieu inter-incisif se fait **au niveau du vestibule avec un matériau** (par exemple de la pâte indicatrice de pression mélangée à un ciment à base d'oxyde de zinc/eugénol, ou plus simplement un crayon dermatographique), enregistrable avec une caméra optique.

Le plan d'occlusion :

La détermination du plan d'occlusion reste délicate lorsque la dimension verticale (DV) est incorrecte initialement ou que les dents résiduelles sont égressées et/ou versées ponctuellement. Les logiciels de CFAO permettent de superposer différents projets prothétiques ce qui autorise le **montage des dents dans un plan autre que celui d'origine** (Figure 27). En effet, le plan d'occlusion souhaité pour la PAC immédiate est rarement celui numérisé.

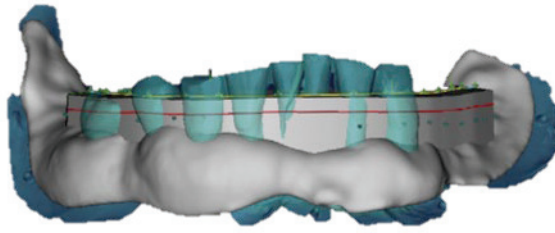


Figure 27 : Superposition des dents à extraire présentes sur l'arcade et du nouveau plan d'occlusion créé par le bourrelet
– D'après K.-C Oh et coll. (16)

L'apport du scanner peut être suffisant pour pallier au manque d'information par rapport au plan de Camper et à la ligne bi-pupillaire. Si ce dernier n'est pas possible, les éléments anatomiques maxillaire et mandibulaire, la ligne du sourire et les repères canins et inter-incisifs seront les seuls guides de montage du plan d'occlusion.

L'extrapolation de la situation clinique après avulsions :

Les limites de la « prothèse immédiate » liées aux retouches des modèles en plâtre sont nettement améliorées grâce à la CAO. **L'objectif est toujours de simuler le résultat que l'on aura en fin d'intervention chirurgicale, après les extractions.** Le retrait des dents en se référant aux éléments de l'observation clinique (radios, sondage parodontologique) et aux spécificités du logiciel est facilité. L'interaction possible entre la proposition du prothésiste et l'avis du chirurgien-dentiste est un gain de temps pour limiter les futures retouches éventuelles au fauteuil : le prothésiste transmet virtuellement le modèle préparé pour validation par le praticien avant de commencer la CAO de la PAC immédiate. Ainsi le praticien peut parfaire la simulation du modelage des crêtes (Figure 28).

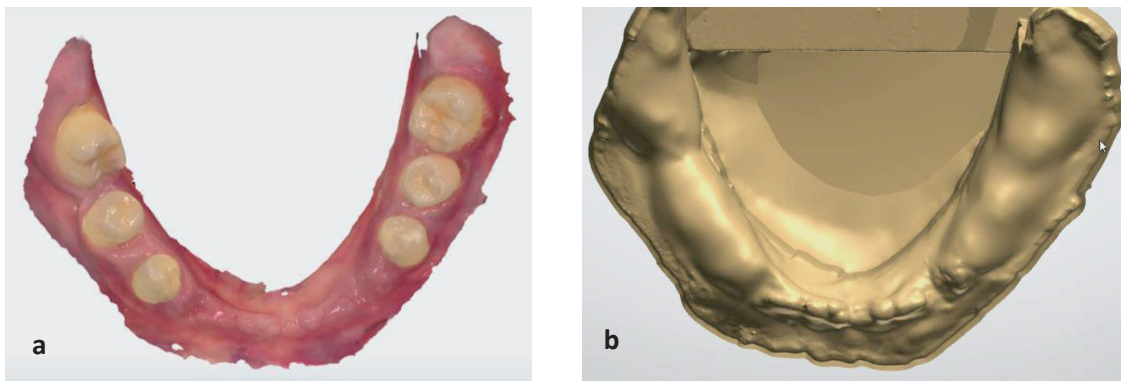


Figure 28 : (a) Situation initiale (b) Extractions virtuelles et modelage des crêtes – D'après C. Millet (7)

La CAO est une véritable aide pour réaliser ensuite le projet prothétique et respecter les impératifs prothétiques.

2.3 Description de techniques alternatives et discussions

De nombreuses PAC immédiates sont réalisées en combinant l'utilisation de la CFAO avec les procédures cliniques conventionnelles. D'autres sont réalisées entièrement grâce au flux numérique (7,57). Les premières privilégient les empreintes anatomo-fonctionnelles et les étapes classiques, alors que les autres préfèrent la rapidité du flux numérique complet.

Au sujet de l'acquisition :

- Les empreintes anatomo-fonctionnelles

Concernant l'empreinte optique, soit les **limites périphériques anatomo-fonctionnelles ne sont pas prises en compte, soit la muqueuse est écartée digitalement**. La non-utilisation de PEI et le tracé de limites périphériques arbitraires diminuent la précision comparativement aux techniques conventionnelles. La **rétenion** est cependant **suffisante** pour la réalisation de PAC avec parfois quelques sur-extensions (21,29).

- La RMM

Tout comme chez les patients déjà édentés, la RMM est souvent **compliquée à enregistrer**. Les patients n'ont pas de repères et mordent généralement « trop forts », en protrusion, ou en latéralité. Les différentes techniques actuellement utilisées pour enregistrer la relation centrée (RC) (manipulation bimanuelle de la mandibule, utilisation du réflexe d'occlusion molaire ou du réflexe linguo-mandibulaire) ne sont pas très reproductibles et sont opérateur-dépendant.

Différents enregistrements de RMM se déclinent selon l'esthétique et la DVO

L'enregistrement numérique de la RMM en amont des extractions permet de ne pas perdre les repères occlusaux (49). Si les **dents sont trop mobiles**, ou en **l'absence de dents antagonistes** en contact, le **recours au numérique** reste possible. En effet des maquettes sont conçues par CFAO pour stabiliser le patient à la DVO pendant l'enregistrement de la RMM.

Mais en présence de dents égressées, il y a de forts risques d'interférences gênantes. **Trois situations cliniques** peuvent se présenter au cabinet dentaire :

1) Le patient est callé avec ses dents postérieures à la bonne DVO mais l'esthétique est à redéfinir (Figure 29) → La **caméra intra-orale** est suffisante pour scanner la RMM (7), l'esthétique sera gérée par le logiciel de CAO. Des indications sont transmises au prothésiste par le praticien (Cf. Le milieu inter-incisif au paragraphe 2.2.3 Perspectives et problèmes).



Figure 29 : DVO souhaitée mais esthétique à redéfinir – D'après C. Millet (7)

Si le patient n'a plus de dents antérieures et que l'arcade antagoniste l'autorise, un essai esthétique peut être réalisé via des maquettes d'essai. On peut ainsi revalider la DVO, vérifier l'adaptation et la précision des bases, et valider le montage esthétique antérieur. Si l'esthétique ne convient pas, les corrections sont transmises au prothésiste (ou réaliser sur la maquette d'essai)

si possible). De même si la RMM n'est pas satisfaisante, elle est réenregistrée à l'aide d'un matériau conventionnel et numérisée au laboratoire (7) ou renumérisée directement en bouche.

2) Le patient présente un affaissement de la DVO mais l'esthétique antérieure est à préserver → Des **maquettes d'occlusion conçues par CFAO** sont réalisées afin de valider la DVO pour les cas « simples et standards » autorisant leur utilisation : pour une PAC immédiate où le patient est déjà partiellement édenté (permettant l'insertion d'une plaque base et d'un petit bourrelet), on pourra essayer les maquettes maxillaire et mandibulaire donc valider leurs stabilités, la DVO et les régler de façon conventionnelle. La partie antérieure est donc inchangée.

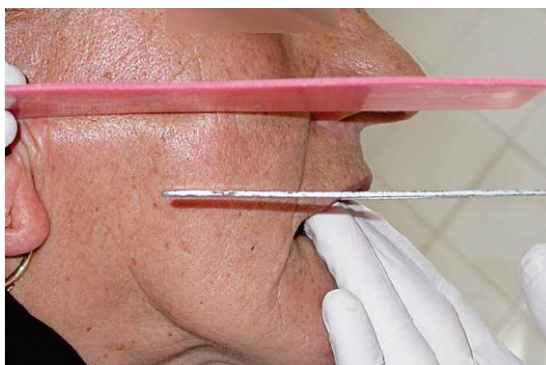


Figure 30 : Maquettes en place, Parallélisation avec le plan de Camper – D'après L. Fajri (58)

La maquette maxillaire, gabarit imprimé (base en PMMA et bourrelet en cire), permet d'ajuster le parallélisme entre la ligne bi-pupillaire et le plan de Camper avec une plaque de Fox (Figure 30). La maquette imprimée mandibulaire est placée en bouche et la RMM est enregistrée avec un matériau spécifique d'enregistrement de l'occlusion, type Aluwax ou silicone d'occlusion. L'utilisation simplifiée d'un pistolet avec un silicone spécifique d'enregistrement de dureté élevée et prise rapide peut faciliter cette étape. Enfin les maquettes sont numérisées, et la mise en articulateur virtuelle peut alors être réalisée.

Généralement, les patients candidats aux PAC immédiates n'ont pas une esthétique antérieure convenable. C'est malheureusement parfois la seule chose qui les amène finalement à venir consulter.

3) Le patient possède une DVO affaissée et l'esthétique doit être redéfinie (Figure 31) → En fonction du cas (**si possible**), des **maquettes d'occlusion conçues par CFAO** sont réalisées afin de valider la DVO et l'esthétique.



Figure 31 : DVO à augmenter et esthétique à redéfinir – D'après A. Vanderzwalm-Gouvernaire (59)

→ Si le **praticien possède une imprimante 3D dans son cabinet, quel que soit la situation initiale**, il pourra **dès le premier RDV obtenir les empreintes numérisées et la RMM**. En deux rendez-vous, la PAC immédiate pourra donc être mise en place.

→ Dans les trois cas précédents, le **scanner permet d'obtenir directement un plan d'occlusion correct grâce aux repères anatomiques** (ATM, ligne bi-pupillaire, nez, menton ...) (Voir ci-dessous).

L'apport du scanner dans le protocole :

Des scanners faciaux 3D peuvent être réalisés pour diminuer le temps passé au fauteuil avec le patient et aider le praticien et le prothésiste dans la conception de la PAC immédiate.

La **superposition des scanners 3D faciaux avec les empreintes optiques** permet d'obtenir une idée précise de **l'anatomie du patient** (Figure 32).



Figure 32 : Superposition de l'empreinte optique et du scanner facial – D'après B. Hassan (34)

Intégrer le montage virtuel au scan 3D facial du patient permet donc immédiatement d'évaluer l'esthétique de la prothèse au sein du visage. De même la position et la morphologie des dents pourront être modifiées en regardant l'impact sur le visage du patient. **La DVO et le plan d'occlusion, la forme et la couleur des dents pourront être rigoureusement étudié : l'harmonie du sourire est rétablie** (Figure 33).

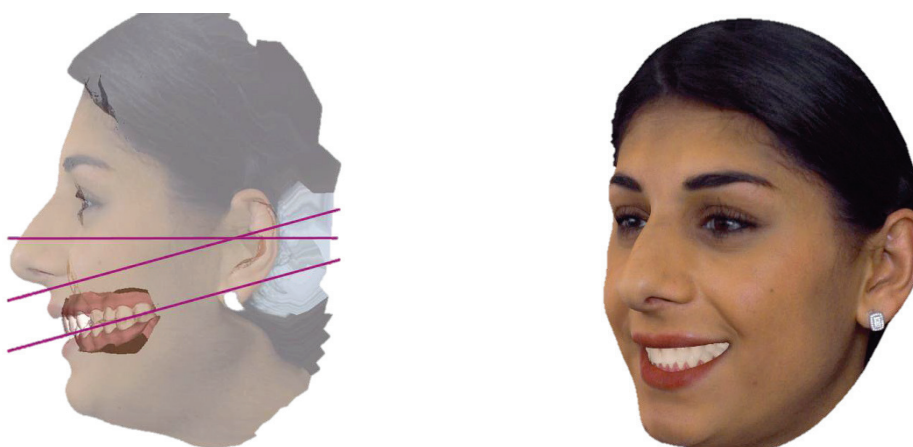


Figure 33 : Apport du scanner facial pour la réalisation de PAC immédiate – D'après polymetric.de (60)

Tout cela peut être discuté avec le patient qui voit sa denture modifiée. Cette phase d'évaluation virtuelle clinique du montage est plus réaliste que lorsqu'on dispose seulement de l'empreinte optique. **Le chirurgien-dentiste est plus sûr que le projet prothétique convienne au patient.** Les patients ne sont plus déçus de leur prothèse ce qui réduit le risque de PAC à refaire « en urgence » (34). Le coût de la PAC immédiate est diminué.

Cependant, il n'est pas toujours évident de superposer les scans : il faut qu'il y ait une bonne visibilité des surfaces des dents. De plus la couleur du matériau d'enregistrement de l'occlusion ne doit pas interférer avec la lumière de la caméra (34). Par ailleurs, l'anatomie du patient (par exemple la forme de son front ou la présence de fossettes lors du sourire), sa coiffure et sa quantité de salive sont également des paramètres à prendre en compte.

Pour conclure, le scan facial permet une plus grande satisfaction du patient pour une diminution du coût et du temps passé au fauteuil. Il s'agit d'une amélioration considérable dans le protocole classique d'essayages multiples pour les reconstructions complètes. Bien que l'étape de discussion du projet prothétique soit plus longue, elle est plus intime et plus aboutie. De plus, l'absence de nombreuses retouches et de l'insatisfaction est un gain de temps.

En vue d'une reconstruction implantaire :

Si le patient souhaite une reconstruction implantaire, l'apport de la chaîne numérique a largement été démontrée (61,62). D'une part le **Cone Beam Computed Tomography (CBCT)**, qui permet l'acquisition des volumes maxillaire et mandibulaire, peut être superposé aux photos réalisés « sourire forcé » (Figure 34).



Figure 34 : Superposition d'un CBCT avec une photo permettant de voir la ligne bi-pupillaire, l'axe du nez et la qualité des tissus mous de la face - D'après B.-T Haris (63)

Le CBCT permet l'évaluation du volume osseux (afin de savoir si on peut respecter les impératifs biologiques : positionnement des implants dans le sens médio-distal, vestibulo-palatin et apico-coronaire) et la visualisation du projet prothétique virtuel (Figure 35). Pour une PAC immédiate, il est impossible de savoir précisément quel sera le volume osseux résiduel puisque l'os subit un remaniement post-extractionnel.

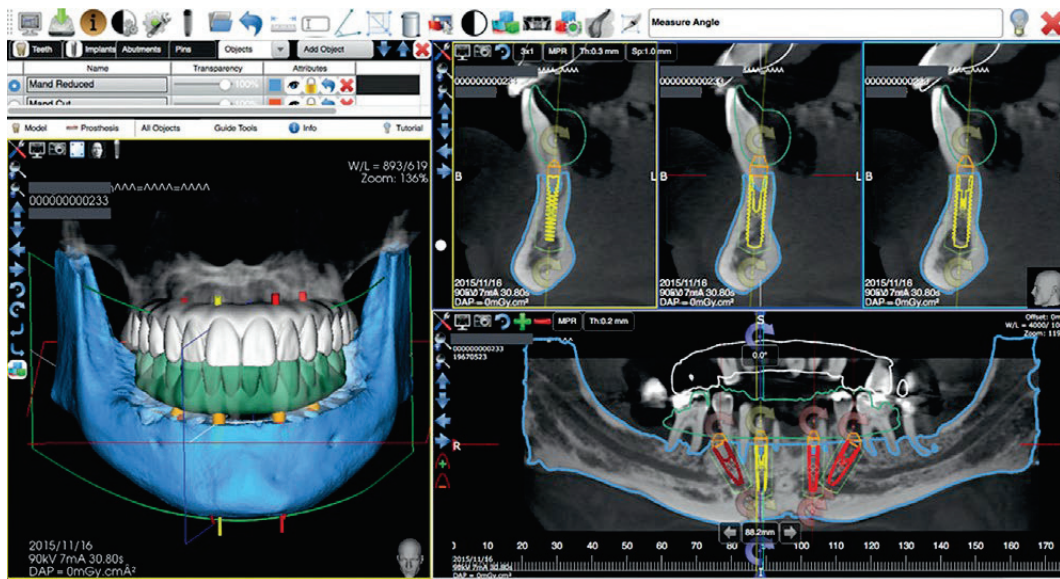


Figure 35 : Vue du logiciel de CAO simulant le positionnement des implants en fonction de la PAC immédiate - D'après B.-T Haris (63)

Les **guides chirurgicaux** créés par les logiciels des CAO aident à un meilleur positionnement des implants comparativement à un placement implantaire manuel (64). Cependant, l'ajustage doit systématiquement être rigoureusement vérifié : en effet, ils sont réalisés à partir d'un modèle virtuel issu de la simulation des extractions et du remodelage osseux. La situation clinique doit donc toujours être en accord avec le projet initial. Les guides doivent être stables en bouche avant de commencer les forages (Figure 36).



Figure 36 : Photo d'un guide chirurgical – D'après R. Viscardi (65)

L'imprécision liée à la superposition des différentes images (CBCT, empreintes optiques intra-orales, photos, scanner facial etc...) devient un paramètre non négligeable au vu de la précision nécessaire pour la pose d'implants (surtout en prothèse complète). Cette imprécision est liée, entre autres, aux restaurations intra-orales créant localement des artéfacts.

L'essayage fonctionnel n'est toujours pas possible. Au niveau antérieur maxillaire, pour la phonation, elle est souvent source d'erreurs (65).

L'apport de la chaîne numérique pour la réalisation de PAC immédiates avec mise en charge immédiate est :

- Au niveau de l'acquisition : un gain de précision pour la pose des implants et de confort (Cf. 2.2.1 Avantages)
- Au niveau de la CFAO : la possibilité de créer un guide chirurgical intégrant tous les paramètres à prendre en compte pour la mise en place des implants, alors facilitée. Le praticien devra toujours rester vigilant lors de l'utilisation de ces guides. Par ailleurs la FAO assure la qualité de la précision du passage informatique à la pièce physique.

Conclusion :

La dernière étape, chirurgie et pose de la prothèse immédiate, est similaire à la méthode conventionnelle. Dès sa réception au cabinet, des imperfections devant être retouchées sont recherchées par un examen minutieux. La vérification de l'état de surface de la prothèse doit s'assurer de l'absence de zones tranchantes dans l'intrados et sur l'extrados. Après désinfection, elle est placée en sachet de stérilisation dans l'attente du RDV d'avulsions. Suite aux extractions et sutures éventuelles, la PAC immédiate est enfin insérée en bouche (Figure 37, Figure 38).

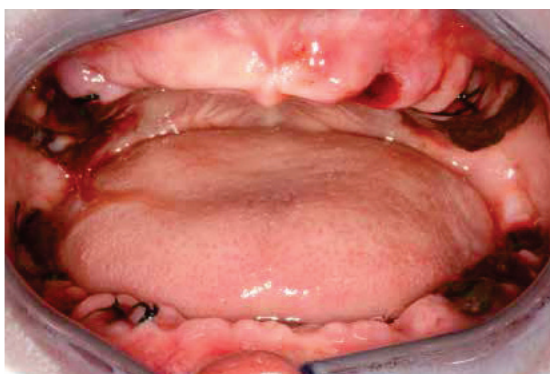


Figure 37 : Situation clinique post-extractionnelle – D'après C. Millet (7)



Figure 38 : Insertion immédiate des prothèses après extractions – D'après C. Millet (7)

Les contrôles esthétiques, l'évaluation de la phonation et l'équilibration primaire sont réalisés. Les bons conseils sont transmis au patient concernant les suites de l'opération, les médicaments à prendre, le port des prothèses, l'entretien, la maintenance et l'organisation des RDV ultérieurs (éventuellement retrait des sutures à J 7).

Les patients sont plutôt satisfaits des PAC immédiates réalisées grâce à la chaîne numérique. Les grands principes biologiques et esthétiques sont correctement respectés et bien acceptés (4,21).

2.4 Vers une PAC d'usage

La PAC immédiate, utilisée comme prothèse de transition, est généralement remplacée quelques mois après sa pose par une prothèse définitive appelée « prothèse d'usage ».

2.4.1 Intérêt de la chaîne numérique pour la réalisation de la PAC d'usage

Traditionnellement, un rebasage de la PAC immédiate au laboratoire peut être effectué : technique économique mais qui prive le patient temporairement de sa prothèse. Par ailleurs, le rebasage ne permet pas la modification de la position des dents (Figure 39). Par exemple, si la RMM, l'orientation du plan d'occlusion ou l'esthétique ne conviennent pas, il faut procéder à la fabrication d'une nouvelle PAC : de très nombreuses étapes sont à nouveau requises.



Figure 39 : PAC immédiate maxillaire avec plan d'occlusion à modifier complètement – D'après thedentalist.fr (66)

Par chance, avec le flux numérique, la fabrication d'une PAC d'usage peut se réaliser en 2 RDV. La chaîne numérique permet donc un gain de temps conséquent. Les paramètres esthétiques et fonctionnels testés avec la prothèse transitoire peuvent être réutilisés ou modifiés légèrement pour fabriquer la nouvelle prothèse selon les desideratas du patient (49).

2.4.2 Protocole de réalisation de la PAC d'usage en deux rendez-vous

Lorsqu'il n'y a pas de corrections majeures à effectuer sur la DVO, l'aspect esthétique antérieur ou la taille des dents, on peut se servir de la **PAC immédiate comme PEI pour la PAC d'usage** après la cicatrisation ostéo-muqueuse.

Cependant, si les modifications à apporter sont majeures, il est recommandé d'utiliser des **gabarits pour faire un essai** afin de ré-évaluer l'esthétique, la phonation, la DVO et l'occlusion avant de fabriquer les PAC définitives.

Millet et coll. ont récemment proposé le raccourcissement de 1mm du joint périphérique de la PAC immédiate suivi d'une prise d'empreinte définitive avec un polyéther de moyenne viscosité (Impregum) (67). L'extrados et l'intrados des PAC immédiates garnis de polyéther sont enregistrés

selon les instructions du fabricant avec la caméra intra-buccale. L'Impregum ayant fusé sur les dents artificielles a préalablement été découpé au bistouri permettant une bonne visibilité des dents par la caméra (Figure 40). Cependant, afin d'éviter d'éventuelles déformations, un scanner de laboratoire pourrait être utilisé au cabinet.

Les PAC immédiates garnies du matériau d'empreinte sont replacées en bouche et l'enregistrement intra-buccale de l'occlusion se fait avec un matériau d'enregistrement conventionnel (par exemple avec de la cire Aluwax).



Figure 40 : Empreinte optique de la RMM (avec Aluwax) d'une PAC immédiate rebasée en vue de réaliser une PAC d'usage – D'après C. Millet (67)

Après retrait de l'Impregum, un rebasage avec une résine souple à prise retardée, puis une vérification de l'occlusion sont réalisés avant départ du patient avec ses PAC immédiates.

Au laboratoire, le fichier de la PAC immédiate est toujours stocké dans l'ordinateur. Sur celui-ci, on possède informatiquement d'une part la base et d'autre part les dents en occlusion. Donc, on peut superposer :

- L'intrados maxillaire rebasé avec l'intrados de la PAC immédiate
- L'intrados mandibulaire rebasé avec l'intrados de la PAC immédiate

On obtient deux nouveaux fichiers avec les « nouveaux » intrados et l'extrados inchangé (donc le même montage). Puis on utilise l'acquisition de la nouvelle RMM pour modifier si besoin le montage (ou une partie de celui-ci) s'il ne convenait pas (67).

2.4.3 Innovations et perspectives

En vue du rendez-vous d'empreinte pour la réalisation de PAC d'usage chez un patient porteur d'immédiates, le laboratoire pourrait facilement **imprimer un duplicata des PAC immédiates en retirant 1mm tout le bord du joint périphérique**. Cela ajouterait un coût (mais réduit) et éviterait au praticien de devoir meuler 1mm de joint périphérique et de rebaser en fin de séance la PAC immédiate du patient : gain de temps.

La **technique de scannage des PAC immédiates rebasées** n'a pas été confirmée comme applicable à toutes les situations cliniques (surtout en cas de palais profond) (67). Des études à ce sujet sont encore nécessaires. En attendant, l'utilisation d'un **scanner de table** pourrait lever toute incertitude.

La chaîne numérique représente donc un avantage considérable pour les patients porteurs d'anciennes PAC à renouveler. L'empreinte anatomo-fonctionnelle est réalisée par l'intermédiaire de **l'ancienne PAC (utilisée comme PEI)**, puis scannée avec une caméra intra-orale ou un scanner de laboratoire. La RMM est ensuite enregistrée en bouche via les prothèses. Le patient repart avec ses appareils. Si les patients étaient satisfaits de l'esthétique de la prothèse et de l'efficacité de la fonction masticatoire obtenue, le montage des dents est utilisé comme référence. Sinon, les logiciels de CAO permettent dorénavant de séparer le fichier « base prothétique » du fichier « dents » : cela permet de modifier les courbes occlusales, augmenter la DVO etc. Des gabarits sont ensuite utilisés afin de valider le montage (68). Puis la prothèse est usinée (68,69).

2.5 Conclusion : Fiche de procédure

Avantages du flux numérique pour la réalisation d'une PAC immédiate pour **le praticien (en bleu)**, **le patient (en vert)** et le laboratoire (en noir)

- Absence de nécessité d'extractions en amont des dents postérieures
- Suppression du risque d'extractions accidentelles
- Suppression de la douleur liée au retrait du PE au niveau des dents mobiles
- ↘ Anxiété
- Aide au passage vers l'édentation
- Logiciels de CAO : aide +++

Exemple d'une réalisation d'une PAC immédiate bi-maxillaire à l'aide de la chaîne numérique

1. Objectifs

- Assainir la bouche par retrait des dernières dents non conservables (caries trop importantes, dents en mobilité terminale, cassées)
- Limiter le traumatisme psychologique par la mise en place de la prothèse immédiatement après avulsion des dernières dents
- Maintenir ou recréer une DVO
- Limiter la résorption osseuse physiologique

2. Matériel nécessaire

- Plateau technique habituel (sonde, miroir, précelle), aspiration(s), soufflette
- Appareil radiographique autorisant la réalisation d'une radiographie panoramique
- Appareil radiographique autorisant la réalisation d'un scanner
- Caméra optique intra-oral reliée à un logiciel de CFAO
- Imprimante 3D au cabinet dentaire
- Marqueur noir ou gommettes, pied à coulisse

- Composite, lampe à photopolymériser
- Couteau à cire
- Lampe à alcool ou chalumeau
- Plaque de Fox
- Cire Aluwax, bol d'eau chaude
- Matériel de chirurgie : désinfectant, seringue(s) d'anesthésie et carpules, syndesmotome, élévateur(s), luxateur(s), curette de Lucas, pince gouge, si nécessaire : bistouri, décolleur(s), ciseaux et fils de suture, pince à tissu.
- Maquettes imprimées réalisées par CFAO
- Maquettes d'essayage réalisées par CFAO
- Prothèses usinées réalisées par CFAO

3. Protocole opératoire

- Réaliser l'anamnèse générale et buccodentaire (motif de consultation, état psychologique face à son état dentaire, hygiène bucco-dentaire, passé bucco-dentaire, antécédent(s) de prothèse(s) adjointe(s) partielle(s))
- Examen clinique extra-oral (face, joue, cou) : aspect normal ou anormal des téguments, asymétrie éventuelle pouvant signifier la présence d'une tuméfaction, équilibre des étages de la face, palpation des ATM et des chaînes ganglionnaires jugulaire et sous-mandibulaire (adénopathie ?), mesurer l'ouverture buccale (trismus ?)
- Examen clinique intra-oral (muqueuse, parodonte, gencive) : aspect de la gencive et des muqueuses, couleur des tissus, saignement gingival, état inflammatoire, gonflement, ostium fistulaire, palpation du palais des crêtes édentées, recherche d'éventuels spicules osseux ou crêtes flottantes à corriger, sondage parodontal si pas de contre-indications (!), déplacement dentaire, version coronaire, mobilité.
- Examen dentaire : détecter et évaluer les lésions carieuses primaires et secondaires, les lésions non carieuses (abrasion, érosion, fractures) mobilités → confirmation diagnostic d'extraction(s)
- Panoramique dentaire en première intention
 - Scanner
- Selon la complexité du cas, voir tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Suite du protocole pour la réalisation de PAC immédiates avec le flux numérique

Cas simple : Patient callé en occlusion	Cas très complexes : Absence de calage postérieur avec dents égressées
<p>1^{er} RDV clinique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si nécessaire, repérer le milieu inter-incisif, les pointes canines et la ligne du sourire avec du composite polymérisé - Empreinte optique du maxillaire puis de la mandibule - Mesure de la DVO - Bouche fermée, patient en occlusion : scanner la RMM - Relevé les informations : Teinte, Forme des dents, DVO à modifier ? <ul style="list-style-type: none"> ○ Utilisation d'une application → Réalité augmentée 	<p>1^{er} RDV clinique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Empreinte optique du maxillaire puis de la mandibule
	<p>CFAO de maquettes maxillaire et mandibulaire pour la RMM avec base en résine (légèrement espacée autour des dents restantes permettant une insertion/désinsertion des maquettes sans les mobiliser) et des bourrelets de cire.</p> <p>2^{ème} RDV clinique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Insérer successivement les maquettes d'occlusion maxillaire puis mandibulaire et vérifier leur adaptation et l'absence de bascule <ul style="list-style-type: none"> ○ Réaliser des empreintes secondaires avec ces maquettes - Mesurer la DVO - Ajuster les cires afin que le patient puisse serrer les dents à la DVO choisie. Repérer sur les dents résiduelles ou les maquettes le milieu inter-incisif, les pointes canines et la ligne du sourire avec du composite polymérisé ou un feutre noir. - Enregistrer la RMM : placer les maquettes en bouche et insérer de la cire Aluwax réchauffée afin de valider le calage. Guider le patient en RC. Laisser refroidir la cire puis vérifier la reproductibilité de la position. - Bouche fermée, maquettes en place : scanner la RMM <ul style="list-style-type: none"> ○ Scanner la face du patient maquettes en place. Sourire normal et avec écarteurs. - Relevé les informations : <ul style="list-style-type: none"> ○ Teinte, Forme des dents
<p>CFAO de la PAC immédiate</p> <p>Si patient callé en occlusion à la mauvaise DVO → A l'étape de CAO, le prothésiste augmente la DV via la tige de l'articulateur virtuel selon les indications du dentiste</p>	<p>CFAO de la PAC immédiate</p> <p>Alignement des scanners, Montage des dents par CAO, Envoi possible au dentiste pour validation du montage, FAO de maquettes imprimées.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Un RDV d'essayage est possible à ce stade si les scanners n'ont pas été réalisés. Sinon, pas de FAO de maquettes imprimées : <p>Usinage de la PAC finale et finitions : polissage, maquillage.</p>
<p>2^{ème} RDV clinique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Désinfection de la prothèse reçue, vérification de l'absence d'irrégularités de l'intrados et de bords coupants - Désinfection buccale, anesthésie(s) locale(s) ou loco-régionale(s), avulsions atraumatiques des dents restantes - Pose de la PAC immédiate - Contrôles d'adaptation des bases : si nécessaire, rebaser avec de la résine à prise retardée - Contrôles d'occlusion statique et dynamique - Conseils post-opératoires, ordonnance (anti-douleur et bain de bouche +/- antibiothérapie), conseils port de la prothèse 48h sans retrait puis nettoyage après chaque brossage 	<p>3^{ème} RDV clinique :</p>

4. Erreurs à ne pas commettre

- Oublier le questionnaire médical général à la recherche de problèmes psychologiques liés à l'édentation complète (dépression...).
- Ne pas s'intéresser à l'état de santé général du patient contre-indiquant des avulsions (multiples) ou un scanner ; ou nécessitant une antibioprophylaxie et/ou une antibiothérapie.
- Ne pas s'intéresser au passé bucco-dentaire du patient (par exemple, essayer de comprendre pourquoi il ne portait pas son ancienne PAC).
- Oublier de vérifier l'absence de bascule des maquettes en amont de l'enregistrement de la RMM.
- S'affranchir des contrôles d'occlusion le jour de la pose de la prothèse.
- Omettre de donner les conseils de port et d'hygiène de la prothèse.
- Omettre de conseiller au patient des visites régulières pour contrôler l'adaptation des bases, la stabilité des rapports occlusaux et l'état des dents.
 - Laisser un excédent de matériau lié à l'empreinte secondaire sur les faces vestibulaires des dents empêchant la superposition du scanner avec les empreintes optiques.

3 Fabrication numérique des prothèses amovibles complètes

La Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) constitue l'étape finale de la chaîne numérique : elle matérialise le projet prothétique dans un ou plusieurs matériau(x) choisi(s).

Les technologies de FAO sont regroupées en :

- Technologie additive = Impression 3D, Stéréolithographie
- Technologie soustractive = Usinage

Elles sont réalisées par des machines-outils pilotées par un logiciel. Plus le logiciel et la machine sont évolués, plus la fabrication est précise et la prothèse esthétique. Les logiciels de FAO, contrairement à ceux de CAO, sont dépendants voir même spécifiques du procédé de fabrication envisagé. Après la FAO, le prothésiste intervient pour les étapes de finitions. Il valide ensuite les critères à respecter pour les PAC (épaisseur minimale de résine, contrôle visuel et tactile des prothèses, esthétique etc ...).

3.1 Impression 3D ou usinage ?

Grâce à la chaîne numérique, les PAC sont obtenues principalement par usinage ou impression 3D des bases prothétiques et/ou des dents (70). Ces deux techniques de FAO, permettent d'obtenir des **résultats supérieurs à ceux des méthodes conventionnelles** (71). Quelle que soit la technique utilisée, le prothésiste doit s'assurer du respect des épaisseurs minimales de résine et des paramètres de la PAC soient respectés. Si certaines valeurs sont négligées, cela peut entraîner un échec (une fracture par exemple). Jusqu'à aujourd'hui, les études se sont plus portées sur l'usinage.

3.1.1 Usinage

L'usinage est un procédé de fabrication par soustraction de matière réalisé par une machine-outil à commande numérique (usineuse). Les machines disposent de fraises et d'une barre d'usinage disposés selon 3 à 5 axes pour les plus performantes permettant de soustraire de la matière à un disque (ou bloc) fixé sur la barre d'usinage conformément aux informations reçues par le logiciel de FAO correspondant (Figure 41). La compatibilité entre le logiciel de FAO et l'usineuse est requise.



Figure 41 : Fraise usinant dans un disque – D'après art-dentaire.fr (72)

L'usinage des PAC est réalisé sur des **disques pré-polymérisés de résine de polyméthacrylate de méthyl (PMMA) obtenus en conditions industrielles, à haute température et sous pression**. Leur géométrie correspond à celle des supports de FAO couramment utilisés. Ils sont disponibles en teintes courantes : différents niveaux de rose et de marron pour l'imitation de la gencive (Figure 42).



Figure 42 : Disques pré-polymérisés de taille standard pour la FAO dentaire – D'après art-dentaire.fr (72)

Ces disques de résine, issus de fabrication automatisée et industrielle, présentent une densité augmentée, une meilleure homogénéité et solidité. La diminution des porosités internes de la résine, controversée il y a quelques années, est aujourd'hui prouvée (57,73). L'absence de mise en moufle et de polymérisation permet d'obtenir des résultats plus fiables : absence de variations dimensionnelles des bases prothétiques et de déplacements dentaires survenant au cours de la polymérisation (74). Les machines actuelles permettent la réalisation d'usinage de prothèses de haute précision et qualité.

- Ces qualités d'usinage confèrent aux PAC usinées de **nombreux avantages** :
 - Propriétés mécaniques augmentées

Les PAC usinées présentent des propriétés mécaniques meilleures que celles issues de fabrication classique. Les bases prothétiques sont très résistantes aux impacts. Cela améliore la **résistance aux fractures et augmente la longévité des prothèses** (74).

- Meilleure précision d'adaptation

La distorsion liée à la polymérisation de la PAC est supprimée avec l'usinage : **les prothèses usinées sont donc mieux adaptées au niveau des surfaces d'appui (intrados) et démontrent une occlusion plus précise** (75).

L'usinage donne un intrados plus précis et de meilleure qualité que l'impression (12). Il en est de même au niveau de l'occlusion, les morphologies dentaires sont plus précises pour une prothèse usinée, comparativement aux prothèses imprimées (57).

- Meilleures propriétés biologiques

Un pourcentage négligeable de monomère résiduel est retrouvé dans les PAC usinées, réduisant le risque de réaction qualifiée d'allergique par les patients (de type brûlure). De plus, la **diminution des porosités internes** aboutit à une **diminution de la colonisation bactérienne** des bases : les risques de croissance de micro-organismes tels que Candida Albicans sont donc réduits avec les PAC usinées (75).

- Meilleure fiabilité de la prothèse

La qualité de l'usinage étant prévisible, les résultats finaux le sont aussi.

Ainsi, la **PAC usinée apporte satisfaction au praticien et au patient.**

- Cependant, la technique d'usinage limite par son principe certains progrès :

L'usinage se restreint actuellement à des angles de plus ou moins 25 degrés pour les meilleures machines. La taille des fraises minimale étant de 0.3 cm, la précision des **embrasures** est limitée et les crêtes édentées présentant des **contre-dépouilles importantes** ne peuvent pas être usinées. Les disques utilisés ont une épaisseur de 3 cm maximum : l'usinage d'un **palais trop profond** n'est pas réalisable.

D'autre part, l'usinage « gaspille » beaucoup de matériau : en effet, il s'agit d'une technique soustractive, on retire de la matière.

Le temps d'usinage pour une PAC est d'environ 6h, plus long que le temps d'impression qui est d'environ 2h.

Actuellement, la FAO des PAC se fait principalement par usinage ; l'impression 3D concerne plutôt les prothèses transitoires.

3.1.2 Impression 3D

L'impression 3D est une technique permettant, par apports successifs de matériaux couches par couches de 20 à 150 µm, d'obtenir la prothèse en 3D : le plateau support d'impression est mobile et baigne dans une cuve remplie de monomère liquide photosensible (Figure 43). Ce monomère recouvre le plateau et va être polymérisé par un laser ou par une source de lumière visible (57,73). Les prothèses sont « coupées » en tranches successives par le logiciel de CAO pour que l'imprimante puisse reproduire ces couches. Cependant, la **méconnaissance d'un certain nombre de paramètres inhérents à la mise en forme des matériaux dentaires par méthode additive, mais aussi certaines questions médico-légales limitent actuellement son emploi à certaines indications.** En effet, à ce jour **les études manquent** sur le monomère de base d'ester utilisé dans l'impression : potentiels allergènes, niveau de monomère résiduel, stabilité du matériau et de la couleur, compatibilité des matériaux pour un rebasage conventionnel, propriétés mécaniques et biocompatibilité (12).

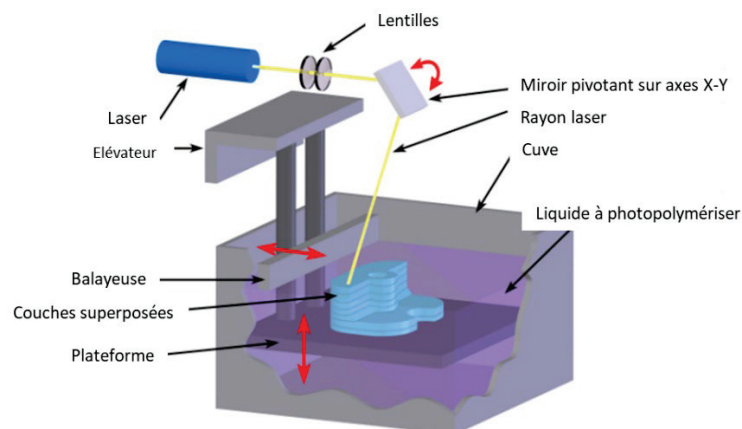


Figure 43 : Schéma de fonctionnement d'une imprimante 3D – D'après sla99.fr (76)

Le résultat de l'impression est constitué d'un support et de tiges permettant le maintien de la prothèse : base, dents, ou la totalité (Figure 44).

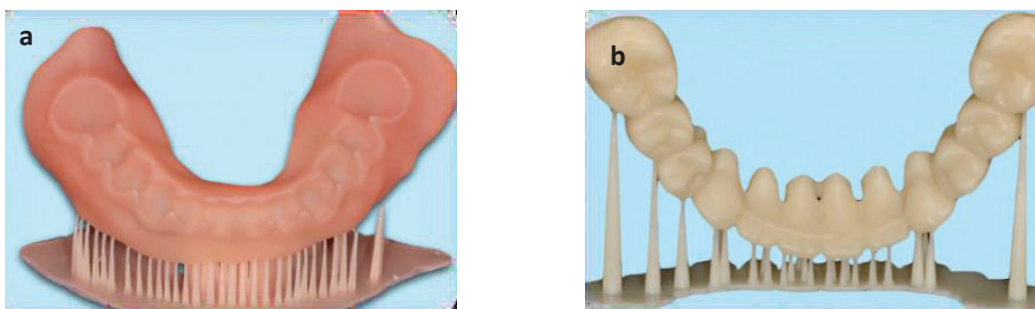
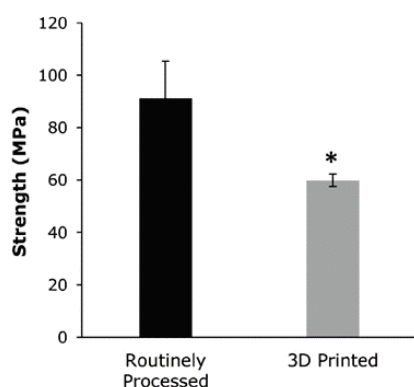


Figure 44 : (a) Base et (b) Arcade dentaire imprimées – D'après W.-S Lin (77)

Le laser ne polymérise qu'à 30% chaque couche. Après 20 minutes de nettoyage dans de l'alcool isopropylique, l'étape de polymérisation finale a lieu à haute température et sous diodes électroluminescentes (LED) ou lumières ultraviolettes (UV) (78). Cependant, ces UV n'atteignent pas les couches profondes de la prothèse : la polymérisation n'a lieu que sur 0.2-0.3 mm d'épaisseur. On comprend alors assez facilement pourquoi **les prothèses imprimées sont beaucoup plus cassantes** que les prothèses usinées : leurs propriétés mécaniques sont extrêmement faibles, liées à une **polymérisation incomplète**. Elles sont inférieures de 35% à celles des prothèses réalisées par technique conventionnelle (79). De plus, lors de la polymérisation finale de la prothèse, il existe un risque de déformation possible lorsqu'on découpe la PAC de la plateforme. Enfin, l'ultime couche résiduelle de résine monomère non polymérisée est éliminée par un rinçage complet avec un solvant approprié. La Figure 45 présente un graphique illustrant la différence de résistance à la flexion entre une PAC réalisée de manière conventionnelle et une PAC imprimée.

En conclusion, il n'existe **pas de contrôle sur la polymérisation**. C'est aussi pour cela que la réglementation est vigilante (cf. 3.4.2 Normes et réglementations pour les PAC). Il faut améliorer et développer les matériaux à imprimer.



PMMA	Flexural Strength (MPa)
Routinely Processed	91.3 ± 14.0
3D Printed	59.9 ± 2.4

Figure 45 : Test mécanique : Résistance à la flexion du PMMA conventionnellement utilisé (en noir) et imprimé (en gris). $P < 0.5$ – D'après M. Nagrath (79)

Bien que l'impression 3D engendre moins de déchets de résine que la technique soustractive, elle consomme beaucoup de matière. En effet, le contenu des cuves de rinçage d'isopropanol a une durée de vie limitée. Vidées toutes les trois prothèses, elles permettent d'assurer un nettoyage efficace de la couche de surface non polymérisée. Enfin, le support, les tiges et la résine à éliminer sont également jetés.

L'esthétique peut être variable selon le type d'impression. Elle devra toujours être vérifiée et validée avec le patient. Néanmoins, certaines études rapportent des résultats satisfaisants avec des prothèses imprimées (57). Par ailleurs, les revenus du patient devront être considérés avant d'utiliser cette technique plus coûteuse actuellement que la technique classique (12).

En conclusion : actuellement l'usinage permet plus de détails sur les PAC car cette méthode a été plus étudiée et développée. Cependant, l'impression qui utilise des machines plus petites et moins onéreuses se développe : cette technologie aura vraisemblablement sa place assurée d'ici quelques années (57).

Tableau 3 : Bilan des avantages et des inconvénients de l'usinage et de l'impression 3D

Usinage	Impression 3D
<ul style="list-style-type: none"> - Coût d'équipement initial très élevé Usinage dans des disques de PMMA <-> Propriétés de ces disques : - Réalisés en conditions industrielles <ul style="list-style-type: none"> ↗ densité ↗ homogénéité ↗ solidité ↘ porosités internes (↘ Candida Albicans) (80) - Ø mise en moufle, Ø polymérisation : pas de rétraction à la polymérisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Prix des machines moindre (plus accessibles à des petits laboratoires et non seulement aux gros centres de production) - Polymérisation incomplète
<ul style="list-style-type: none"> - Précision d'adaptation <ul style="list-style-type: none"> ○ Intrados (surface d'appui) ○ Occlusion - ↗ propriétés mécaniques : résistance aux impacts, aux fractures ↗ longévité - Propriétés biologiques meilleures : ↘ quantité de monomère résiduel ↘ colonisation bactérienne - Meilleure fiabilité : qualité prévisible → Grande satisfaction 	<ul style="list-style-type: none"> - Patients et praticiens satisfaits - Travail laboratoire : <ul style="list-style-type: none"> ○ Temps d'impression court donc ↘ des délais de livraison ○ ↘ coût
<ul style="list-style-type: none"> - Limitation par les machines : <ul style="list-style-type: none"> ○ Taille des disques et des fraises ○ Angle de +/- 25° - Gaspillage de matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Propriétés mécaniques faibles - Pas d'études sur la stabilité des prothèses à long terme (couleur, dégradation de l'intrados, usure des dents) - Moins de déchets de matière → Impact sur l'environnement (81) - Pas d'études sur la biocompatibilité, les rebasages - Pas de recul clinique

3.2 Description des pièces prothétiques fabriquées par ordinateur

3.2.1 La place de l'impression 3D dans les différentes étapes de réalisation des PAC

3.2.1.1 Les PEI et les maquettes d'occlusion

Les PEI et maquettes d'essayage se réalisent de plus en plus fréquemment **par processus additif**, plus rapide et moins onéreux. En effet, ces étapes ne nécessitent pas une résistance mécanique importante.

La maquette d'essayage (encore appelée gabarit), conçue au laboratoire à partir des empreintes secondaires, est le plus souvent **monobloc** (monolithique). De ce fait, elle ne permet pas (ou très peu) de modifications (contrairement à un montage sur cire classique). Cependant, elle autorise la validation de la future prothèse et permet si besoin de préciser les éventuelles corrections à apporter numériquement par le prothésiste avant de finaliser la prothèse.

Certains protocoles spécifiques proposent une alternative à ce problème. Par exemple, avec celui de la société AvaDent WTI, les dents antérieures de la maquette peuvent être imprimées individuellement. Elles sont ensuite réunies, par de la cire, à la base et aux dents postérieures en résine. Les **modifications esthétiques** pouvant ainsi être plus facilement réalisées (Figure 46).



Figure 46 : Maquettes d'essayage imprimées AvaDent WTI – D'après AvaDent.com (82)

3.2.1.2 Les dents

Les dents peuvent être imprimées de manière unitaire ou plurale. Actuellement, il est impossible d'avoir un recul clinique car ces procédés sont nouveaux. Cependant, une étude in vitro a montré que la **résistance de ces dents imprimées est comparable à celles du commerce** (83).

En impression 3D, les dents peuvent être imprimées en même temps que la base ou en trois blocs « postérieur droit, de canine droite à canine gauche, postérieur gauche » et collés avec l'adhésif spécifique à la base imprimée. Comme le montre la Figure 47, **l'esthétique au niveau du collet n'est pas toujours idéal** (57).



Figure 47 : PAC immédiate imprimée, collets incisifs très transparents – Courtoisie de C. Jurado (57)

Aujourd’hui, comme vu précédemment, les prothèses imprimées sont plus utilisées comme PAC transitoires mais les études sur les matériaux et les machines d’impression 3D ne cessent de se multiplier.

3.2.2 La place de l’usinage dans les différentes étapes de réalisation des PAC

Les PEI, les maquettes d’occlusion, les bases prothétiques et les dents sont également obtenus par usinage, à partir de disques en PMMA (Figure 48).

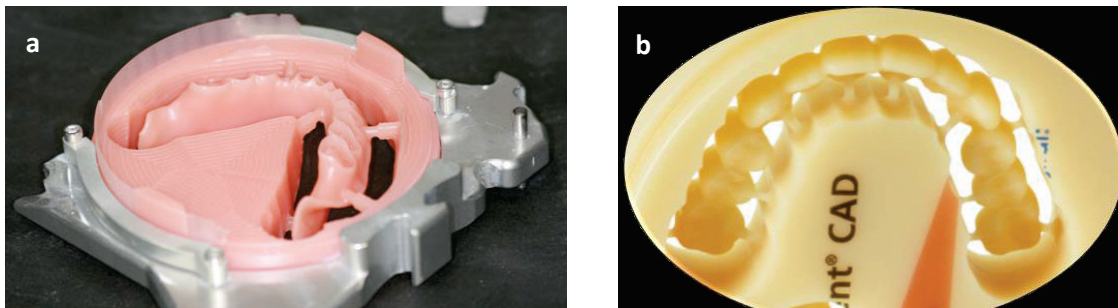


Figure 48 : (a) Base mandibulaire et (b) Arcade dentaire usinée dans un disque de PMMA – D’après C. Millet (84)

Concernant le problème de modifications éventuelles du secteur antérieur lors de l’essayage des maquettes pour la réalisation d’une PAC, la société Ivoclar-Vivadent propose en option une **maquette d’essayage en cire usinée** comportant les dents individualisées, de manière à ce que le praticien puisse modifier la position des dents si nécessaire.

La finalisation des prothèses usinées, les plus utilisées à ce jour, est abordée dans le chapitre suivant (3.3 Usinage : différentes techniques d’assemblage base/dents).

3.2.3 Le choix des dents

Le choix des dents (couleur, dimension, forme et matériau) se fait de manière conventionnelle avec la carte de formes et les données pré-prothétiques pour trouver la solution la plus esthétique possible. Deux options sont réalisables :

- Le laboratoire met en place, sur la prothèse terminée, des **dents classiques du commerce**. La conception du montage, en amont, est alors réalisée à partir des bibliothèques de dents disponibles dans les logiciels de CAO. Ces bibliothèques contiennent la majorité des dents du marché, offrant un large panel de teintes, formes et matériaux différents. Cette option

est essentiellement destinée aux PAC bi-maxillaires, ces dernières nécessitant rarement une adaptation particulière de l'occlusion.

- Le laboratoire **imprime ou usine les dents**. Cette option convient aux PAC bi-maxillaires mais également uni-maxillaires immédiates ou d'usage. Cette option permet en effet de personnaliser la forme des dents selon des critères esthétiques particuliers ou en fonction des dents de l'arcade antagoniste (contrairement à la première option avec les dents du commerce).

Le stockage des dents (complexe et couteux) n'est plus un problème pour les laboratoires.

3.3 Usinage : différentes techniques d'assemblage base/dents

3.3.1 Usinage des bases prothétiques et des alvéoles

L'usinage de la base prothétique peut se réaliser dans un disque de cire spécifique à la FAO, puis polymérisé conformément au protocole habituel des laboratoires : cette option n'est guère intéressante car on perd les avantages liés à l'absence de polymérisation (cf. 3.1.1 Usinage). Généralement, la base est directement usinée dans un disque de PMMA.

L'usinage de la PAC se réalise de différentes façons selon le choix de la fabrication de la PAC :

- En 1 temps : usinage (complexe) de la base et des dents dans un seul disque bicolore (Figure 49).



Figure 49 : Disque bicolore – D'après ivoclarvivadent.com (85)

- En 2 temps : usinage de l'extrados et des alvéoles, collage des dents puis usinage de l'intrados (84). Après usinage les logements de l'extrados destinés à accueillir les dents sont sablés à l'oxyde d'alumine.

3.3.2 Préparation des dents

Les dents peuvent être usinées de manière unitaire ou plurale (arcade complète ou par trois blocs : « postérieur droit, de canine droite à canine gauche, postérieur gauche »). L'usinage se fait avec une machine-outil 5 axes à partir de disques PMMA de 2 cm d'épaisseur. L'objectif est l'obtention d'une coloration translucide pour l'émail et d'une fluorescence (dents polychromatiques). Le large panel de teintes disponibles (A1, A2, A3, A3,5, B1, B3, C2, D2...) permet un résultat naturel et

personnalisé. **De nouveaux disques de résines dégradées existent, permettant d'obtenir un rendu esthétique bien meilleur du collet au bord incisal.**

Quelle que soit leur origine, les dents sont nettoyées et dépolies avant d'être collées à la base usinée.

3.3.3 Collage des dents

Les dents peuvent être solidarisées avec un composite de collage, des systèmes adhésifs autopolymérisants à deux composants ou des résines autopolymérisables à prise rapide qui proposent une manipulation propre et simple éventuellement grâce à une présentation prédosée. Ils assurent une adhésion fiable et forte entre les dents et la base prothétique usinée. Leur teinte rose universelle est adaptée à la base prothétique (21,49). Représentée sur la Figure 50, **une clé de repositionnement / de transfert** peut être proposée par le fabricant ou réalisée à l'initiative du prothésiste permettant de valider l'imbrication parfaite des dents dans les alvéoles (21).



Figure 50 : CAO du guide de positionnement des dents - D'après C. Millet (84)

IMPORTANT : l'usinage de l'intrados est impérativement réalisé après le collage des dents. De ce fait si le talon d'une ou plusieurs dents s'avère trop long, il sera usiné lors de cette dernière étape (84). Cette technique est la moins coûteuse.

- Collage de dents individuelles



Figure 51 : Collage dent par dent au moyen du guide de positionnement et retrait des excédents – D'après C. Millet (86)

Le collage de dents individuelle du commerce peut présenter un inconvénient : malgré le guide, il peut exister une surépaisseur du composite de collage entraînant une légère suroclusion (Figure 51). Certes, elle est corrigible lors de l'équilibration primaire mais source d'erreur à cette étape (74).

- Collage de l'arcade complète usinée

L'inconvénient précité (risque de surépaisseur de colle) peut se retrouver également lors du collage d'arcades usinées.

Pour pallier ce problème, Ivoclar-Vivadent propose un protocole particulier : dans un premier temps, les bases prothétiques et les arcades dentaires sont usinées partiellement. Seules les parties basales des arcades et les alvéoles des bases prothétiques sont usinées précisément. L'assemblage arcade – base est donc possible, assemblage réalisé à l'aide d'une résine (Figure 52). Les disques de PMMA sont ensuite replacés dans l'usineuse pour finaliser les prothèses avec précision par une reprise d'usinage. Ce procédé **d'usinage en deux temps** (over-size milling) permet d'obtenir une finition de haute qualité et une grande précision au niveau de l'occlusion (67).

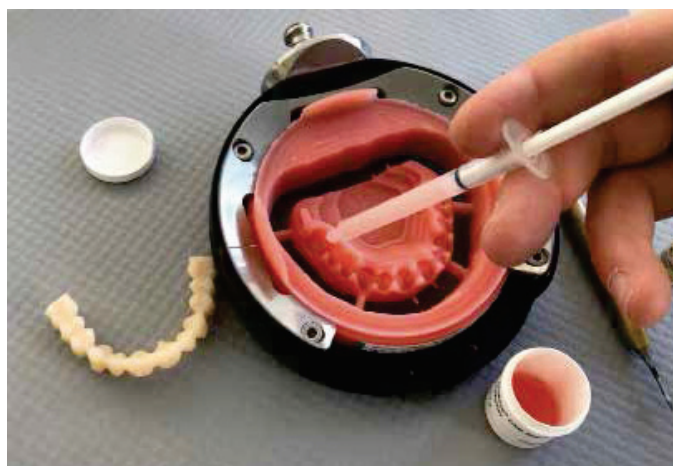


Figure 52 : Collage de l'arcade complète usinée – D'après C. Millet (48)

- Absence de collage

Seule l'utilisation des disques bicolores permet l'absence de collage. Cependant, elle implique une intervention du prothésiste avec de la résine composite rose pour améliorer l'esthétique de la prothèse : cette étape est chronophage (68).

Nous avons encore peu de recul sur ces PAC usinées, notamment concernant les différentes méthodes d'assemblage.

3.3.4 Finitions

Après l'usinage, des fraises en carbure de tungstène adaptées permettent de détacher la prothèse du disque et réaliser la finition et/ou les corrections de forme. **La limite gingivale est parfaitement usinée une fois les excès de colle éliminés** : les limites cervicales des dents et les espaces interdentaires sont vérifiés. L'épaisseur minimale de la base prothétique doit être respectée de manière homogène.

La qualité de surface des prothèses usinées est très satisfaisante. Cependant, un **polissage est toujours réalisé de manière conventionnelle.** Actuellement indispensable, il est rapide et suffisant pour obtenir un résultat esthétique (Figure 53).



Figure 53 : Caractérisation finale –D’après J.-Y Ciers (87)

Après usinage, un maquillage de la fausse gencive peut être réalisé manuellement avec de la résine composite photo-polymérisable, de manière à caractériser la PAC et faciliter ainsi son intégration esthétique (7).

Aujourd’hui, les **modèles de travail « physiques » ne sont plus indispensables pour les finitions et le réglage de l’occlusion**, amélioration considérable pour la réalisation des PAC.

Les prothèses usinées peuvent être réparées, ajustées ou rebasées à l’aide d’une résine auto-polymérisante classique. Le protocole clinique est identique à celui des prothèses réalisées de manière conventionnelle.

3.4 Contrôle qualité des produits utilisés en impression et usinage

3.4.1 Rappels sur les normes et la réglementation

Bien qu’il existe un lien fort entre les normes et la réglementation, leur application diffère : en effet, **la réglementation est l’expression d’une loi ou d’un règlement donc son application est imposée.** En revanche, les **normes revêtent un caractère volontaire**, il n’existe aucune obligation de s’y conformer. Elles traduisent l’engagement des entreprises à satisfaire un niveau de qualité et sécurité reconnu et approuvé (88). Le système français de normalisation a pour rôle d’apporter son expertise et sa connaissance sur chaque sujet afin d’élaborer ou de réviser les normes de manière pertinentes et d’assurer le bien-fondé de la norme.

À l’échelle internationale, l’Association Française de NORmalisation (AFNOR) défend les intérêts français en tant que membre des associations de normalisation européenne (Comité Européen de Normalisation CEN ou EN) et internationale (ISO). Son influence y est à la fois technique et stratégique, essentielle pour les entreprises françaises car 90% des normes appliquées en France sont d’origine internationale (89).

En effet, suivant le principe des poupées russes, une norme internationale peut être appliquée en Europe et, « par ricochet », au niveau national. Son libellé s’enrichit alors des préfixes correspondants, dans l’ordre croissant des périmètres géographiques : NF ISO, NF EN ISO.

Lorsqu'une norme ne porte que le préfixe NF, cela signifie qu'elle n'est applicable et appliquée qu'en France, et qu'elle est vendue dans la collection AFNOR (90).

3.4.2 Normes et réglementations pour les PAC

Lors de la réalisation conventionnelle des PAC, de nombreux produits irritants et allergisants sont utilisés lors des empreintes, des essayages et des rebasages. Les patients sont exposés à des risques chimiques, physiques et infectieux. Quelles sont les progrès avec l'arrivée de la chaîne numérique et quelles sont les normes appliquées aux nouveaux matériaux utilisés lors de la CFAO ?

Nous avons vu que les résines sont de meilleure qualité en termes de biocompatibilité et réduction des porosités. Les produits de rebasage restent inchangés, donc nocifs tant pour le manipulateur que le patient.

Les **résines employées en CFAO** répondent aux **mêmes critères que celles utilisées en technique traditionnelle** :

- Apparence avant maquillage suffisamment proche des tissus muqueux naturels
- Biocompatibilité : inodores, non irritantes, non toxiques pour les muqueuses
- Insensibles aux attaques chimiques de la cavité buccale (aliments, salive)
- Facilement réparables
- Propriétés physiques de résistance aux contraintes occlusales, de résistance à la flexion et de stabilité dimensionnelle satisfaisantes.

Dans un contexte réglementaire en évolution, les **normes de la série NF EN ISO 10993 sont les référentiels en vigueur pour l'évaluation biologique des dispositifs médicaux et la biocompatibilité des matériaux**. Leur but est la protection des êtres humains. Elles correspondent aux tests de biocompatibilité que doivent passer avec succès les résines (cytotoxicité, génotoxicité, irritation, sensibilisation et toxicité aiguë).

- **Les dents du commerce**

Dispositifs médicaux, elles portent la norme de Classe II A.

- **Les résines usinées**

L'usinage ne modifie pas les propriétés des matériaux : si le disque est biocompatible, fabriqué en conditions industrielles, et porte la norme ISO convenable, la traçabilité pour le prothésiste est assurée.

- **Les résines imprimées**

Si la PAC est fabriquée par une machine qui implique des changements de température, de pression, comment garantir le niveau de biocompatibilité ? Les documents de traçabilité au niveau juridique et administratif sont plus difficiles à obtenir.

Aux Etats-Unis, en juillet 2016, la Food and Drug Administration (FDA) autorise la mise sur le marché de la résine imprimé développée par la société américaine DentCa puis la E-denture (résine

imprimée provisoire long-terme (77)). C'est une résine photosensible imprimable par stéréolithographie.

En Europe, sous la norme CE, on peut utiliser Next Dent CetB, certifié matériau de classe II A, matériau à court terme en Europe.

La **norme ISO 20795-1** (classification des polymères et copolymères pour base de prothèses dentaires), autorise le matériau à être contact avec l'intérieur de la bouche pour une durée supérieure à trente jours. En effet, certaines résines n'ont pas l'autorisation d'offrir la possibilité de prothèse « définitive » car tous les tests n'ont pas été réalisés. L'enjeu financier des essais pré-cliniques est en autres, responsable.

En France, les normes concernent aussi les **procédés de fabrication des dispositifs médicaux**. Par exemple, **XP E67-305** en mars 2019 est un document de norme française qui précise les particularités liées à la fabrication additive sur toute la chaîne de fabrication des dispositifs médicaux, depuis la matière première jusqu'à la pièce finie. En ce qui concerne la pièce finie, il concerne les essais mécaniques, chimiques et de biocompatibilité et renvoie aux normes existantes.

3.4.3 Contrôle qualité des PAC au laboratoire

En odontologie, le laboratoire s'engage sur la qualité de sa production. Les prothèses dentaires sont des dispositifs médicaux destinés à être placés en bouche pour une durée temporaire ou définitive. Ainsi, une réglementation existe afin de certifier la non-toxicité des matériaux utilisés. En France, les prothésistes dentaires sont déclarés auprès de l'Agence Nationale de Sécurité et des produits de santé (ANSM) en tant que « fabricant de dispositifs médicaux sur mesure ».

Actuellement, avec l'essor de la chaîne numérique, les laboratoires sous-traitent parfois les commandes : en effet, en raison de l'investissement nécessaire pour les machines d'usinage et afin d'optimiser la qualité, ils ne réalisent que la partie CAO puis envoient les fichiers à un centre de production spécialisé dans la fabrication (usinage de nombreuses pièces en 3D mais pas de spécialisation dentaire).

En France, les matières premières sont systématiquement marquées CE au titre de la directive 93/42/CEE. En fonction du travail demandé par le chirurgien-dentiste, le prothésiste choisit parmi ces matériaux disponibles. Ce-dernier établit la **traçabilité** des matières premières et établit pour chaque patient une **déclaration de conformité** à la directive 93/42/CEE qu'il remet au chirurgien-dentiste à chaque envoi de prothèse. De son côté, il conserve aussi un exemplaire de cette déclaration de conformité dans son dossier « patient ». En cas d'incidents graves ou de risques d'incidents, le prothésiste fait une **déclaration de matériovigilance**.

Enfin les prothésistes s'engagent à respecter les réglementations sociales, les principes d'hygiène et de sécurité, ainsi que le code de santé publique concernant l'exercice de leurs activités.

Le chirurgien-dentiste peut demander que la conformité du laboratoire soit attestée par un organisme compétent qui se charge de vérifier que les produits ou les services répondent aux exigences de la norme (91). Des **inspections** sont donc réalisées **chez les prothésistes** en France et chez leurs sous-traitants à l'international. Par exemple, en 2010-2011, les services d'inspection des

dispositifs médicaux de l'AFSSAPS (maintenant ANSM) ont mené une campagne d'inspections de prothésistes dentaires : le panel des établissements couvrait la variabilité des établissements de la profession, tant en termes d'effectif que de chiffre d'affaires. Cette campagne n'a pas mis en évidence de risques de sécurité sanitaire. Cependant, elle a permis de constater que les professionnels n'étaient pas toujours informés et conscients de leurs obligations en matière de gestion documentaire, de traçabilité et de respect des exigences réglementaires. Les prothésistes ont donc notamment été sensibilisés sur l'importance de :

- Procéder à la revue complète de la conformité des prothèses aux exigences essentielles de la Directive 93/42/CEE.
- Disposer des certificats CE à jour pour les matières premières marquées CE au titre de la directive 93/42/CEE applicable aux dispositifs médicaux.
- Formaliser les spécifications des matières premières, les protocoles de fabrication et les contrôles à réaliser sur les prothèses, notamment et le cas échéant, dans des contrats établis avec des sous-traitants.
- Procéder à des audits documentés de leurs sous-traitants, lorsque ce type de prestation est employé.

C'est le responsable qualité des laboratoires qui s'assure que tout est en ordre. Par exemple, « IvoBase CAD, pour les bases prothétiques » porte l'étiquette « Résine de base résistante aux impacts, conforme aux exigences de la norme ISO 20795-1 :2013 ».

Il existe une **Fiche de Données de Sécurité** (FDS) pour chaque matériau qui est vérifiée et validée par le responsable qualité des laboratoires.

3.5 Respect des données issues de la chaîne numérique

Dans un environnement numérique mondialisé, avec un accroissement des menaces de violation ou d'utilisation non consentie d'informations confidentielles, la **protection des données numériques est primordiale pour le respect du secret médical**. La conservation de l'intégralité des données du patient issues de la chaîne numérique doit être surveillée.

De **nombreuses règles** telles que des textes généraux et spécifiques aux données à caractère personnel, lois informatiques et libertés, règlement européen sur la protection des données personnelles (RGPD), ou encore les règles relatives au secret professionnel et au respect de la vie privée qui encadrent les exceptions d'échange et/ou de partage **protègent la confidentialité des informations médicales à caractère personnel**. Toutes ces règles instaurent un principe général d'interdiction de collecte et de traitement des données à caractère personnel, avec des dérogations: consentement de la personne, sauvegarde de la vie humaine, médecine préventive, diagnostics médicaux, administration de soins, recherche et intérêt public.

Le RGPD définit les données de santé comme « des données à caractère personnel relatives à la santé physique ou mentale d'une personne physique, y compris la prestation de services de soins de santé, qui révèlent des informations sur l'état de santé de cette personne ». Tout chirurgien-dentiste doit respecter les principes de protection des données de santé. Il limite la conservation

des données et les sécurise afin de respecter les droits des patients. Par exemple, lors de la réalisation d'une PAC, **le montage envoyé pour validation du laboratoire au chirurgien-dentiste transite par flux sécurisé directement sur la plateforme du logiciel utilisé** (62). Mais toutes les informations du patient sont concernées, des données administratives aux données médicales (69).

Avec le RGPD, les procédures internes au cabinet dentaire ont dû être mises en place (92). Il renforce les obligations des dentistes et des prothésistes pour une protection optimale des données des patients et oblige praticien ou prothésiste à pouvoir démontrer leur conformité concernant les données personnelles des patients. Le RGPD précise également les contrôles et les sanctions.

Conclusion

L'utilisation de la chaîne numérique par le chirurgien-dentiste et le prothésiste révolutionne la dentisterie et la réalisation de PAC et PAC immédiates. La stimulation de l'intérêt dans la recherche a permis une réelle avancée technique de la CFAO : augmentation des connaissances et donc élargissement des perspectives. Bien que le coût de ces technologies soit encore un frein à leur développement, l'utilisation de la chaîne numérique est aujourd'hui incontournable pour la réalisation de prothèses amovibles complètes, immédiates ou d'usage. La précision des empreintes optique permet désormais de les associer à un scanner facial ou de les intégrer dans un protocole de design du sourire. De nombreux cas sont décrits pour de larges réhabilitations esthétiques (2).

Les prothèses amovibles complètes immédiates réalisées grâce à la chaîne numérique constituent une avancée très utile pour le praticien, le patient et le laboratoire. De plus en plus d'études bibliographiques démontrent l'efficacité, la rapidité et la qualité de réalisation de PAC immédiates via l'utilisation de caméra optique associée à la CFAO. On assiste à la « mise en péril » du travail artisanal du prothésiste dentaire, mais au développement de ses talents informatiques. Avec les avancées technologiques, on peut aujourd'hui recréer les dynamiques mandibulaires de chaque patient : fini la mécanique des articulateurs et les valeurs standards. Les logiciels utilisent l'anatomie des patients pour régler leur occlusion. Bien que l'enregistrement de la relation centrée soit toujours difficile, les réglages permettant d'obtenir l'équilibration bilatéralement équilibrée sont automatisés. La dentisterie de pointe voit le jour avec les maîtres-mots : finesse, précision, qualité, adaptation, individualisation, personnalisation.

La dentisterie reste en quête de progrès et de nouvelles technologies afin de gagner du temps et de la précision : on cherche l'augmentation de la précision des outils numériques, la puissance des logiciels et l'amélioration des procédés pour continuer à augmenter la qualité des prothèses tant sur le plan de la conception que celui de la fabrication. Les dérives gain de temps / qualité sont surveillées.

Les clés du succès thérapeutique restent la qualité de l'examen clinique puis radiologique, et le respect des principes biologiques, esthétiques et fonctionnels de la PAC. L'expérience clinique du praticien et la résilience des patients sont des paramètres influençant la réussite du traitement. Seule une personne peut fournir des qualités indispensables telles que l'empathie et la confiance lors de la communication avec le patient. À la fin de la procédure réalisée avec l'empreinte optique et la CFAO, le traitement se termine sur le patient et la restauration est insérée en bouche manuellement par le praticien. N'oublions pas que la qualité du soin passera essentiellement par une communication réussie avec notre patient.

Table des illustrations

Figure 1 : La chaîne numérique	2
Figure 2 : La CFAO indirecte, semi-directe et directe	2
Figure 3 : Différentes caméras intra-buccales sur le marché - D'après lefildentaire.com (3)	3
Figure 4 : (a) Mise en articulateur virtuelle de modèles (b) Montage des dents maxillaires obtenu par CAO (c) Vue du logiciel de CAO de la mise en articulateur virtuelle du montage réalisé - D'après J.-H Fang et coll. (4)	4
Figure 5 : Exemple de plusieurs pièces prothétiques usinées simultanément dans un disque de PMMA – D'après dentalportal.info (5)	4
Figure 6 : Empreinte optique de deux arcades en occlusion - D'après J.-M Park (10)	6
Figure 7 : (a) Situation initiale (b) Filtre se décalant de droite à gauche et laissant suggérer une (c) Proposition de traitement 1 (d) Proposition de traitement 2 – D'après réalité-virtuelle.com (17) ..	8
Figure 8 : Empreinte optique d'un palais – D'après J.-H Fang (4)	9
Figure 9 : Doigts tractant la joue pour enregistrer la profondeur du vestibule – D'après B. Goodacre (20)	11
Figure 10 : Vue médiale de la mandibule avec la région mylo-hyoïdienne et rétro-mylohyoïdienne	11
Figure 11 : (a) Lignes irrégulières avec mélange « pâte indicative de pression » et « ciment d'oxyde de zinc-eugérol » (b) Utilisation du maximum de mélange « pâte indicative de pression » et « ciment d'oxyde de zinc-eugérol » (c) Points de composite flow et glue (d) Marqueurs adhésifs radio-opaques – D'après J.-H Lee (a), J.-H Fang (c) et B. Goodacre (b,d) (24–26)	12
Figure 12 : Schéma de scannage du maxillaire – D'après B. Goodacre (20)	13
Figure 13 : Schéma de scannage de la mandibule - D'après B. Goodacre (20)	13
Figure 14 : Exemple de montage réalisé par le laboratoire et envoyé au praticien – D'après L. Lo Russo (27)	14
Figure 15 : Vue du logiciel avec (a) les arcades et le scan facial (b) l'articulateur virtuel en place pour le montage des dents (c) la superposition du scan facial avec le montage virtuel – D'après L. Lo Russo et coll. (28)	15
Figure 16 : (a) Exemples de situations cliniques (b) radiologiques initiales pouvant conduire à une PAC immédiate – D'après B. Hassan (a) (34), C. Millet (b) (7)	19
Figure 17 : Deux dernières canines mandibulaire sur une arcade – D'après K. Sikkou (33)	19
Figure 18 : Schéma d'une classe I de Kennedy – D'après prothèsedentaire.e-monsite.com (41) ..	21
Figure 19 : Empreinte primaire réalisé avec un PE de type Rimlock – D'après C. Rignon-Bret (40) ..	21
Figure 20 : Empreinte secondaire réalisé pour le joint périphérique postérieur et latéral avec de la pâte de Kerr, en antérieur avec un matériau élastomère ; et surfaçage avec un polysulfure basse viscosité – D'après T. Van Den Berghe (42)	22
Figure 21 : Modèles maxillaire et mandibulaire montés en articulateur – D'après A. Soenen (43) ..	22
Figure 22 : Modèle mandibulaire préparé au niveau antérieur – D'après C. Rignon-Bret (40)	23
Figure 23 : Montage des dents grâce à la mise en articulateur – D'après C. Millet (48)	23
Figure 24 : Schéma montrant les principes de base de la réalité augmentée : (a) Capture de la face du patient (b) Repères virtuels placés par le logiciel sur le visage et les lèvres (c) Détection du sourire (d) Masque suggéré par le logiciel (e) Recouvrement avec le nouveau masque (f) Visualisation du projet du sourire – D'après Touati et coll. (54)	24

Figure 25 : Suppression virtuelle de dents grâce au logiciel de CAO – D’après C. Millet (7)	25
Figure 26 : Superposition des dents résiduelles (en marron) avec le montage virtuel (dents blanches) - D’après C. Millet (48)	25
Figure 27 : Superposition des dents à extraire présentes sur l'arcade et du nouveau plan d'occlusion créé par le bourrelet – D’après K.-C Oh et coll. (16)	27
Figure 28 : (a) Situation initiale (b) Extractions virtuelles et modelage des crêtes – D’après C. Millet (7)	27
Figure 29 : DVO souhaitée mais esthétique à redéfinir – D’après C. Millet (7)	28
Figure 30 : Maquettes en place, Parallélisation avec le plan de Camper – D’après L. Fajri (58)	29
Figure 31 : DVO à augmenter et esthétique à redéfinir – D’après A. Vanderzwalme-Gouvernaire (59)	29
Figure 32 : Superposition de l’empreinte optique et du scanner facial – D’après B. Hassan (34)...	30
Figure 33 : Apport du scanner facial pour la réalisation de PAC immédiate – D’après polymetric.de (60)	30
Figure 34 : Superposition d’un CBCT avec une photo permettant de voir la ligne bi-pupillaire, l'axe du nez et la qualité des tissus mous de la face - D’après B.-T Haris (63)	31
Figure 35 : Vue du logiciel de CAO simulant le positionnement des implants en fonction de la PAC immédiate - D’après B.-T Haris (63)	32
Figure 36 : Photo d’un guide chirurgical – D’après R. Viscardi (65)	32
Figure 37 : Situation clinique post-extractionnelle – D’après C. Millet (7)	33
Figure 38 : Insertion immédiate des prothèses après extractions – D’après C. Millet (7).....	33
Figure 39 : PAC immédiate maxillaire avec plan d'occlusion à modifier complètement – D’après thedentalist.fr (66)	34
Figure 40 : Empreinte optique de la RMM (avec Aluwax) d'une PAC immédiate rebasée en vue de réaliser une PAC d'usage – D’après C. Millet (67)	35
Figure 41 : Fraise usinant dans un disque – D’après art-dentaire.fr (72)	40
Figure 42 : Disques pré-polymérisés de taille standard pour la FAO dentaire – D’après art-dentaire.fr (72)	41
Figure 43 : Schéma de fonctionnement d'une imprimante 3D – D’après sla99.fr (76)	42
Figure 44 : (a) Base et (b) Arcade dentaire imprimées – D’après W.-S Lin (77).....	43
Figure 45 : Test mécanique : Résistance à la flexion du PMMA conventionnellement utilisé (en noir) et imprimé (en gris). $P < 0.5$ – D’après M. Nagrath (79).....	43
Figure 46 : Maquettes d'essayage imprimées AvaDent WTI – D’après AvaDent.com (82)	45
Figure 47 : PAC immédiate imprimée, collets incisifs très transparents – Courtoisie de C. Jurado (57)	46
Figure 48 : (a) Base mandibulaire et (b) Arcade dentaire usinée dans un disque de PMMA – D’après C. Millet (84).....	46
Figure 49 : Disque bicolore – D’après ivoclarvivadent.com (85).....	47
Figure 50 : CAO du guide de positionnement des dents - D’après C. Millet (84)	48
Figure 51 : Collage dent par dent au moyen du guide de positionnement et retrait des excédents – D’après C. Millet (86).....	48
Figure 52 : Collage de l'arcade complète usinée – D’après C. Millet (48).....	49
Figure 53 : Caractérisation finale –D’après J.-Y Ciers (87)	50

Bibliographie

1. Cheikh Y, Kaoun K, Bellemkhannate S. Rôle de la prothèse amovible partielle immédiate dans la restauration du sourire. *Stratégie Prothétique*. 2016;16(1):17-24.
2. Virard F, Venet L, Richert R, Pfeffer D, Viguié G, Bienfait A, et al. Manufacturing of an immediate removable partial denture with an intraoral scanner and CAD-CAM technology: a case report. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):120.
3. Casas T. Banc d'essai 2019 7 scanners intra-oraux [Internet]. 2019. [cité le 11 mai 2020]. Disponible sur : <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/banc-d-essais-2019-7-scanners-intra-oraux/>
4. Fang J-H, An X, Jeong S-M, Choi B-H. Development of complete dentures based on digital intraoral impressions-Case report. *J Prosthodont Res*. 2018;62(1):116-20.
5. Vhfdentalportal. Connaissances dentaires de base [Internet]. 2020. [11 mai 2020]. Disponible sur : https://www.dentalportal.info/fr-fr/Global_Dental/Technology/GLB_DEN_TEC_Basic-knowledge.htm
6. Daas M, Dada K. Un nouveau défi pour l'édenté complet [Internet]. *Le Fil Dentaire*. 2016 [cité 9 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.lefildentaire.com/interviews/edito/un-nouveau-defi-pour-l-edente-complet/>
7. Millet C, Virard F, Lienhart G, Ducret M. Digital prosthodontic management of a young patient with Papillon-Lefèvre syndrome: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2020;123(4):548-552.
8. Felton D, Cooper L, Duqum I, Minsley G, Guckes A, Haug S, et al. Evidence-based guidelines for the care and maintenance of complete dentures: a publication of the American College of Prosthodontists. *J Prosthodont*. 2011;20 Suppl 1:S1-12.
9. O.Hüe, M-V.Berteretche. Prothèse complète : réalité clinique solutions thérapeutiques. Paris : Quintessence international ; 2003, 292p.
10. Park JM, Oh KC, Shim JS. Integration of intraoral digital scans with a 3D facial scan for anterior tooth rehabilitation. *J Prosthet Dent*. 2019;121(3):394-397.
11. Kamimura E, Tanaka S, Takaba M, Tachi K, Baba K. In vivo evaluation of inter-operator reproducibility of digital dental and conventional impression techniques. *PLoS One*. 2017;12(6):12.
12. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, Müller F, Srinivasan M. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent*. 2019;121(4):637-43.
13. CNIFPD, UNPPD. Guide de la CFAO dentaire [Internet]. 2009. [cité 9 avr 2020]. Disponible sur : <http://www.cnifpd.fr/guidecfao/>
14. Baixe S, Olivier E, Kress P, Taddei C. Apport de la CFAO en prothèse amovible partielle. *Cah Prothèse*. 2010;152:43-59.

15. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*. 2014;14(1):10.
16. Oh KC, Kim J, Moon HS. Two-visit placement of immediate dentures with the aid of digital technologies. *J Am Dent Assoc*. 2019;150(7):618-23.
17. Labbe P. Kapanu : miroir en réalité augmentée pour la reconstruction dentaire [Internet]. 2017. [cité le 11 mai 2020]. Disponible sur : <https://www.realite-virtuelle.com/kapanu-miroir-realite-ar-dentiste-0809/>
18. Srinivasan M, Kalberer N, Naharro M, Marchand L, Lee H, Müller F. CAD-CAM milled dentures: The Geneva protocols for digital dentures. *J Prosthet Dent*. 2020;123(1):27-37.
19. Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, Meer WJ van der, Ren Y. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;150(2):261-7.
20. Goodacre B, Goodacre C, Baba N. Using Intraoral Scanning to Capture Complete Denture Impressions, Tooth Positions, and Centric Relation Records. *Int J Prosthodont*. 2018;31:377-81.
21. Unkovskiy A, Wahl E, Zander AT, Huettig F, Spintzyk S. Intraoral scanning to fabricate complete dentures with functional borders: a proof-of-concept case report. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):46.
22. Fang Y, Fang J-H, Jeong S-M, Choi B-H. A Technique for Digital Impression and Bite Registration for a Single Edentulous Arch. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont*. 2019;28(2):519-23.
23. Kim J-E, Amelya A, Shin Y, Shim J-S. Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark. *J Prosthet Dent*. 2017;117(6):755-61.
24. Lee J-H. Improved digital impressions of edentulous areas. *J Prosthet Dent*. 2017;117(3):448-9.
25. Fang J-H, An X, Jeong S-M, Choi B-H. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *J Prosthet Dent*. 2018;119(5):733-5.
26. Goodacre B, Goodacre C. Using Intraoral Scanning to Fabricate Complete Dentures: First Experiences. *Int J Prosthodont*. 2018;31(2):166-70.
27. Lo Russo L, Salamini A. Removable complete digital dentures: A workflow that integrates open technologies. *J Prosthet Dent*. 2018;119(5):727-32.
28. Lo Russo L, Salamini A, Troiano G, Guida L. Digital dentures: A protocol based on intraoral scans. *J Prosthet Dent*. 2020; Apr 21. pii: S0022-3913(20)30139-6. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.02.006
29. Carlsson GE, Örtorp A, Omar R. What is the evidence base for the efficacies of different complete denture impression procedures? A critical review. *J Dent*. 2013;41(1):17-23.
30. Lo Russo L, Ciavarella D, Salamini A, Guida L. Alignment of intraoral scans and registration of maxillo-mandibular relationships for the edentulous maxillary arch. *J Prosthet Dent*. 2019;121(5):737-40.

31. Schweiger J, Güth J-F, Edelhoff D, Stumbaum J. Virtual evaluation for CAD-CAM-fabricated complete dentures. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):28-33.
32. AlHelal A, Goodacre BJ, Kattadiyil MT, Swamidass R. Errors associated with digital preview of computer-engineered complete dentures and guidelines for reducing them: A technique article. *J Prosthet Dent.* 2018;119(1):17-25.
33. Sikkou K, Abdelkoui A, Merzouk N, Berrada S. Prévenir la résorption osseuse pour une meilleure intégration des réhabilitations prothétiques amovibles complètes. *Actual Odonto-Stomatol.* 2016;(280):1-11.
34. Hassan B, Greven M, Wismeijer D. Integrating 3D facial scanning in a digital workflow to CAD/CAM design and fabricate complete dentures for immediate total mouth rehabilitation. *J Adv Prosthodont.* 2017;9(5):381-6.
35. Mendez J. Importance du facteur psychique en prothèse complète. *Inf Dent.* 2000;15:1091-1096.
36. Braud A, Hüe O, Berteretche M-V. Doléances en prothèse complète. *EMC - Médecine buccale.* 2008;3(1):1-8.
37. Pompignoli M. Doléances de l'édenté total appareillé. *Réalités Cliniques.* 1997;8(4):461.
38. Jouveneaux C, Montal S, Bousquet P, Gonin P, Broussal J.-M. Passage de l'édentement partiel à l'édentement complet : traitement chirurgical et prothétique. *Cah Prothèse.* 2004;(127):9-15.
39. Guessous Doss F, Fajri L, Merzouk N. Réhabilitation esthétique et fonctionnelle par PACIU dans un cas de classe II squelettique. *Actual Odonto-Stomatol.* 2016;(280):1-9.
40. Rignon-Bret C. La prothèse complète immédiate : données actuelles. *Stratégie Prothétique.* 2016;16(4):303-15.
41. La prothèse dentaire. Classe d'édentement de KENNEDY et classification APPLÉGATE. Disponible sur : <http://prothesedentaire.e-monsite.com/pages/classe-d-edentement-de-kennedy-et-classification-applegate.html>
42. Van Den Berghe T. Réalisation d'une prothèse amovible complète immédiate : l'apport du support vidéo comme outil pédagogique [thèse]. Nice : Université Nice-Sophia Antipolis;2018. 62.
43. A. Soenen. Traitement d'un édentement bimaxillaire de classe I de Kennedy par prothèse composite : démarche thérapeutique. *Cah Prothèse* 2009 ;147:11-22.
44. Berteretche MV, Pennequin G. Prothèse immédiate : esthétique et montage antérieur. *Revue d'odonto-stomatologie.* 1999;28(2):105-11.
45. Rignon-Bret JM., Martineau C. Prothèse complète immédiate. La rectification du modèle, l'étape chirurgicale et la pose de la prothèse. *Inf Dent.* 1990;72(7):489-97.
46. Fabris M, Millet C. *La Prothèse Complète Immédiate d'usage* (ISBN-10: 6131550522). Éditions Universitaires Européennes, novembre 2010.

47. Viennot S, Moyencourt C, Millet C, Buch D. Réhabilitation esthétique et fonctionnelle par prothèse complète immédiate: étapes cliniques. *Cah Prothèse*. 2004; (126):9-18.
48. Millet C, Virard F, Lhienhart G, Ducret M. Prothèse amovible complète immédiate et flux numérique : à propos de deux cas cliniques. *Inf Dent*. 2019;39:20-28.
49. Fang J-H, An X, Jeong S-M, Choi B-H. Digital immediate denture: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2018;119(5):698-701.
50. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl P-A. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig*. 2018;22(8):2829-35.
51. Neumeier TT, Neumeier H. Digital immediate dentures treatment: A clinical report of two patients. *J Prosthet Dent*. 2016;116(3):314-9.
52. Shor A, Shor K, Goto Y. Rehabilitation of failing dentition with immediate denture prostheses: technique for a predictable esthetic and functional outcome. *Compend Contin Educ Dent*. 2006;27(3):168-76.
53. Buchard P. La prothèse complète immédiate: introduction. *Cah Prothèse*. 1978;6(24):37-40.
54. Touati R, Richert R, Millet C, Farges J-C, Sailer I, Ducret M. Comparison of Two Innovative Strategies Using Augmented Reality for Communication in Aesthetic Dentistry: A Pilot Study. *J Healthc Eng*. 2019; 2019: 7019046.
55. Equipe IVB, Mörzinger R. Comment la réalité augmentée facilite le traitement dentaire [Internet]. 2017 [cité 18 avr 2020]. Disponible sur : <https://blog.ivoclarvivadent.com/dentist/fr/comment-la-réalité-augmentée-facilite-le-traitement-dentaire>
56. Kleinfinger S, Lejoyeux J. Resorption of edentulous ridges. A clinical entity. *Actual Odontostomatol*. 1981;35(135):403-29.
57. Jurado C, Tsujimoto A, Alhotan A, Villalobos-Tinoco J, AlShabib A. Digitally Fabricated Immediate Complete Dentures: Case Reports of Milled and Printed Dentures. *Int J Prosthodont*. 2020;33(2):232-41.
58. Fajri L, Abdelkoui A, Abdedine A. Approche esthétique en prothèse amovible complète. *Actual Odonto-Stomatol*. 2013;(266):16-26.
59. Vanderzwalme-Gouvernaire A. Les altérations héréditaires de la dentine: si on faisait le point. *Rev Odont Stomat*. 2016;45:171-179.
60. Polymetric GmbH. PolymetricBroschuere2014dt.pdf [Internet]. [cité 11 mai 2020]. Disponible sur: https://www.polymetric.de/fileadmin/content_images/handouts/PolymetricBroschuere2014dt.pdf.
61. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2003;18(4):571-7.

62. Oh J-H, An X, Jeong S-M, Choi B-H. A digital technique for fabricating an interim implant-supported fixed prosthesis immediately after implant placement in patients with complete edentulism. *J Prosthet Dent.* 2019;121(1):26-31.
63. Harris BT, Montero D, Grant GT, Morton D, Llop DR, Lin W-S. Creation of a 3-dimensional virtual dental patient for computer-guided surgery and CAD-CAM interim complete removable and fixed dental prostheses: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2017;117(2):197-204.
64. Scherer U, Stoetzer M, Ruecker M, Gellrich N-C, von See C. Template-guided vs. non-guided drilling in site preparation of dental implants. *Clin Oral Investig.* 2015;19(6):1339-46.
65. Viscardi R. Apports de la robotique en chirurgie implantaire : analyse de différents systèmes et mise en œuvre clinique [thèse]. Toulouse : Université Toulouse III – Paul Sabatier ; 2018.71.
66. The Dentalist French Doctor. Comment Transférer les Données Esthétiques? [Internet]. 2014. [cité 11 mai 2020]. Disponible sur: <http://thedentalist.fr/comment-transferer-les-donnees-esthetiques/>
67. Millet C, Virard F, Dougnac-Galant T, Ducret M. CAD-CAM immediate to definitive complete denture transition: A digital dental technique. *J Prosthet Dent.* 2020; Jan 14. pii: S0022-3913(19)30705-X.
68. Clark WA, Duqum I, Kowalski BJ. The digitally replicated denture technique: A case report. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(1):20-5.
69. Mai H-N, Lee D-H. A Digital Technique to Replicate Edentulous Arches with Functional Borders and Accurate Maxillomandibular Relationship for Digital Complete Denture. *J Prosthodont.* 2020;29(4):356-359.
70. Schweiger J. Systematics and concepts for the digital production of complete dentures: risks and opportunities. *Int J Comput Dent.* 2018;21(1):41-56.
71. Kattadiyil MT, AlHelal A. An update on computer-engineered complete dentures: A systematic review on clinical outcomes. *J Prosthet Dent.* 2017;117(4):478-85.
72. Khelios. Art dentaire.fr. [Internet]. 2018. [cité 11 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.art-dentaire.fr/centre-usinage-3d/>
73. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont.* 2019;28(4):452-7.
74. Millet C, Rubière R. CFAO en prothèse amovible complète. *Inf Dent* 2016;98(13):18-25.
75. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: Systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent.* 2013;109(6):361-6.
76. Aurélie. L'impression 3D : késako? [Internet]. 2018. [cité 11 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.sla99.fr/2018/02/19/limpression-3d-kesako/>

77. Lin W-S, Harris BT, Pellerito J, Morton D. Fabrication of an interim complete removable dental prosthesis with an in-office digital light processing three-dimensional printer: A proof-of-concept technique. *J Prosthet Dent.* 2018;120(3):331-4.
78. Spécifications techniques - Form Wash & Cure [Internet]. Formlabs. [cité 22 avr 2020]. Disponible sur: <https://formlabs.com/fr/wash-cure/tech-specs/>
79. Nagrath M, Sikora A, Graca J, Chinnici JL, Rahman SU, Reddy SG, et al. Functionalized prosthetic interfaces using 3D printing: Generating infection-neutralizing prosthesis in dentistry. *Mater Today Commun.* 2018;15:114-9.
80. Infante L, Yilmaz B, McGlumphy E, Finger I. Fabricating complete dentures with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent.* 2014;111(5):351-5.
81. Douglass CW, Shih A, Ostry L. Will there be a need for complete dentures in the United States in 2020? *J Prosthet Dent.* 2002;87(1):5-8.
82. AvaDent Digital Dental Solutions. Wagner EZ Guide - AvaDent Digital Dentures [Internet]. [cité 11 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.avadent.com/clinical/record-methods/wagner-ez-guide/>
83. Cha H-S, Park J-M, Kim T-H, Lee J-H. Wear resistance of 3D-printed denture tooth resin opposing zirconia and metal antagonists. *J Prosthet Dent.* 2019;S0022391318308886.
84. Millet C, Bonnet G. L'usage des bases prothétiques en prothèse amovible complète. *Réal Clin.* 2017;28(1):64-71.
85. Team IVB. Les solutions Digital Denture au cœur du salon Midwinter 2020 de Chicago [Internet]. 2020. [cité 11 mai 2020]. Disponible sur: <https://highlights.ivoclarvivadent.com/lab/fr/les-solutions-digital-denture-ivoclar-vivadent-au-coer-du-salon-midwinter-2020-de-chicago>
86. C. Millet, J.-C. Estrade, J.-Y. Ciers. Prothèse complète numérique versus conventionnelle : à propos d'un cas clinique. 2016;16(4):12.
87. Ciers JY. Prothèse totale numérique sans modèle... C'est facile et ça marche ! *Tech. Dent.* N° 349, 2016; 26-36.
88. Association française de normalisation. Quelle est la différence entre normalisation et réglementation ? [Internet]. AFNOR Normalisation. [cité 15 avr 2020]. Disponible sur: <https://normalisation.afnor.org/foire-aux-questions/difference-entre-normalisation-reglementation/>
89. Association française de normalisation. Comment est organisée la normalisation en France et dans le monde ? [Internet]. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://normalisation.afnor.org/foire-aux-questions/organisation-normalisation-france-monde/>
90. Association française de normalisation. Norme française, norme NF, quèsaco [Internet]. AFNOR Normalisation. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://normalisation.afnor.org/foire-aux-questions/norme-francaise-norme-nf-quesaco/>

91. Association française de normalisation. Comment prouver la conformité de son produit ou de son service aux normes volontaires de référence ? [Internet]. AFNOR Normalisation. [cité 18 avr 2020]. Disponible sur: <https://normalisation.afnor.org/foire-aux-questions/prouver-conformite-de-produit-de-service-aux-normes-volontaires-de-referance/>
92. Le RGPD pour les chirurgiens-dentistes [Internet]. Les CDF. [cité 4 avr 2020]. Disponible sur: <https://lescdf.fr/reglement-europeen-protection-des-donnees-personnelles-rgpd>

N° 2020 LYO 1D 023

DEMARS Jeanne - **LA CHAÎNE NUMÉRIQUE AU SERVICE DES PROTHÈSES AMOVIBLES COMPLETES IMMÉDIATES**

Résumé :

Il est désormais possible de réaliser une prothèse amovible complète immédiate par flux numérique avec succès. L'affranchissement des étapes manuelles de laboratoire de la coulée du modèle, au montage des dents, est un gain de temps précieux. La CFAO offre des qualités d'adaptation de l'intrados et une précision de l'occlusion exceptionnelle.

Les nombreux avantages liés à la prise d'empreinte optique et aux outils informatiques disponibles sur les logiciels de CAO permettent une conception plus rapide et plus précise, tout en facilitant les échanges entre le laboratoire et le chirurgien-dentiste.

Le patient, élément central de cette chaîne digitale, peut trouver une motivation supplémentaire générée par cette dynamique du numérique : rapidité des échanges, choix de la taille et de la forme de ses futures dents, prévisualisation des montages.

Enfin, en s'affranchissant de toute polymérisation, la FAO permet une précision finale sans faille. En effet, l'usinage montre d'excellents résultats et l'impression 3D, qui tend à se développer, laisse espérer de belles perspectives. Cependant, aujourd'hui, les résultats ne sont pas encore satisfaisants pour une prothèse amovible complète définitive imprimée.

Mots clés :

- Prothèse Amovible Complète Immédiate
- Empreinte optique
- Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO)

Jury :

Présidente : Madame le Professeur Catherine Millet

Assesseurs : Monsieur le Docteur Maxime Ducret

Monsieur le Docteur Arnaud Lafon

Monsieur le Docteur Benjamin Evieux

Adresse de l'auteur :

Jeanne Demars
304 rue Garibaldi
69007 Lyon