

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE SANTE

ANNEE 2022

2022 TOU3-3019

THESE

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

Présentée et soutenue publiquement

par

Antoine DICEMBRE

le 24 Février 2022

Le Duplicata en prothèse amovible complète

Directeur de thèse : Dr. Luc RAYNALDY

JURY

Président :	Professeur Frédéric VAYSSE
1 ^{er} assesseur :	Docteur Florent DESTRUHAUT
2 ^{ème} assesseur :	Docteur Antoine GALIBOURG
3 ^{ème} assesseur :	Docteur Luc RAYNALDY



Faculté de santé
ancienne Faculté
de Chirurgie Dentaire

→ DIRECTION

DOYEN

M. Philippe POMAR

ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONJOT

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

MEMBRE DU DIRECTOIRE ADMINISTRATIF DE LA FACULTE DE
SANTÉ

Mme Muriel VERDAGUER

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

→ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

M. Jean LAGARRIGUE

M. Jean-Philippe LODTER

M. Gérard PALOUDIER

M. Michel SIXOU

M. Henri SOULET

CHARGÉS DE MISSION

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)

M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

→ PERSONNEL ENSEIGNANT

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université :

Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE

Maîtres de Conférences :

Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY

Adjoints d'Enseignement :

Mme Marion GUY-VERGER, Mme Alice BROUTIN (associée)

M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE,

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences :

M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG

Mme Isabelle ARAGON, M. Vincent VIDAL-ROSSET

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

Professeurs d'Université :

M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES

Mme Géromine FOURNIER

Adjoints d'Enseignement :

Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL, Mme Carole KANJ

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

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

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL

Assistants:

Mme. Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN

Adjoints d'Enseignement :

M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE, Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT

CHIRURGIE ORALE

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

BIOLOGIE ORALE

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

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

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

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

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

PROTHÈSES

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

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

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

*Mise à jour pour le 01
février 2022*

Remerciements :

A mes parents, pour tout ce qu'ils m'ont transmis. J'ai eu la chance de grandir dans une famille riche en amour et en esprit de famille. Merci de m'avoir accompagné dans tous mes projets et poussé vers l'avant. Je suis si fier de vous avoir comme parents.

A mes deux frères, Cyprien et Raphaël, que j'aime profondément et dont je suis si fier. Merci Cyprien pour l'inspiration que tu m'as transmise et l'idée de choisir cette voie. Raphaël, tu rejoindras bientôt la confrérie des dentistes ! Je suis très fier de ton parcours et de te voir autant épanoui.

A mes grands-parents, Papiou et Mamiou, Papi et Mamivette, qui ont une place à part entière dans mon éducation et mon épanouissement. Je pense fort à vous tous les jours.

A ma compagne chérie, Inès. Tu es une personne exceptionnelle, téméraire et digne de confiance. Nous avons partagé tellement de moments merveilleux ensemble. Je suis si heureux de t'avoir à mes côtés... le monde nous appartient !

A mon merveilleux binôme de clinique Amélie avec qui j'ai traversé les joies et les chaos de notre parcours clinique. **A mes copines de cœur Claire et Alexandra**, nous aurons formé un beau quatuor. Les bb dentaires deviennent grands !

A Los Cuatros Mousquetarios, les souvenirs de notre expérience à Valencia resteront gravés dans ma mémoire. Hâte de fêter nos diplômes tous ensemble au Mya !

A toutes celles et ceux qui m'ont accompagné et faits confiance dans mes premières expériences de vie en cabinet, Guillaume, Paul, Monique, Stéphanie et Thibault.

A mon Directeur de thèse Luc, qui s'est impliqué avec beaucoup d'énergie et de rigueur dans ce travail et qui m'a permis de concevoir une thèse aboutie dont le sujet me passionne. Merci pour votre temps, votre sympathie et votre implication.

Enfin à tous mes amis qui ont toujours été à mes côtés et à ceux avec lesquels j'ai pu faire un bout de chemin. Mention spéciale au Club des gros tas qui ne m'auront pas aidé pour ma diète. **Vous m'aurez tous fait grandir.**

A notre Président de Thèse,

Monsieur le Professeur Frédéric VAYSSE :

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

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

Nous vous remercions pour votre accompagnement tout au long de notre cursus. Nous espérons que la thématique de ce travail éveillera votre attention.

Veillez trouver au travers de ce manuscrit le témoignage de notre profond respect.

A notre jury de Thèse,

Monsieur le Docteur Florent DESTRUHAUT :

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

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

Nous vous remercions pour la qualité de vos enseignements, que nous avons pu apprécier tant dans leur partie théorique que clinique.

Nous vous remercions également pour votre accessibilité et votre honnêteté tout au long de ce cursus.

Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.

A notre jury de Thèse,

Monsieur le Docteur Antoine GALIBOURG :

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Ingénieur de l'Institut Catholique des Arts et Métiers,
- Responsable du Diplôme d'Université d'Implantologie

Nous vous remercions d'avoir accepté d'intégrer ce jury pour notre thèse.

Nous sommes gratifiés de l'enseignement que vous avez partagé notamment dans le cadre clinique et des travaux pratiques.

Nous vous remercions également de nous avoir fait confiance pour intégrer l'encadrement des travaux pratiques de prothèse fixée en tant que moniteur.

Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.

A notre Directeur de Thèse,

Monsieur le Docteur Luc RAYNALDY :

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

*Nous vous sommes profondément gratifiant de nous avoir fait confiance en acceptant de
nous accompagner dans ce travail de thèse.*

Nous avons apprécié mettre en œuvre ce travail dont le sujet est passionnant et innovant.

Nous vous remercions pour votre implication, votre disponibilité, votre bienveillance.

Nous espérons de tout cœur que ce manuscrit soit à la hauteur de vos espérances.

Table des matières

Introduction	12
I. Éléments prothétiques essentiels à vérifier sur une PAC déjà existante avant de concevoir un Duplicata.....	14
1) Occlusion adaptée à la PAC	14
2) Orientation du plan d'occlusion	17
3) Esthétique	18
4) Dimension verticale d'occlusion	24
5) Exploitation correcte des surfaces d'appui.....	25
6) Coordination neuro-musculo-articulaire (21).....	26
7) Empreinte sous contrôle de l'occlusion.....	29
II. Applications cliniques des Duplicatas.....	31
1) Doublon en cas de perte ou fracture	31
2) Conservation des données d'empreinte et de volumes prothétiques (25)	32
3) Ergonomie de conception facilitée et confort du patient durant les phases de laboratoire selon les situations cliniques	32
1- Passage d'une prothèse transitoire à une prothèse d'usage	34
2- Utilisation d'une prothèse complète existante pour concevoir une nouvelle PAC	35
3- Utilisation d'une prothèse amovible partielle pour concevoir une PAC transitoire	37
4- Mise en condition tissulaire pré-prothétique	38
5- Mise en condition neuro-musculo-articulaire.....	38
6- Guide implantaire en vue d'un bridge complet implanto-porté ou d'une prothèse amovible complète supra-implantaire (PACSI)	39
III. Mise en œuvre et conception d'un Duplicata	44
1) Méthode traditionnelle de conception d'une Copy Denture.....	45
1- Modifications éventuelles de la prothèse à dupliquer	46
2- Désinfection de la prothèse à dupliquer	46

3-	Réalisation du moulage de la prothèse à dupliquer	47
4-	Conception du Duplicata	51
5-	Essayage en bouche, empreinte secondaire, rapport inter-arcade	53
6-	Coulée de modèles de travail en plâtre classe IV, montage en articulateur et conception des nouvelles bases de la PAC	54
2)	Méthode numérique de conception d'une Copy Denture	54
1-	Acquisition.....	55
A)	Caméra optique au fauteuil (« chairside »).....	56
B)	Scanner de laboratoire (dit « de table ») :.....	59
C)	Logiciels d'acquisition	61
D)	Format des fichiers d'export d'acquisition.....	64
2-	Conception Assistée par Ordinateur (CAO).....	65
3-	Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO).....	70
A)	Impression 3D d'un Duplicata.....	72
B)	Usinage d'un Duplicata	80
3)	Comparaison entre méthode traditionnelle et digitale.....	94
	Conclusion	99
	Tables des illustrations, tableaux et vidéos	101
	Liste des abréviations	108
	Références bibliographiques.....	109

Introduction

Étymologiquement, le mot « Duplicata » (« Duplicatas » au pluriel) est défini comme un second exemplaire d'une pièce ou d'un acte ayant même validité (Dictionnaire LeRobert). Ce mot provient du latin *duplicata littera* qui signifiait à l'époque « lettre redoublée ».

Dans le milieu dentaire, le terme de Duplicata (« Copy Denture » en anglais) désigne donc la « copie » d'une prothèse complète existante.

Cette prothèse peut convenir en tout point au patient et être copiée telle qu'elle, ou être une réplique sur laquelle nous allons effectuer des modifications soit directement sur celle-ci soit informatiquement.

Le Duplicata pourra être à usage permanent, temporaire ou intermédiaire (dans ce cas, il servira de support de conception d'une nouvelle prothèse).

Dans le cas d'un Duplicata d'usage permanent, les modifications doivent être mineures : si la Prothèse Amovible Complète (PAC) préexistante ne satisfait en aucun point le patient ou nos critères de conception, il faudra réaliser un protocole classique de conception de PAC. (1) Un Duplicata transitoire ou intermédiaire pourra s'avérer très utile en cas de temporisation, de mise en condition tissulaire ou de rééducation neuro-musculo-articulaire.

Au travers de ce travail bibliographique et clinique, mon travail a consisté à analyser l'ensemble des données existantes sur la conception et l'utilisation clinique d'un Duplicata. La Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur (CFAO) est une révolution technologique dans l'univers dentaire, et bien que la sphère numérique de la prothèse fixée soit aujourd'hui bien intégrée dans l'exercice clinique des chirurgiens-dentistes, le numérique en prothèse amovible (et notamment en amovible complète) doit encore être amélioré. Pourtant selon des études récentes, la population édentée ainsi que le taux de personnes âgées sont en forte augmentation partout en Europe : de plus en plus de situations cliniques vont donc nécessiter des solutions amovibles, car moins coûteuses que les solutions fixées.

Avec l'avènement des Digital Dentures (prothèse complète numérique) et à l'aide des Duplicatas, la conception d'une PAC uni- ou bi-arcade va être grandement facilitée pour l'opérateur, et le nombre de séance amoindri. C'est sans compter le confort pour le patient ainsi que la qualité des prothèses qui en seront fortement améliorés.

La modification du nombre de séance et des flux de réalisation ont donc orienté mon travail de recherche vers une compréhension plus large de la PAC et de ses principes fondamentaux appliqués aux systèmes de CFAO tout en restant centré sur la conception des Duplicatas.

Nous découvrirons dans ce mémoire à la fois les fondamentaux d'analyse d'une PAC afin de permettre une bonne conception prothétique, les différents protocoles de conception d'un Duplicata de façon traditionnelle puis numérique ainsi que la comparaison de ces deux méthodes, et pour terminer les différentes applications cliniques que nous pouvons en faire à ce jour.

I. Éléments prothétiques essentiels à vérifier sur une PAC déjà existante avant de concevoir un Duplicata

La réalisation d'un acte prothétique demande un temps intellectuel avant tout acte manuel, décomposé en 3 temps : l'acquisition d'informations, la réflexion et la réalisation. (2)

Avant de concevoir le Duplicata d'une PAC, que ce soit une copie exacte ou une réplique légèrement modifiée, il convient de vérifier la justesse de critères essentiels de bonne conception de la prothèse que l'on duplique. La modification de ces critères pourra être effectuée directement sur la PAC erronée à dupliquer, ou à l'aide d'un Duplicata monoblock imprimé de celle-ci afin de ne jamais priver le patient de prothèse durant les différentes phases de laboratoire. (1)

1) Occlusion adaptée à la PAC

Il convient avant tout travail de copie de prothèse d'obtenir une OIM (Occlusion en Intercuspitation Maximale) stable et équilibrée, correspondant à une RCMS (Relation Centrée Myo-Stabilisée). Cette position occlusale de référence doit être reproductible, enregistrable et physiologiquement acceptable. (3)

D'un point de vue myo-articulaire, l'OIM est la position occlusale statique de référence, cependant elle inclut toutes les adaptations même pathologiques du patient. (4) En cas de trouble d'articulation, d'édentements non compensés depuis longtemps ou de perte de l'occlusion, il convient d'établir une nouvelle occlusion pour le patient dans une position musculo-squelettique physiologique indépendante de l'occlusion acquise. Auparavant, la RC (Relation Centrée) était utilisée, référence purement articulaire. Aujourd'hui, nous privilégions une position thérapeutique en RCMS (situation myo-stabilisée de référence). Elle est obtenue par plusieurs méthodes guidées, dont celle de PK Thomas, permettant une coaptation condylo-disco-temporale bilatérale simultanée non forcée réitative dans un temps et une posture donnée.

Un décalage entre l'OIM et la RCMS de moins d'1mm est toléré dans le sens sagittal, mais pas en transversal. (4)

En occlusion en dehors de la mastication, le patient doit être en relation occlusale stable et intégralement équilibrée dans les positions statiques ou excentrées. Lors de la mastication, le montage correct des dents au sein de la surface d'appui permet à la résultante des forces occlusales de se situer à l'intérieur du polygone de sustentation de la prothèse. Ainsi, la prothèse est stabilisée même en interposition alimentaire uni-latérale. Cette relation permet aussi d'éviter la résorption des crêtes et l'apparition de crêtes flottantes. (5)

Avant de réaliser un duplicata, il est donc nécessaire de vérifier le bon montage des dents sur la prothèse existante selon les différents plans de la face.

1. Dans le plan frontal :

- D'un point de vue statique en position de RMC (Relation Myo-Centrée) :
 - o Montage en ad-linguam : selon Gysi, le montage des dents cuspidées mandibulaires doit être effectué en positionnant la gouttière inter-cuspidienne à l'aplomb de la ligne de crête sagittale mandibulaire. Une considération des axes inter-crêtes doit également être réalisée afin qu'ils convergent vers le haut, ces axes croisent le sillon mésio-distal des molaires maxillaires (la cuspide palatine en position limite).
 - o En normo-occlusion, dans la position statique de référence, les cuspides vestibulaires mandibulaires s'engrènent avec la fosse centrale des molaires maxillaires. Le respect d'un surplomb horizontal au niveau des dents cuspidées permet d'éviter les morsures jugales ou linguales.
 - o La courbe de compensation frontale (pendant de la courbe de Wilson chez le denté) doit artificiellement être marquée au niveau des dents cuspidées maxillaires afin de permettre, lors des mouvements excentrés, l'obtention de contacts travaillants et non travaillants équilibrants. Dans cet objectif, les cuspides vestibulo-distales des 6 et 7 maxillaires se situent au-dessus du plan d'occlusion.
- D'un point de vue dynamique :
 - o Occlusion intégralement équilibrée (de Gysi) : contacts généralisés en intercuspidation maximale et lors des mouvements de glissement à vide (diduction et propulsion).

En diduction, nous recherchons au minimum un contact du côté travaillant ainsi qu'un contact équilibrant simultané du côté non travaillant afin d'éviter la bascule des prothèses et la rupture du ménisque salivaire muco-prothétique.

2. Dans le plan sagittal :

- D'un point de vue statique en position de RMC :
 - o La courbe de compensation sagittale (pendant de la courbe de Spee chez le denté) permet d'obtenir lors de la propulsion, des contacts équilibrants postérieurs de façon simultanée et symétrique lorsque des contacts antérieurs existent. C'est dans cet objectif que les crêtes marginales distales sont plus relevées que les crêtes marginales mésiales au niveau des 6 et 7 maxillaires et mandibulaires.
- D'un point de vue dynamique :
 - o Occlusion intégralement équilibrée (de Gysi) : contacts généralisés en intercuspidation maximale et lors de mouvements de glissement à vide (diduction et propulsion). Lors des mouvements de propulsion mandibulaire, des contacts travaillants antérieurs doivent être équilibrés par des contacts simultanés bilatéraux postérieurs travaillants afin d'éviter la bascule des prothèses et la rupture du ménisque salivaire muco-prothétique.
- En PAC muco-portée, on ne recherche pas l'obtention de contacts des dents antérieures en OIM (présence d'une béance antérieure). En PACSI (Prothèse Amovible Complète Supra-Implantaire) à l'inverse, les contacts antérieurs sont recherchés.

Dans les cas d'une PAC uni-arcade, l'arcade antagoniste doit, après analyse occlusale, avoir été réhabilitée (améloplasties, extractions, orthodontie, orthopédie, prothèses...) afin d'accueillir la prothèse selon des plans sagittaux et frontaux corrects et respecter l'occlusion intégralement équilibrée. (6) En effet, ces prothèses sont en réalité complexes à concevoir et donc à dupliquer à cause de la perturbation des courbes occlusales (déséquilibres occlusaux et inter-arcades), du déséquilibre des surfaces d'appui, et de la différence de pression exercée par l'arcade dentée sur l'arcade édentée (déséquilibre somesthésique) provoquant des résorptions osseuses et l'apparition de crêtes flottantes déstabilisatrices pour la PAC. (6)(7)

Afin d'éviter les erreurs, il s'avère nécessaire de réaliser dans un premier temps un aménagement occlusal correct de l'arcade dentée, suivi d'une empreinte anatomo-fonctionnelle sous contrôle de l'occlusion pour la réhabilitation de l'arcade édentée (possibilité d'utiliser le Duplicata lors de l'empreinte).

2) Orientation du plan d'occlusion

Le Plan d'occlusion (PO) est défini selon son niveau vertical et son orientation sagittale et frontale.

Le niveau du PO (réglé via les positions verticales et vestibulo-linguales du bourrelet ou des dents) est déterminé à l'aide de critères phonétiques et esthétiques.

Son orientation est évaluée de la façon suivante :

1. Dans le plan frontal : le plan d'occlusion doit être parallèle à la ligne bi-pupillaire. (2)
Si le visage est asymétrique, il est possible d'utiliser en complément la ligne bicommissurale ainsi que la posture du patient de manière à placer le plan de symétrie du visage et du montage dans le plan vertical. (8)

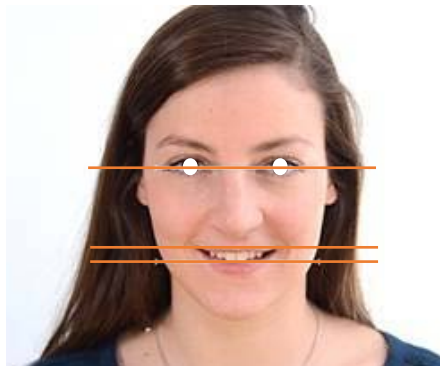


Figure 1 : parallélisme entre PO, ligne bipupillaire et commissures labiales.

2. Dans le plan sagittal : le plan d'occlusion doit être parallèle au Plan de Camper (qui est un plan osseux). Le Plan de Camper passe au niveau cutané par l'aile du nez et la partie basse du Tragus. (8) Il existe cependant des variations entre le PO et le Plan de Camper selon le type morphologique, la classe squelettique ou encore chez le patient édenté (divergence de 7° à 11°). (9)

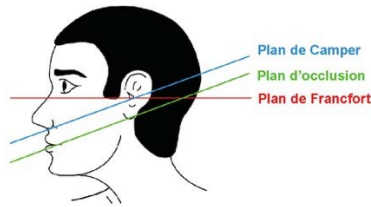


Figure 2 : parallélisme entre le PO et le Plan de Camper dans le plan sagittal.

La règle de Fox est l'outil permettant de vérifier l'orientation du PO.

En endo-buccal, le plan d'occlusion peut aussi être déterminé par le plan bissecteur des crêtes édentées. L'inclinaison de ce plan est affectée par la résorption des crêtes édentées et s'incline du côté de la crête la plus résorbée si cette résorption est asymétrique.

(5)

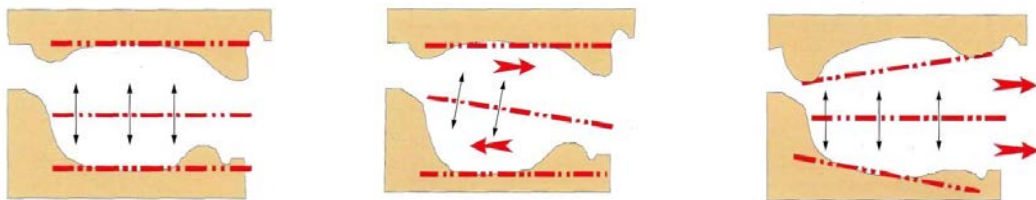


Figure 3 : corrélation entre les crêtes, le PO et les forces fonctionnelles dans la stabilité de la PAC. Parallélisme (à gauche) et divergence (au milieu et à droite).

Il faut cependant éviter de faire un ajout de résine au niveau de la crête la plus résorbée, car la force exercée sur la prothèse y sera plus importante et entrainera une résorption sur la crête antagoniste et une instabilité. Il faut alors faire un choix de compromis entre un plan d'occlusion à égale distance (horizontal) et l'esthétique. (5)

3) Esthétique

Les éléments esthétiques doivent impérativement être validés avec le patient préalablement à la réalisation d'une Copy Denture. Si la prothèse à dupliquer ne convient plus esthétiquement, il sera nécessaire de concevoir un projet prothétique qui devra être validé esthétiquement et fonctionnellement par le patient et par le praticien.

La mise en œuvre esthétique des prothèses complètes est un critère inhérent à la réussite d'un plan de traitement prothétique, bien que trop souvent négligé en pratique courante. Il est essentiel d'obtenir une harmonie dento-faciale en accord avec le visage et les souhaits du patient. (10) Il faut cependant respecter les règles de conception fonctionnelle, tout en ayant une marge de manœuvre possible. (11)

Ainsi, plusieurs paramètres esthétiques sont à considérer sur la prothèse que nous souhaitons dupliquer :

1. La symétrie du visage (harmonie de la face).
2. L'équilibre des étages faciaux (apprécié par le compas d'or par exemple).



Figure 4 : mesure de l'étage inférieur de la face au compas d'or.

3. Le soutien labial : déterminé par l'extrados de la prothèse et la situation du bloc incisivo-canin (BIC) maxillaire, la lèvre supérieure se situe légèrement en avant de la lèvre inférieure. Un mauvais soutien labial donne l'impression d'un patient édenté.

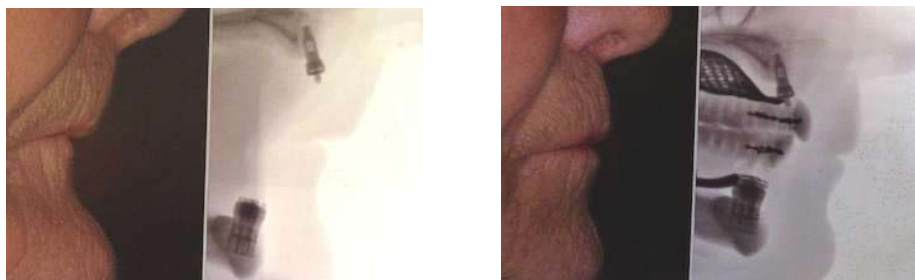


Figure 5 : le soutien labial chez un édenté total (à gauche) et avec une réhabilitation prothétique complète (à droite).

4. Le sourire :

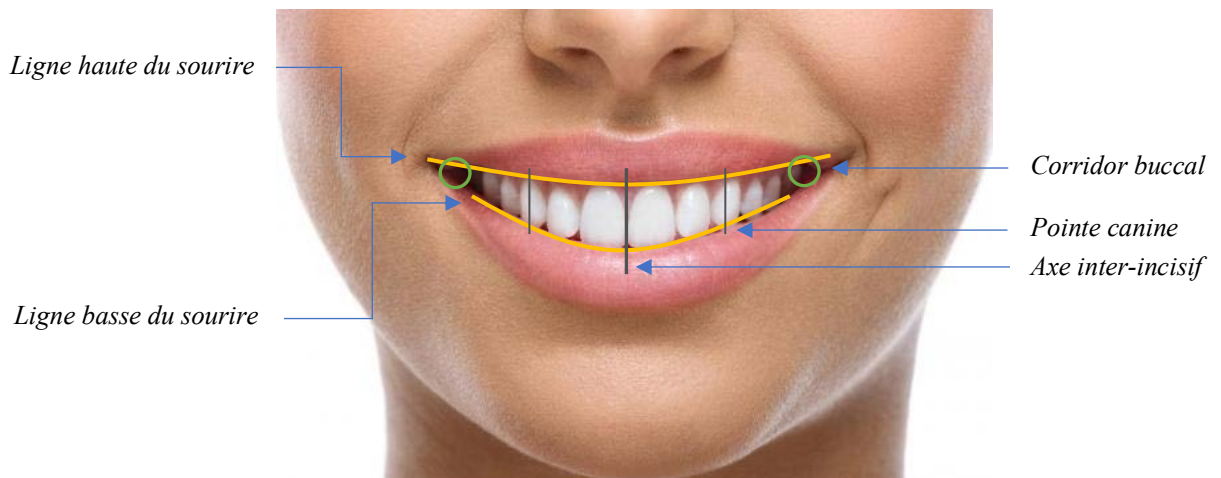


Figure 6 : détermination des éléments esthétiques du sourire.

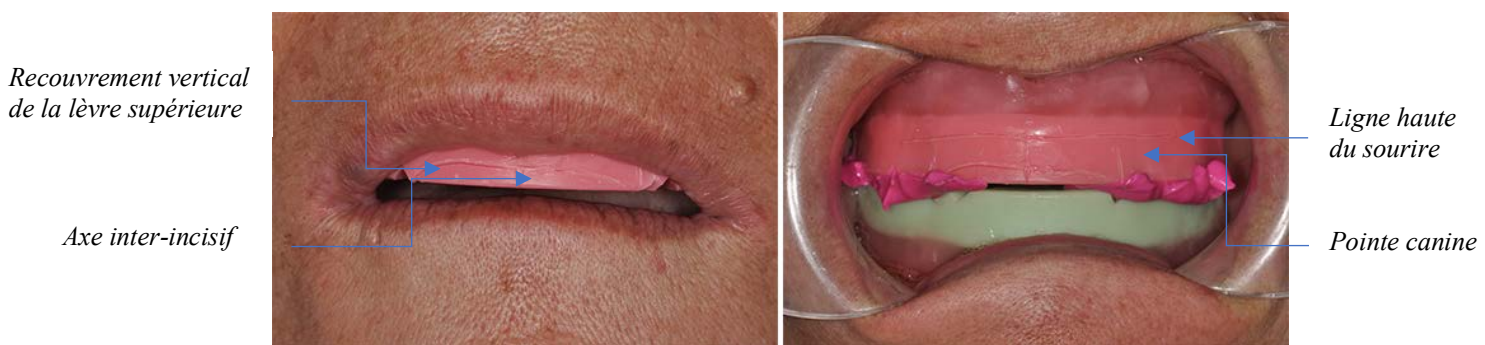


Figure 7 : détermination des éléments esthétiques du sourire sur le bourrelet supérieur d'une maquette d'occlusion.

- Ligne haute du sourire : la lèvre supérieure se superpose à la gencive marginale du BIC maxillaire.
- Ligne basse du sourire : les bords libres du BIC maxillaire doivent suivre la courbe de la lèvre inférieure.

Elles sont à modeler en fonction de l'âge, l'ethnie et les exigences du patient ainsi que de l'anatomie des lèvres. (10) Il existe trois typologies de lignes du sourire : haute, moyenne, basse.

- Corridor buccal : c'est l'espace latéral négatif noir entre la surface vestibulaire des dents postérieures et la commissure labiale lorsque le patient sourit. Il est déterminé par la position et l'inclinaison des dents, notamment à partir des canines.

- L'alignement des collets : c'est un critère essentiel à l'esthétique, tout comme la qualité des détails de la gencive (des sulcus marqués par exemple). Cependant, ce rendu varie en fonction de la méthode de conception utilisée ; traditionnelle, usinée ou imprimée. Il peut être retravaillé par le prothésiste en second temps via un maquillage de l'extrados prothétique (dents et fausse gencive). (12)
5. La position du point inter-incisif et des pointes canines :
- Le point inter-incisif est situé dans un axe perpendiculaire à la ligne bipupillaire, aligné avec une ligne bissectrice perpendiculaire à l'espace inter-cantal, dans le plan sagittal médian du visage.
 - Les pointes canines se situent dans une zone entre l'alignement de la pupille et l'alignement de l'aile du nez, axes perpendiculaires à la ligne bipupillaire.
6. Le parallélisme du plan d'occlusion, des ligne bipupillaires (plan frontal), et des commissures labiales élevées à la même hauteur des deux côtés de la bouche. (13)

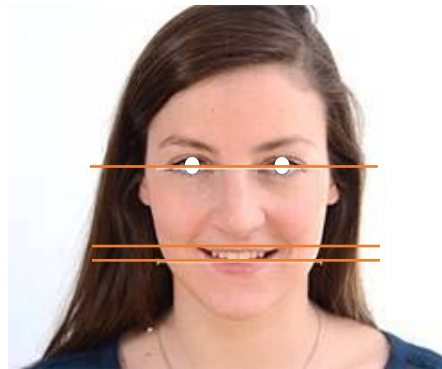


Figure 8 : parallélisme entre PO, ligne bipupillaire et commissures labiales.

7. En PAC, selon des critères esthétiques moyens retenus comme une référence, les incisives centrales doivent dépasser au repos la lèvre supérieure de 2mm chez le patient jeune, et de 1 à 0,5mm chez le sujet âgé. Cette mesure dépend aussi de la typologie faciale ainsi que la longueur et la tonicité des lèvres.

Recouvrement vertical de la lèvre supérieure : dépassement de 0,5 à 2mm



Figure 9 : recouvrement vertical de la lèvre supérieure.

8. Choix des dents dans leur taille :

L'incisive centrale est plus volumineuse que la Canine, elle-même plus volumineuse que l'Incisive latérale (classification de Yanamoto). (13)

Également, la largeur du nez est égale à quatre fois la largeur de l'incisive centrale, cette dernière étant égale à la largeur de l'incisive latérale additionnée à la moitié de la largeur de la canine (indice de Lee). (14)

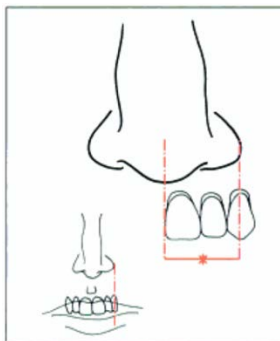


Figure 10 : indice de Lee.

La taille des dents doit-être en accord avec la largeur de la face pour respecter le corridor buccal. Il faut choisir la largeur et la hauteur. (10)(5)

9. Choix des dents dans leur forme :

Chez l'homme, nous rechercherons une forme plutôt carrée, vigoureuse, et un alignement rectiligne des bords incisifs. Chez la femme, une forme ronde et lisse. Ce sont des critères à adapter en fonction de l'âge, du caractère et du souhait du patient. (11)

Par ailleurs des formes atypiques peuvent être choisies, des diastèmes peuvent être créés afin de caractériser le montage de dents et de personnaliser le sourire.

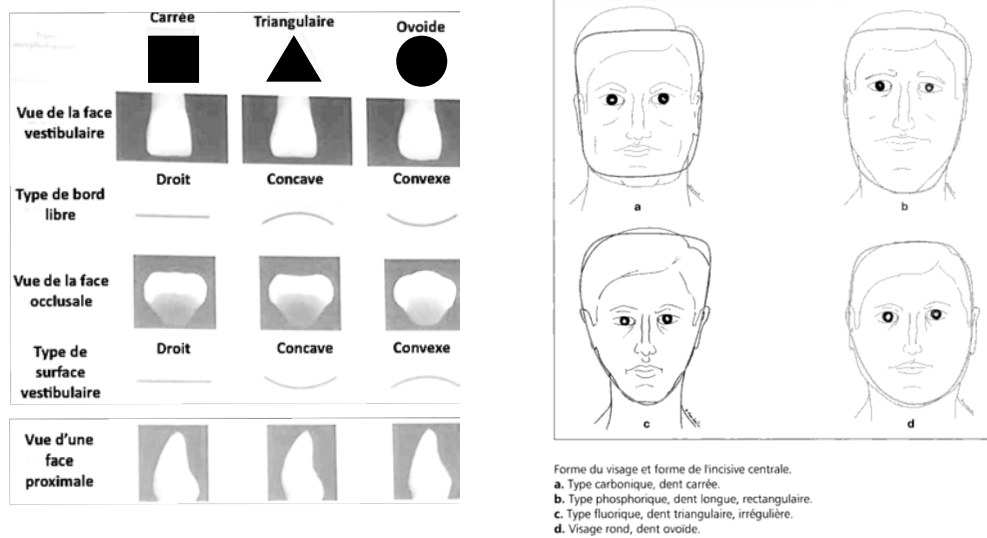


Figure 11 : différence de forme des incisives centrales maxillaires sous plusieurs angles de vue (à gauche) et corrélation entre celles-ci et la forme du visage (à droite).

10. Choix des dents selon le matériau : résine, résine renforcée par composite nano-hybride ou porcelaine. (5)

11. Choix des dents dans leur teinte et l'usure : la teinte d'une dent varie tout au long de la vie. D'un ordre général, on peut considérer une teinte enfant, adulte et adulte mûr.

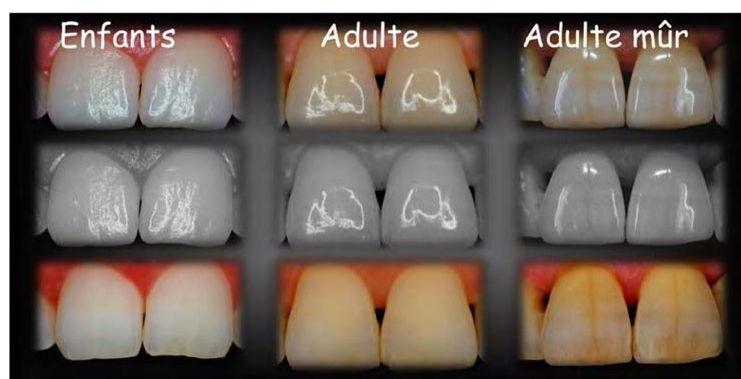


Figure 12 : différences de teintes et d'usure en fonction de l'âge.

Du point de vue du patient, la restauration de l'esthétique est un des motifs les plus cités pour le remplacement des dents manquantes chez un édenté complet (selon le test d'évaluation de l'impact émotionnel et psychosocial de l'apparence dentofaciale PIDAQ) (15). Une attention toute particulière doit donc être portée par le praticien aux attentes du patient avant de réaliser la copie de la prothèse existante afin de modifier les critères esthétiques de façon favorable aux attentes du patient.

4) Dimension verticale d'occlusion

La DVO (Dimension Verticale d'Occlusion) est définie par l'obtention des premiers contacts dentaires en OIM lors du mouvement de fermeture mandibulaire.

Il existe une grande adaptation du système buccal à la variation de la DVO.

Son choix permet d'optimiser les fonctions occlusales, de diminuer les contraintes appliquées aux structures dentaires, musculo-articulaires et prothétiques ainsi que l'amélioration de l'esthétique du visage. (2)

La modification de la DVO, et donc de la rotation mandibulaire autour des ATM, n'entraîne pas de contraintes articulaires ou esthétiques pour de faibles modifications (inférieures à 5mm) car c'est un mouvement physiologique. (3)

Plusieurs méthodes permettent d'évaluer le besoin ou non de modifier cette valeur, de façon interindividuelle. Elle se mesure par méthode directe (égalité des étages faciaux, compas d'or...) ou indirecte avec la mesure de la DVP (Dimension Verticale Phonétique) et de l'ELIPM (Espace Libre d'Inclusion Phonétique Minimum) ou de la DVRP (Dimension Verticale de Repos Physiologique) et de l'ELIRP (Espace Libre d'Inclusion en Repos Physiologique). (16)

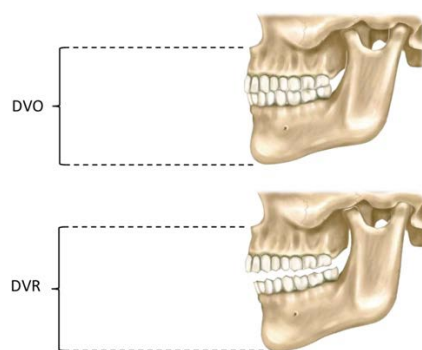


Figure 13 : dimension verticale d'occlusion et dimension verticale en repos physiologique.

5) Exploitation correcte des surfaces d'appui

La prothèse doit exploiter une surface d'appui suffisante, définie grâce aux empreintes et à l'étude du modèle de travail, afin de permettre une bonne rétention, stabilité, sustentation ainsi que le confort du patient. (17) Dans le cas particulier de la réalisation d'un Duplicata de prothèse, l'étape d'empreinte primaire n'est pas réalisée et il est parfois nécessaire de modifier la forme de l'intrados prothétique afin de réaliser une empreinte anatomo-fonctionnelle satisfaisante. Ces modifications peuvent être additives ou soustractives dans l'intrados ou au niveau des bords prothétiques de façon à réussir l'enregistrement correct de la surface d'appui et des bords prothétiques.

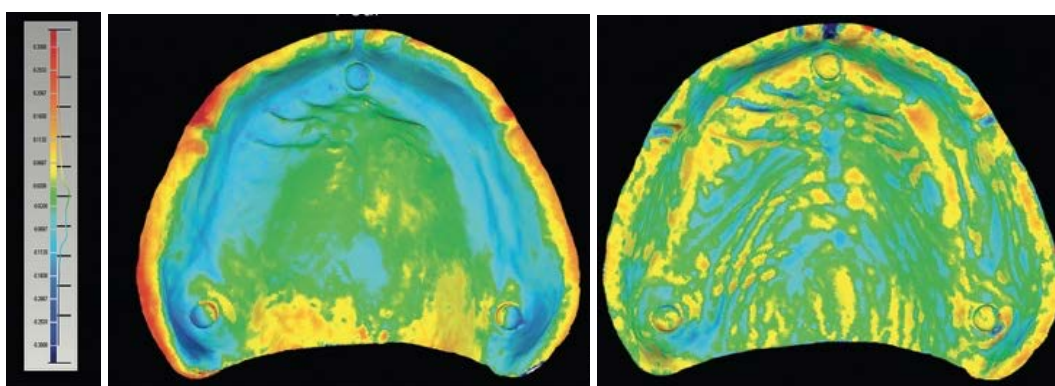


Figure 14 : comparaison informatique de deux PAC différentes avec gradient colorimétrique par rapport à la qualité de la surface d'appui (rouge étant trop compressif, bleu pas suffisamment) de l'intrados prothétique : insuffisante (à gauche) et bien exploitée (à droite).

Il convient dans un premier temps de vérifier la qualité des appuis muqueux et osseux : absence de crête flottante muqueuse, crêtes osseuses régulières, qualité du ménisque salivaire, aspect sain des muqueuses. Ces éléments peuvent avoir été dégradés par le port au long-terme d'une prothèse inadaptée. (6,18)



Figure 15 : crêtes flottantes et inflammations liées au port d'une prothèse inadaptée durant plusieurs années.

Afin d'obtenir une PAC reproduisant correctement les surfaces d'appui, il est nécessaire de réaliser des empreintes secondaires selon les recommandations scientifiques et les bons protocoles.

Ainsi, l'intrados de la PAC doit impérativement recouvrir les éléments anatomiques qui stabilisent la prothèse : les crêtes et les zones de réflexions muqueuses, les poches paratubérositaires d'Eisenring au maxillaire et les poches de Fisch et zones rétro-molaires à la mandibule. (19)

Le joint périphérique de la PAC doit permettre la non désinsertion à la fonction causée par l'insertions des muscles périphériques et des organes para-prothétiques, notamment les brides, les freins ainsi que les joues et la langue. (20)

La bonne position du joint postérieur, obtenue grâce au bordage lors de l'empreinte secondaire ou à une gravure du modèle secondaire, permet d'éviter la désinsertion lors du sourire, de la mastication, du souffle ou de l'articulation des sons « A, E, I ». Cela amplifie le confort de port de la prothèse pour le patient. (20)

Lorsqu'une prothèse inadaptée a été portée durant longtemps et que la qualité des tissus mous et osseux ont été endommagés, il convient en amont ou en aval de réaliser un rebasage de la PAC avec un matériau à prise retardée afin de réhabiliter ces tissus et de réaliser une nouvelle prothèse dans de bonnes conditions. Cette mise en condition tissulaire, qu'elle soit pré- ou post-prothétique, pourra se faire à l'aide d'un Duplicata.

6) Coordination neuro-musculo-articulaire (21)

L'observation clinique de la coordination neuro-musculo-articulaire du patient est un élément essentiel, bien que très peu documenté.

Cette coordination englobe différentes fonctions telle que les réflexes myo-articulaires, les engrammes, la position et la coordination de la mandibule ainsi que la fonction de la langue.

Effectuer les bons choix thérapeutiques initiaux conditionne la réussite de la réhabilitation finale. Ainsi, en présence d'une forte incoordination neuro-musculo-articulaire il est souvent préférable de réaliser une thérapeutique initiale et de ne pas réaliser de Duplicata d'usage en première intention. Un Duplicata temporaire faisant l'objet de modifications et guidant la rééducation est plus favorablement envisagé. D'autres types de rééducations peuvent également être envisagés.

Chez certains patients, notamment les édentés complets de longue date, on observe une perte des référentiels occlusaux (seul le guidage des déterminants postérieurs persiste) et donc une diminution des capacités musculo-articulaires et ligamentaires. Il est alors indispensable de réaliser au préalable une mise en condition neuro-musculo-articulaire, en phase pré-prothétique ou pro-prothétique, à l'aide de rééducateurs et de façon pluridisciplinaire.

Parmi les causes des déséquilibres neuro-musculo-articulaires, on trouve : les problèmes occlusaux liés à une prothèse existante mal équilibrée (DVO sur- ou sous-estimée, déséquilibre occlusal), les problèmes d'encombrement prothétique (notamment au niveau de la langue et de l'espace de Donders), les problèmes de coordination neuro-musculo-articulaires notamment chez les patients non appareillés de longue date.

Il est nécessaire dans un premier temps d'intégrer l'observation clinique de ces éléments dans une prise en charge de PAC avant de concevoir celle-ci, et d'évaluer si une rééducation sera nécessaire pour ne pas faire d'erreur et obtenir l'insatisfaction du patient associée à une non intégration psychologique de la prothèse réalisée.

Ainsi, à l'aide des prothèses pré-existantes, on regarde : si l'espace libre d'inclusion fonctionnel est existant, l'esthétique du visage, la tension des muscles comme l'orbiculaire des lèvres et des ligaments ptérygo-mandibulaires, le proglissement de la mandibule, l'encombrement prothétique, la DVO, le schéma occlusal intégralement équilibré ou non, l'orientation du PO, si la position tridimensionnelle de l'OIM correspond à la position de la RMC, l'incoordination neuro-musculo-articulaire.

La coordination NMA (Neuro-Musculo-Articulaire) s'évalue de différentes manières :

1. Observation clinique : on pose la main sur le menton et on regarde si le patient se laisse guider, si les mouvements sont coordonnés et si une latéro-déviaton est existante. On observe si le patient arrive à coordonner des mouvements mandibulaires excentrés autodéterminés et à la demande.
2. Axiographie (Quick Axis) : outil de diagnostic qui évalue les déterminants postérieurs et la coordination NMA. Le patient effectue des mouvements partants de la RMCS à l'ouverture buccale complète : un tracé se dessine et nous donne la pente condylienne.



Figure 16 : démonstration pratique de l'axiographie.

3. Point d'appui central : outil diagnostique, de rééducation et d'enregistrement de la RCMS. Une plaque avec un pointeau est fixée sur la PAC maxillaire et une plaque plate colorée avec du marqueur est fixée sur la PAC mandibulaire à DVO = 0. Le patient se place en OIM et effectue des mouvements vers l'avant et latéraux à l'extrême : le pointeau dessine le tracé des mouvements dans le plan horizontal en effaçant le marqueur. Le tracé obtenu correspond à l'arc gothique de Gysi. La pointe du tracé correspond à la RMCS réelle du patient (toujours se placer 0,5mm en avant de celle-ci). On obtient donc la RMCS selon un axe sagittal et horizontal en effectuant des mouvements dans le plan horizontal. Une équilibration est possible en réglant l'articulateur grâce à cet enregistrement !

Si le tracé est incohérent, cela témoigne d'une incoordination neuro-musculo-articulaire. Il faut dans ce cas effectuer une rééducation NMA.

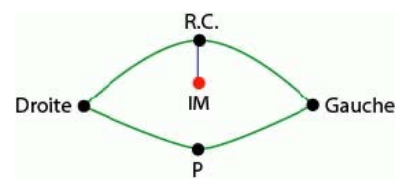
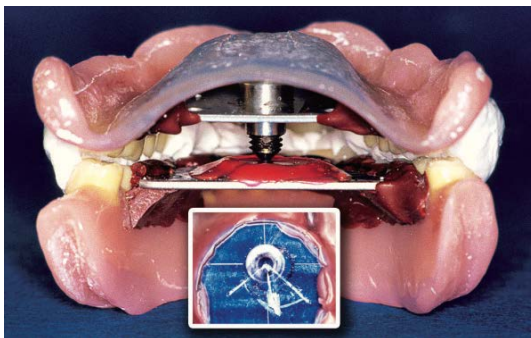


Figure 17 : point d'appui central (à gauche) et tracé de l'arc gothique de Gysi (à droite).

Si une incoordination NMA est diagnostiquée, la rééducation peut s'effectuer de différentes manières :

1. A l'aide de copies des anciennes prothèses : on crée des plans postérieurs de morsure plats sur celle-ci ou via un Duplicata. Le patient pourra naviguer sur ces plans et rééduquer la coordination NMA lors de la fonction.

2. A l'aide d'une prothèse évolutive transitoire : on place des dents en antérieur pour l'esthétique et des plans postérieurs de morsure plats.
3. A partir du point d'appui central fixé sur des maquettes : le patient porte les maquettes chez lui devant le miroir et réalise les mouvements de propulsion et latéro-clusions gauche et droite plusieurs fois par jour.
4. A l'aide de gabarits (cas extrême) : ce sont des maquettes en résine issues d'empreintes II conçues sur articulateur. Le patient va les porter plusieurs minutes ou heures par jour pour faire sa rééducation. Il est possible de faire toutes les modifications souhaitées (par addition ou soustraction) afin de gérer les volumes (par rapport à la langue, aux joues, aux lèvres, à tous les muscles périphériques) et d'établir le bon RIA (Rapport Inter-Arcade). Le patient est complètement pro-actif dans son soin et doit accepter cette prise en charge.

Une fois la rééducation aboutie, on prend un RIA dans la bonne position pour concevoir la prothèse ou le Duplicata.

Un autre élément à observer est le réflexe nauséux. Il est principalement lié à une prothèse envahissante ou instable qui réduit l'espace de Donders (espace entre le dos de la langue et la voûte palatine).

On l'évalue lors de l'examen clinique initial à l'aide d'un miroir posé de plus en plus loin sur le dos de la langue et au palais.

Lorsque la cause est psychologique, la prise en charge s'effectuera toujours (si le patient l'accepte) de façon pluridisciplinaire avec un psychologue. Des astuces pour réduire le réflexe sont données au patient : quand le réflexe arrive, ouvrir grand la bouche (augmente l'espace de Donders), respirer par le nez. Il faut réaliser une empreinte primaire puis secondaire, en détournant au maximum l'attention du patient et en appuyant sur le point menton (acupuncture). Une plaque palatine en résine est conçue, sans dent ni bourrelet, qui sera portée au maximum chaque jour durant 1 à 3 mois. Ce travail est effectué conjointement avec des orthophonistes ou kinésithérapeutes. Une fois le réflexe atténué, une prothèse conventionnelle peut être réalisée dans de bonnes conditions.

7) Empreinte sous contrôle de l'occlusion

L'empreinte sous contrôle de l'occlusion est reconnue comme étant la méthode la plus fiable lors de la prise d'empreinte pour des PAC unimaxillaires.

Elle permet de valider l’empreinte selon l’occlusion du patient en OIM et d’exercer une pression équitablement répartie sur les différents éléments de la surface d’appui ostéo-muqueuse. Ainsi, on évite une bascule lors de la mise en occlusion, qui pourrait être la cause à long terme d’une fracture de la prothèse, de l’apparition de crêtes flottantes et de résorptions nuisibles à la stabilité de la prothèse. (7)

La prothèse amovible complète devrait faire l’objet de contrôles prothétiques réguliers au cabinet, sachant que les études évaluent à 5 ans la durée de vie de la moitié des prothèses réalisées. Leur survie dépend donc des bonnes conditions anatomo-physiologiques du patient mais surtout des compétences du praticien et du prothésiste dans la réalisation de celles-ci. (22)

Les personnes âgées ont tendance à porter leur PAC durant 20 à 50 ans en moyenne. (23)

Ainsi, il est essentiel de vérifier la bonne conception de ces prothèses avant de réaliser un Duplicata. Lorsque des modifications majeures doivent être effectuées, il est possible de concevoir un Duplicata de la PAC existante sur lequel seront réalisées l’ensemble des modifications volumiques, esthétiques, occlusales, de bords et d’exploitation de la surface d’appui. Ce type de Duplicata intermédiaire est comparable à un porte empreinte maquette d’occlusion et permet de fabriquer une PAC de meilleure qualité.

Grâce à l’évolution des technologies numériques, qui facilitent les protocoles de conception, nous obtenons une reproduction beaucoup plus fiable de l’état buccal des patients. De plus, de nouveaux matériaux de meilleure qualité sont proposés par les fabricants, permettant d’éviter des méthodes de polymérisation traditionnelles responsables de déformations lors de l’étape finale de réalisation des prothèses. (12) On peut donc espérer d’augmenter la durée de vie de ces prothèses et d’offrir des Duplicatas « de secours » qui s’adapteront toujours plusieurs années après.

Cependant, le numérique est à utiliser comme un simple outil bien qu’il soit novateur. Le savoir-faire du praticien et du prothésiste ainsi que leurs connaissances scientifiques concernant les règles de conception et des protocoles sont donc incontournables et indispensables.

II. Applications cliniques des Duplicatas

Nous avons précédemment étudié en détail les critères de validation d'une PAC à dupliquer. Dans cette partie, nous allons déterminer quels sont ses domaines d'application et en quoi la réalisation d'un Duplicata peut s'avérer utile au cabinet.

1) Doublon en cas de perte ou fracture

Afin de pallier aux conséquences fonctionnelles, psychologiques et esthétiques de la perte d'une PAC, il sera possible de concevoir un véritable doublon de celle-ci. (24) Il peut exister différents niveaux d'esthétiques, notamment en fonction de l'impression ou de l'usinage des bases et de la méthode d'adjonction des dents (ainsi que la qualité de celles-ci).

Ainsi, cette Copy Denture peut être utilisée en cas de perte ou de fracture de la prothèse « principale ».

Dans l'avenir, nous pourrions imaginer une prothèse délivrée en double pour tous les patients porteurs d'une PAC dans l'optique de les rassurer. (12)

Voici le témoignage d'une patiente soignée dans le cadre du DUPAC de Toulouse :

- Docteur : « En quoi faire une copie de votre prothèse vous rassure et qu'est-ce que cela change pour vous ? »
- La patiente : « Docteur, avoir fait cette copie de prothèse change tout pour moi. Il y a quelques mois j'ai cassé mon appareil bêtement en mangeant et j'ai été obligée de le faire réparer. Cela m'a fait un choc car je ne peux pas manger sans appareil ni voir des gens. Je voyage beaucoup, j'ai très peur que mon appareil se casse à nouveau. Le fait d'apprendre que vous puissiez me faire sans empreinte un nouvel appareil me rassure énormément, je pourrai porter cette copie d'appareil sur moi partout où j'irai. »

2) Conservation des données d'empreinte et de volumes prothétiques (25)

Grâce au scan d'une PAC nouvellement conçue, ou en cas de conception d'une PAC en méthode 100% numérique, l'ensemble des données numériques personnalisées de chaque patient pourra être conservé dans le temps sans occuper d'espace de stockage matériel. Il devient alors très facile de concevoir une nouvelle PAC grâce aux données numériques stockées localement ou dans un cloud de façon sécurisée sans recommencer la conception de zéro (comme c'est encore le cas avec une méthode traditionnelle).

3) Ergonomie de conception facilitée et confort du patient durant les phases de laboratoire selon les situations cliniques

Dans le cas d'une copie de prothèse, nous avons élaboré un tableau décisionnel pour aider les praticiens à évaluer les critères de bonne conception d'une PAC et à déterminer si celle-ci peut être utilisée comme support ou modèle de conception d'une nouvelle prothèse.

	Surface d'appui (qualité d'appui ostéo-muqueux-prothétique et bords prothétiques)	Esthétique (choix des dents, usure, esthétique du sourire...)	Occlusion (DVO, OIM, position des dents...)	Coordination NMA
Copie de prothèse directe	✓	✓	✓	✓
	X Empreinte II avant le scan	✓	✓	✓
	✓	X Si modification de 1 à 3 dents Modification en bouche avant le scan ou sur le logiciel CAO	✓	✓
	✓	✓	X Prise de RIA avant le scan	✓
Copie de prothèse en passant par un Duplicata intermédiaire (ajout d'1 séance d'empreinte II et/ou de prise de RIA)	X	X Si modifications de 1 à 3 dents	✓	✓
	✓	X Si modifications de 1 à 3 dents	X	✓
	X	✓	X	✓
Copie de prothèse impossible. Renouvellement de prothèse.	✓	✓	✓	X
	X	X	X	✓
	X	X	X	X

Tableau 1 : tableau décisionnel avec la liste des éléments prothétiques essentiels à vérifier pour la réalisation d'un Duplicata.

1- Passage d'une prothèse transitoire à une prothèse d'usage

Suite à l'avulsion de l'ensemble des dents d'une arcade, un remaniement osseux s'effectue et une résorption osseuse est inéluctable. Il convient alors de réaliser une PAC transitoire post-extractionnelle (dite immédiate, en CFAO par exemple (26)) qui sera rebasée afin de pallier à la résorption ostéo-muqueuse. Elle sera également modifiée à tous les niveaux afin de valider le projet prothétique, d'un point de vue fonctionnel et esthétique. Une PAC transitoire peut aussi être conçue lorsqu'un patient est édenté et sans réhabilitation prothétique depuis longtemps ou pour répondre à un besoin immédiat en cas de perte de la PAC.

Dans cette situation, un Duplicata peut s'avérer très utile de différentes manières.

Une fois que la PAC transitoire est portée et validée par le patient et le praticien, cette prothèse transitoire (ou ce « projet prothétique ») peut être utilisée pour communiquer l'ensemble des références prothétiques au prothésiste. Dans ce cas, un Duplicata de cette prothèse peut être conçu et utilisé en inter-séance de laboratoire (un Duplicata transitoire) pour répondre aux besoins esthétiques et psychologiques du patient, durant le temps de conception d'une PAC d'usage. (24)



Figure 18 : Duplicatas transitoires imprimés.

D'une autre manière, un Duplicata de cette PAC transitoire validée (Duplicata intermédiaire) est réalisé lorsque le remaniement osseux a été finalisé ou que le projet prothétique convient au patient. Celui-ci servira de PEI (Porte-Empreinte Individuel) hautement personnalisé pour une empreinte secondaire et un RIA, et sera envoyé au laboratoire en vue de concevoir une PAC d'usage.

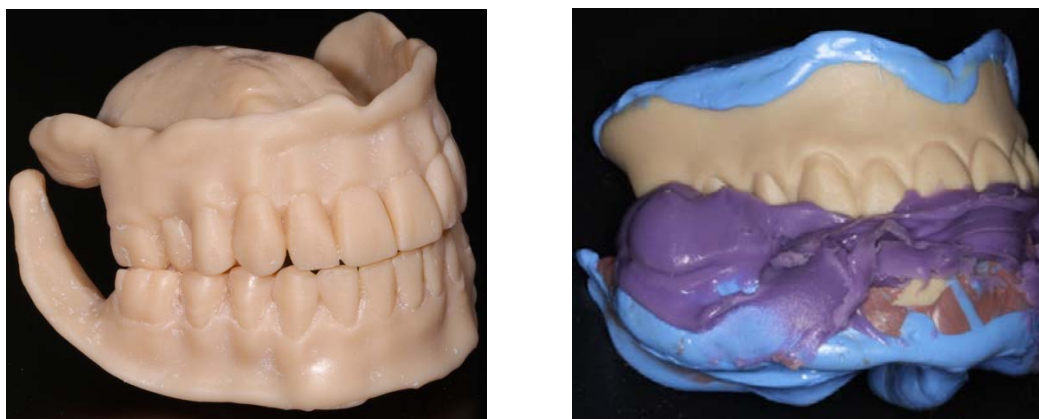


Figure 19 : Duplicatas intermédiaires utilisés comme maquettes PEI.

Ces deux méthodes offrent l'avantage au patient de n'être jamais privé de prothèse. L'empreinte secondaire est réalisée sous contrôle de l'occlusion.

2- Utilisation d'une prothèse complète existante pour concevoir une nouvelle PAC

Lorsqu'un patient se présente avec une PAC uni- ou bi-maxillaire qui lui convient globalement mais qui n'est plus adaptée (manque de rétention, inconfort, esthétique défailante, perte de DVO légère, usure occlusale...), il est possible d'utiliser cette PAC usée comme fondation d'une nouvelle prothèse à l'aide d'un Duplicata. (27)

Pour ce faire, il paraît indispensable que l'étude rigoureuse des éléments de conception de l'ancienne PAC (comme vu au premier chapitre et sur le tableau décisionnel n°1) soit maîtrisée par le praticien afin de valider l'utilisation de ces méthodes.

Ainsi, on sélectionne les éléments que l'on souhaite conserver et nous pouvons modifier tous les autres éléments afin de créer une prothèse améliorée : adaptation des bases, dimension des bords, position des dents et leur forme, occlusion et DVO. (27)

Grâce au tableau décisionnel n°1 vu précédemment, il faut déterminer s'il est possible de concevoir une nouvelle PAC en utilisant l'ancienne PAC comme référence directement (ligne 1 du tableau), s'il est nécessaire d'utiliser un Duplicata intermédiaire sous forme de PEI (ligne 2), ou s'il faut concevoir une nouvelle PAC de façon classique sans aucun support (ligne 3, lorsque l'ancienne prothèse est trop erronée pour être utilisée).

- Description en cas de copie directe :

Lorsque la PAC est renouvelée uniquement pour cause d'usure de faible étendue mais que les bases et l'occlusion conviennent, un scan de la PAC peut être effectué et toutes les modifications sont réalisées numériquement sur le logiciel de CAO. Le fichier obtenu est directement envoyé à l'usinage pour un résultat hautement qualitatif. On obtient un Duplicata d'usage permanent.

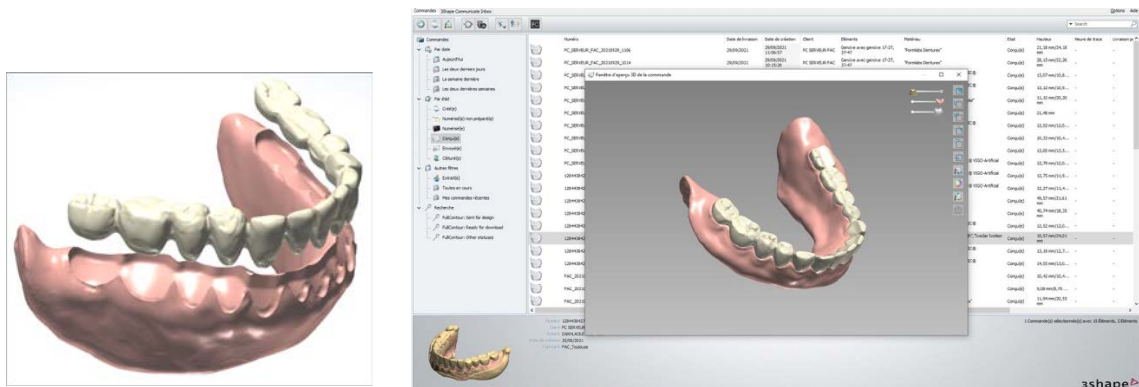


Figure 20 : modifications du modèle de travail virtuel d'une PAC sur le logiciel 3Shape, avant impression ou usinage.

Lorsque l'ensemble de la prothèse est satisfaisant et que peu d'éléments sont altérés, il est possible d'effectuer une simple « copie » en réalisant l'empreinte secondaire avec l'ancienne PAC et/ou une prise de RIA. S'en suit un scan de cette PAC et la conception d'un Duplicata d'usage permanent.

L'ancienne PAC est rendue au patient à la fin de la séance si le scan est effectué au cabinet. Si la prothèse support des modifications ne peut être rendue, un Duplicata transitoire esthétique peut également être imprimé pour temporiser en inter-séance. (24)



Figure 21 : empreinte secondaire sur l'ancienne PAC (uni ou bi-maxillaire) et prise de RIA suivi d'un scan de la prothèse (ou des prothèses).

- Description en cas d'utilisation d'un Duplicata intermédiaire :

Lorsque de nombreux éléments sont altérés mais qu'une copie de prothèse est possible, un scan de la PAC usée est effectué et un Duplicata intermédiaire est imprimé. Cela donne l'avantage de réaliser toutes les modifications souhaitées directement sur ce Duplicata afin de laisser au patient son ancienne prothèse en l'état durant les inter-séances de laboratoire.

Il est possible de réaliser des modifications temporaires de la prothèse existante avant sa numérisation.

Comme vu précédemment, le Duplicata est utilisé comme PEI hautement personnalisé pour une empreinte secondaire sous contrôle de l'occlusion et une prise de RIA est effectuée.



Figure 22 : Duplicata intermédiaire utilisé comme PEI hautement personnalisé pour une prise de RIA et une empreinte anatomo-fonctionnelle.

La copie imprimée (maquette PEI) modifiée et validée est envoyée au laboratoire pour la conception d'une nouvelle PAC d'usage, en méthode conventionnelle ou numérique (usinée).

3- Utilisation d'une prothèse amovible partielle pour concevoir une PAC transitoire

Il est également possible de modifier l'exploitation de la surface d'appui à partir d'une prothèse amovible partielle en réalisant des adjonctions de cire et/ou de dents du commerce sur cire. Ces modifications peuvent être associées à des empreintes anatomo-

fonctionnelles. Le résultat final pourra être numérisé et une copie transitoire pourra être envisagée afin de ne pas priver le patient de sa prothèse.



Figure 23 : transformation d'une prothèse partielle en prothèse complète par adjonction de cire, avec empreinte II et prise de RIA.

4- Mise en condition tissulaire pré-prothétique

Lorsque plusieurs éléments sont altérés sur une PAC, comme la perte de la rétention, une conception erronée et/ou une esthétique déficiente, il convient de passer par une phase de remise en condition tissulaire des muqueuses afin de diminuer les phénomènes inflammatoires associés aux défauts de l'ancienne prothèse et de concevoir une nouvelle PAC dans de bonnes conditions.

Ces matériaux de mise en condition tissulaire, dits « à prise retardée » car imprimant la fonction sur plusieurs jours, modifient l'ancienne prothèse de manière réversible mais après une réfection de base au laboratoire, le procédé technique est irréversible. Ainsi, pour des raisons Juridiques et cliniques, il est préférable de ne pas modifier définitivement une prothèse existante. La mise en condition tissulaire peut donc s'effectuer sur un Duplicata transitoire faisant suite à une empreinte anatomo-fonctionnelle. Nous utiliserons ce Duplicata transitoire par la suite comme support de la nouvelle PAC. Ce n'est qu'une fois la mise en condition tissulaire aboutie que la prothèse d'usage sera envisagée. (24)

5- Mise en condition neuro-musculo-articulaire

La coordination neuro-musculo-articulaire est parfois nécessaire lorsque le patient n'effectue pas des mouvements coordonnés ou ne retrouve pas de façon réitérative un rapport inter-arcade statique réitératif. L'utilisation d'un Duplicata transitoire permet dans ce cas de modifier la morphologie occlusale des prothèses initiales et de rééduquer le

patient. Des plans postérieurs permettent ainsi de libérer le patient lors de ses mouvements excentrés et de faciliter la rééducation. Ce n'est qu'une fois la mise en condition NMA aboutie que la prothèse d'usage sera envisagée.

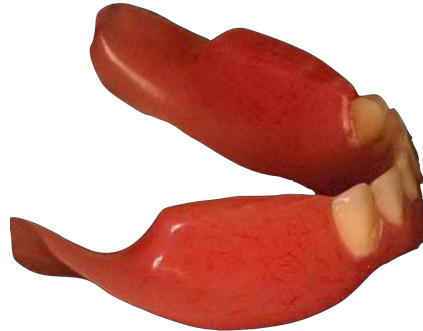


Figure 24 : PAC mandibulaire transitoire avec plans postérieurs bilatéraux.

6- Guide implantaire en vue d'un bridge complet implanto-porté ou d'une prothèse amovible complète supra-implantaire (PACSI)

La pose d'implants est un acte courant dans l'exercice d'un chirurgien-dentiste. De nouvelles méthodes émergent chaque jour afin de faciliter la pose de ceux-ci ainsi que la conception de prothèses sur implant(s).

Un des actes les plus compliqués en implantologie est la pose d'implants multiples en vue de la réhabilitation totale d'une arcade. En effet, les implants doivent être bien positionnés sur l'arcade par rapport aux structures anatomiques et à la future prothèse, et l'orientation des implants doit être parfaitement parallèle.

Afin de pallier au risque de biais de pose lié aux seuls yeux de l'homme, la confection de guides a été proposée. Ces guides sont généralement imprimés ou usinés en résine de qualité faible, de couleur transparente et de faible coût afin de conserver un coût d'intervention accessible pour le patient.

Le choix d'une conception d'une PACSI a l'avantage de proposer une stabilité nettement augmentée, une maintenance aisée, un coût et un nombre d'implants inférieurs par rapport à un bridge complet. Le protocole de conception de celui-ci doit respecter toutes les étapes d'une prothèse conventionnelle, les implants apportant uniquement plus de rétention.

Le bridge complet possède les avantages et inconvénients inverses, la mise en œuvre chirurgicale pouvant être plus complexe pour l'opérateur due à la nécessité d'un absolu parallélisme. Il peut être conçu avec ou sans fausse gencive. (28)

Toute réhabilitation par prothèse sur implants doit être précédée d'une étude diagnostique permettant d'élaborer un projet prothétique. En effet, l'absence de dents prive le praticien de tous les repères sur l'orientation et la position des dents prothétiques, la crête horizontale ne peut pas servir de repère car les résorptions sont souvent asymétriques et le visage non plus car il est couvert par le champ opératoire durant l'opération. (29)

Ainsi, avant de réaliser les prothèses d'usage, il convient de toujours concevoir dans un premier temps des prothèses transitoires (autrement dit, un projet prothétique), afin d'offrir une première estimation du résultat final au patient et au praticien. Ces prothèses vont être portées durant un certain temps, modifiées autant que nécessaire jusqu'à obtenir une validation fonctionnelle et esthétique par le patient. On valide ainsi la DVO, la position d'OIM, l'esthétique, la bonne mise en condition tissulaire. (30)

Ces prothèses transitoires peuvent être issues de nouvelles empreintes, d'une PAC portée actuellement et qui sera remplacée que l'on modifiera directement, ou d'un Duplicata transitoire de cette prothèse actuelle sur laquelle nous pourrions effectuer les modifications soit directement dessus, soit informatiquement via le logiciel de CAO, sans intervenir sur la PAC du patient.



Figure 25 : Duplicata transitoire de la PAC maxillaire usagée.

Une fois la prothèse validée après plusieurs semaines d'essayage, une Copy Denture intermédiaire de celle-ci est conçue en matériau de faible qualité (imprimée généralement). Elle va dans un premier temps servir de guide radiologique pour positionner les implants informatiquement. Des forages parallèles entre eux au niveau des potentiels emplacements des futurs implants (au niveau des faces occlusales) sont effectués et sont comblés par un matériau radio-opaque (IRM, Gutta-Percha, résine composite, billes de 2mm collées sur l'extrados...). (30) Cette étape nous permet de réaliser :

1. Soit un CBCT (format DICOM) du guide en bouche et en occlusion (méthode traditionnelle) (31),
2. Soit le scan du guide radiologique seul et un CBCT (format DICOM) du guide en bouche et en occlusion afin de matcher les 2 éléments sur un logiciel analyse pré-implantaire (Simplant, BlueSkyPlan4, NobelGuide... c'est la méthode numérique). (29)

Il suffit par la suite de positionner les implants sur le logiciel en regard des face occlusales des dents (dont l'émergence se fait dans le volume prothétique) et de choisir leur dimension, d'imposer leur parallélisme et également de positionner l'emplacement des vis de transfixation du guide. (28,31)



Figure 26 : guide radiologique issu d'une PAC maxillaire avec forages parallèles obturés par un matériau radio-opaque et guide radiologique issu d'une PAC mandibulaire.

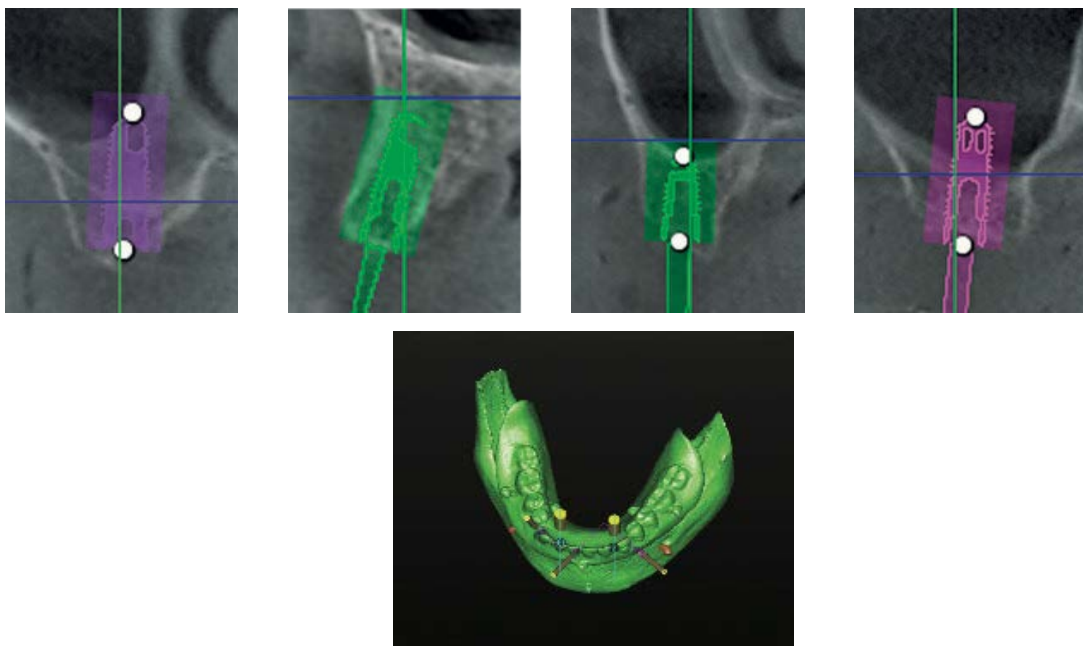


Figure 27 : scan des guides et positionnement des implants de façon numérique sur le logiciel implantaire.

Ce guide radiologique est transformé en guide chirurgical soit en ajourant au niveau de la position des implants (méthode traditionnelle), soit par impression 3D ou usinage d'un nouveau guide avec l'emplacement exact des implants ainsi que leur axe tridimensionnel (méthode numérique). La pose d'implant s'effectue avec levée de lambeau muco-périosté (guide chirurgical à appui osseux) ou en « flapless » (sans lambeau, guide chirurgical à appui muqueux), en positionnant et en fixant le guide grâce à des vis sur la table osseuse afin de le stabiliser. (29) Un inconvénient majeur de cette méthode est le fait que si le guide bouge lors de l'opération, c'est l'ensemble du projet implantaire et prothétique qui est biaisé.

S'en suit le protocole de forage et d'implantation classique, il est possible grâce au guide de vérifier à chaque étape de forage le bon emplacement des implants. (28)

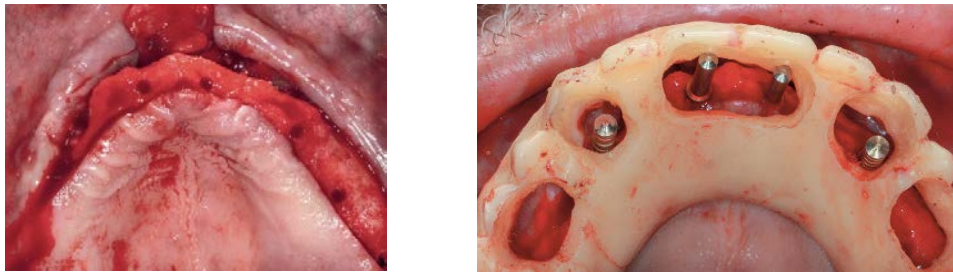


Figure 28 : levée de lambeau et pose du guide chirurgical ajouré sur l'arcade maxillaire (méthode traditionnelle).



Figure 29 : levée de lambeau et pose du guide chirurgical personnalisé fixé à la table osseuse sur l'arcade maxillaire (méthode numérique).



Figure 30 : levée de lambeau et pose du guide chirurgical personnalisé fixé à la table osseuse sur l'arcade mandibulaire (méthode numérique).

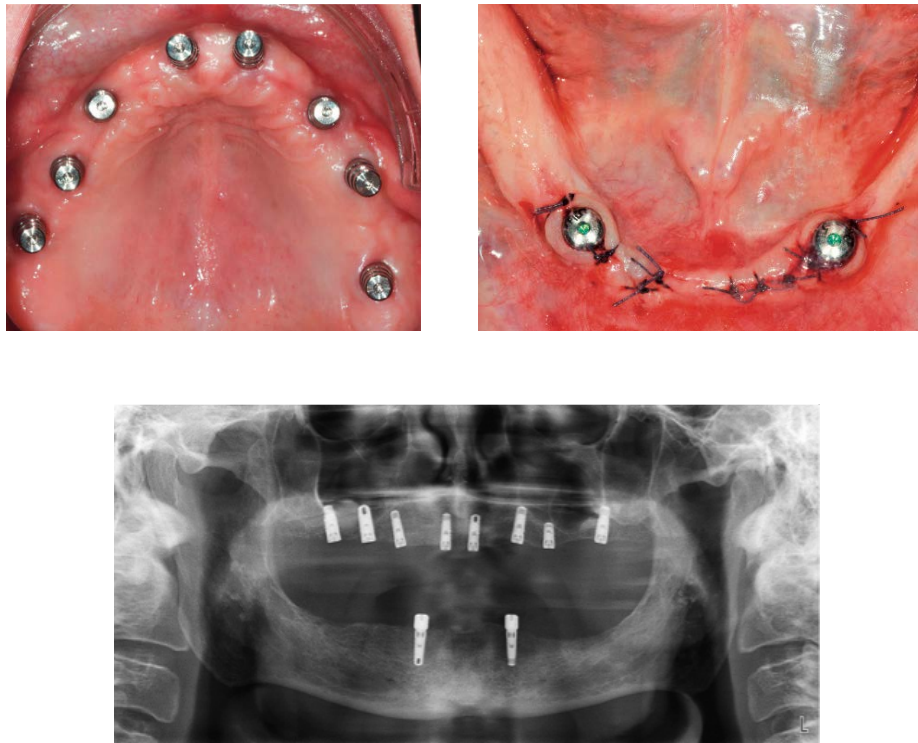


Figure 31 : résultat post-opératoire de la pose des implants avec vis de cicatrisation en ayant utilisé des guides chirurgicaux.

Un guide implantaire pourra également être utilisé après l'ostéointégration implantaire complète lors de la prise d'empreinte avec les transferts. Le guide est évidé en regard des implants et une prise d'empreinte est réalisée sous contrôle de l'occlusion. (30)

Grâce à cette méthode numérique de conception d'un Duplicata de la PAC transitoire validée pour en faire un guide, on ne prive plus le patient de sa prothèse pendant plusieurs jours, et la pose d'implants multiples est beaucoup plus précise. (32)

Pour conclure, nous avons recueilli au travers de plusieurs études et du retour d'expérience clinique les nombreux avantages à l'intégration clinique des copies de prothèse dans la pratique du cabinet :

1. Réduire le temps de traitement et donc le nombre de rendez-vous au cabinet (notamment chez les patients peu autonomes) (24),
2. Améliorer l'acceptation de la prothèse par le patient notamment chez les patients âgés habitués à leurs anciennes prothèses,
3. Améliorer la prise en charge de patients à besoins spécifiques (Parkinson, troubles cognitifs), afin de réaliser un diagnostic plus précis (1,23),

4. Ne jamais priver le patient d'une prothèse, ce qui laisse le temps au praticien de résoudre les difficultés cliniques et techniques rencontrées (24),
5. Concevoir une nouvelle PAC simplement, notamment lorsqu'une PAC est usée ou discolorée (33) ou que l'usure fonctionnelle des faces occlusales doit être précieusement conservée,
6. Aider à la planification chirurgicale et à guider la chirurgie en fonction de la future prothèse.

III. Mise en œuvre et conception d'un Duplicata

Avant toute mise en œuvre d'une Copy Denture, il est indispensable pour le praticien d'en connaître les indications cliniques de conception afin de choisir le flux de travail le plus adapté.

Dans certains cas, le Duplicata est considéré comme copie quasi-exacte de l'ancienne PAC afin d'en réaliser une nouvelle plus adaptée, tout en conservant la majorité des propriétés (Duplicata d'usage permanent).

Dans d'autres cas, les références de la prothèse existante ne sont pas exploitables car erronées. Il faut alors concevoir une nouvelle prothèse complète de A à Z lorsque l'ancienne PAC est erronée et non modifiable de façon simple pour obtenir des référentiels exploitables. La décision se fait en fonction de l'analyse des critères fondamentaux précédemment décrits (critères étudiés dans la première partie de ce mémoire).

Dans ce cas, le Duplicata peut être utilisé à plusieurs étapes de conception de la nouvelle PAC, comme Duplicata transitoire (en tant que projet prothétique modifiable et pour ne jamais priver le patient de prothèse) ou comme Duplicata intermédiaire (qui sera utilisé comme un outil de rééducation ou d'enregistrement lors des étapes de conception). (1)

1) Méthode traditionnelle de conception d'une Copy Denture

La méthode conventionnelle de copie de prothèses, bien qu'ayant rendu de nombreux services, devrait être remplacée au cours des années à venir par une méthode digitale, plus simple et reproductible.

Peu utilisée en pratique, elle a plusieurs inconvénients par rapport aux méthodes digitales, comme une variation dimensionnelle importante liée notamment à la contraction de prise des matériaux lors de la polymérisation. (34)

Trois indications principales auront une influence sur le plan de conception du Duplicata en méthode traditionnelle :

1. Si le Duplicata est une copie quasi-exacte de la PAC usée, le protocole ira jusqu'au moulage (étape 3) suivi d'une conception conventionnelle d'une PAC (étape 6).
2. Si le Duplicata est utilisé pour temporiser en inter-séance de conception d'une nouvelle PAC (Duplicata transitoire), le patient repartira avec ce Duplicata. Il peut donc être intéressant de réfléchir en amont aux matériaux utilisés dans la conception de celui-ci, que ce soit au niveau de l'arc dentaire ou des bases. Dans ce cas, l'utilisation de résine chémo-polymérisable rose pour la base et couleur dent pour l'arc dentaire sera plus indiquée afin d'obtenir un niveau d'esthétique et de confort convenable. On s'arrêtera donc à l'étape de conception du Duplicata (étape 4) avec essayage et équilibration.



Figure 32 : Duplicata transitoire maxillaire.

Ces Duplicatas transitoires sont un grand atout dans l'arsenal thérapeutique du praticien pour répondre aux demandes esthétiques, fonctionnelles et psychologiques du patient. (24)

3. Si le Duplicata est conçu comme support de conception de la nouvelle PAC (en tant que PEI personnalisé par exemple), son rôle sera différent : le facteur esthétique ne sera pas à privilégier, cependant nous rechercherons une bonne stabilité dimensionnelle et une résistance convenable. On ira au bout du protocole décrit plus bas. C'est le Duplicata intermédiaire.

Voici décrit le plan de conceptions d'un Duplicata en méthode traditionnelle avec, à chaque étape, différents protocoles de réalisation.

1- Modifications éventuelles de la prothèse à dupliquer

Comme vu précédemment, il convient d'analyser la prothèse que l'on duplique. Ainsi, il est tout à fait envisageable de réaliser des modifications mineures de l'ancienne prothèse. Nous pouvons par exemple modifier les bords prothétiques ou régler la DVO par adjonction de résine sur les dents postérieures, retoucher la forme des dents, prévoir leur repositionnement sur l'arcade...

Par ailleurs, il sera aussi intéressant d'envisager l'utilisation de matériaux de meilleure qualité pour concevoir la nouvelle prothèse, aussi bien au niveau des dents que des bases.

(1)

2- Désinfection de la prothèse à dupliquer

Selon les recommandations, il convient d'utiliser une solution désinfectante et détachante anti-tartre (environs 15 min), suivi d'un brossage avec de l'eau et du savon.

(23)

D'autres alternatives sont proposées, comme l'utilisation d'hypochlorite de sodium à 5%, du glutaraldéhyde à 2% ou encore de réaliser un brossage puis une immersion dans un bain de dioxyde de chlore (durant 3mn), technique qui selon diverses études s'avère être la plus efficace. (24)

3- Réalisation du moulage de la prothèse à dupliquer

Le choix de la méthode de moulage et de conception du Duplicata aura une influence majeure sur le temps de réalisation des protocoles, le temps d'immobilisation de la prothèse, et sur la qualité des Duplicatas obtenus. (24)

Il existe des méthodes sans support, et d'autres avec support comme un porte-empreinte ou un Duplicator de Lang qui est une boîte refermable (comparable à un « moule à gaufre ») conçue spécifiquement pour effectuer le moulage de prothèses.



Figure 33 : Duplicator de Lang.

- Utilisation d'un silicone lourd sans support au fauteuil (1)

Le moulage de la prothèse est réalisé à l'aide de silicone lourd et l'ensemble est placé dans un moufle garni de plâtre. Le silicone doit largement englober les bords prothétiques. Le temps d'immobilisation de la prothèse est d'environ 1h.

Cette méthode permet une mise en moufle conventionnelle lors de la réalisation du Duplicata, avec de la résine chémo ou thermopolymérisable. (24)



Figure 34 : moulage d'une PAC mandibulaire à l'aide de silicone et d'une mise en moufle.

Si on n'utilise pas de Duplicator ou de porte-empreinte, une astuce est de réaliser des encoches sur les moulages en silicone de l'intrados et extrados afin de les repositionner avec plus de facilité lors de la fabrication du Duplicata. (33)



Figure 35 : encoches sur les deux parties (intrados et extrados) du moulage d'une PAC.

- Utilisation d'un silicone lourd avec un porte empreinte ou un Duplicator de Lang comme support, au fauteuil

L'utilisation d'un support permet d'augmenter la rigidité du moulage, et donc la reproductibilité de la prothèse copiée. (1)

Certains auteurs préconisent l'ajout de 2 tiges en cire en postérieur des prothèses avant de réaliser le moulage pour faciliter l'injection de la résine par la suite.

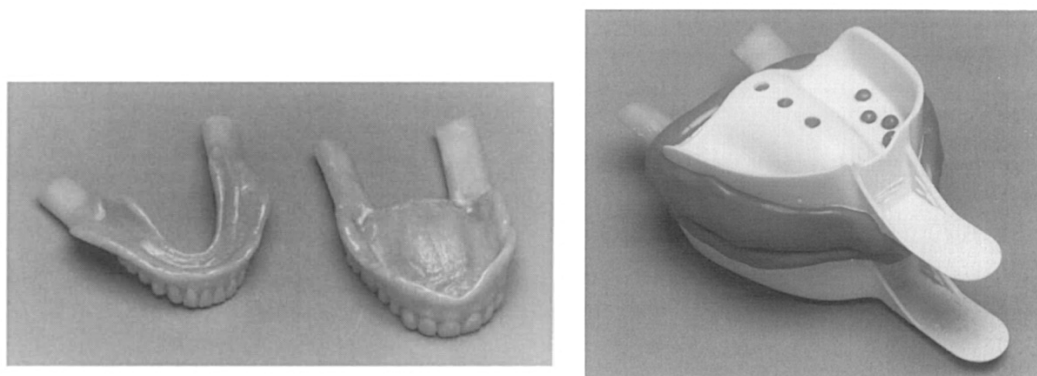


Figure 36

Les avantages à l'utilisation d'un silicone pour réaliser le moulage sont nombreux : facilité d'utilisation au fauteuil, précision suffisante, stabilité dimensionnelle importante (possibilité de stocker le moulage et d'avoir un temps suffisant pour l'envoyer au laboratoire sans devoir envoyer l'ancienne prothèse que l'on duplique), réalisation rapide (45 min environs).

Cependant, le matériau est plus coûteux que l'alginate ou le plâtre. (23)

Le protocole est simple [figures 37 à 40] : dans un premier temps, on applique un séparateur sur l'intrados et l'extrados de la prothèse. Un silicone light est injecté au niveau de l'extrados pour augmenter la précision du moulage, puis le porte-empreinte ou le Duplicator (qui est rempli d'un seul côté) est garni de silicone lourd. L'extrados de la prothèse est inséré dans le silicone jusqu'à 2mm en dessous du bord prothétique. Après la prise, de la vaseline est appliquée sur le silicone et le protocole est répété pour l'intrados de la prothèse, en fermant le Duplicator le temps de la prise complète des matériaux d'empreinte. (23)



Figure 37



Figure 38

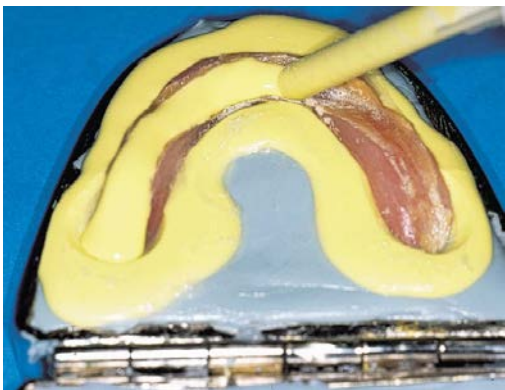


Figure 39



Figure 40



Vidéo 1 : mise en œuvre d'un moulage d'une PAC par méthode traditionnelle, avec Duplicator de Lang et silicone.

- Utilisation d'alginate avec un porte-empreinte ou un Duplicator de Lang

Cette méthode est peu recommandée, bien que rapide à réaliser (environ 15mn). En effet, l'alginate possède une faible stabilité dimensionnelle dans le temps ainsi qu'une précision inférieure aux silicones. Le Duplicata devra donc être conçu instantanément après le moulage. (24)

Le protocole est similaire à l'utilisation de silicone : on prépare l'alginate selon les recommandations du fabricant (avec de l'eau froide). Le porte-empreinte ou le Duplicator (dans un de ses coffres) est rempli d'alginate et l'excédent de matériau est induit au doigt sur les faces occlusales, embrasures, collets et voute palatine de la PAC afin d'éviter l'apparition de bulles. L'extrados de la PAC est inséré dans l'alginate jusqu'au bord prothétique. Une fois que la prise est faite, les excès sont éliminés au bistouri 2mm en dessous des bords de la prothèse et de la vaseline est appliquée sur l'alginate. S'en suit le protocole similaire avec un deuxième porte-empreinte ou l'autre coffre du Duplicator, au niveau de l'intrados.

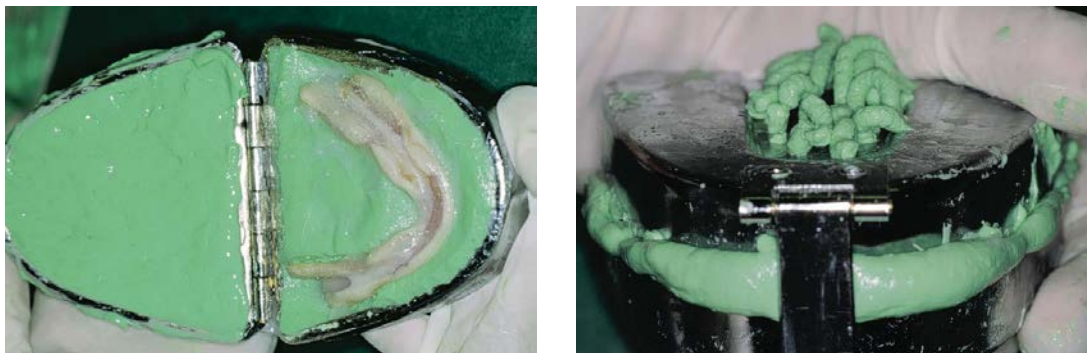


Figure 41

- Utilisation d'hydro-colloïdes réversibles par le laboratoire

Un hydro-colloïde peut être utilisé au laboratoire de prothèse, si et seulement si le patient accepte de laisser sa prothèse durant quelques jours car ce matériau possède une moins bonne stabilité dimensionnelle dans le temps. (1,22)

4- Conception du Duplicata

Une fois le moulage réalisé, il est indispensable de réfléchir au matériau que l'on va utiliser pour concevoir le Duplicata. Les propriétés des matériaux entrent en jeu, il faut alors connaître leurs indications et contre-indications précises d'utilisation pour assurer un bon résultat.

Par ailleurs, le rôle du Duplicata dans le plan de traitement sera un facteur clé dans le choix de ces matériaux, notamment esthétiquement si le Duplicata sera porté pendant plusieurs jours ou s'il ne sera utile que pour une étape de réalisation d'une nouvelle prothèse.

- En résine acrylique (1)

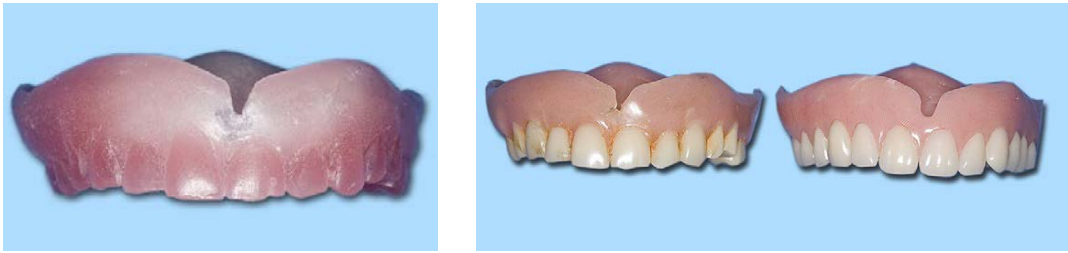
La résine acrylique a l'avantage de posséder une grande rigidité et donc une bonne stabilité. Cette résine acrylique contient du « polyméthacrylate de méthyle » (35), et peut être thermoplastique (Probase® Hot), chétopolymérisable (Probase® Cold par exemple) ou photopolymérisable.

En fonction du besoin esthétique, le Duplicata sera conçu entièrement en résine acrylique, ou uniquement la base en résine acrylique et les dents en cire. (33)

1. Résine photopolymérisable à la lumière ambiante (VLP)

C'est un matériau fréquemment utilisé pour les Duplicatas. Une fine couche est conçue à l'aide d'un rouleau métallique (2mm à 0,5mm d'épaisseur) et appliquée dans le moulage. Suffisamment rigide, elle laisse la place pour ajouter les dents tout en pouvant recevoir des modifications. Cependant, cette résine ne convient pas aux réparations de prothèses. (33)





Figures 42 à 45 : conception d'un Duplicata avec de la résine photopolymérisable.

2. Résine chémo-polymérisable couleur dent pour l'arc dentaire, associée à une résine chémo-polymérisable rose (Probase® Cold par exemple) pour la base. (24)

Après coulée des résines dans le moulage et polymérisation, il faut gratter et polir les surfaces pour obtenir un bon rendu.

Il est possible de passer le Duplicator ou le moulage dans une enceinte sous pression pour augmenter la polymérisation des résines : cela permet de diminuer les porosités dans la résine ainsi que la diffusion des monomères non chémo-polymérisés dans l'organisme.

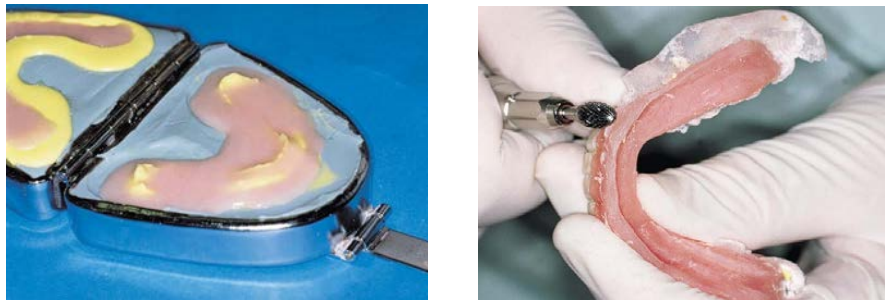


Figure 46 : conception d'un Duplicata avec de la résine chémo-polymérisable.



Figure 47 : PAC d'origine et Duplicata côte à côte.

3. Dents du commerce et résine rose thermopolymérisable pour la base, associés à une mise en moufle (24)

Grâce à ce procédé, on obtient une meilleure qualité de Duplicata. L'inconvénient majeur est l'immobilisation de celui-ci durant la mise en moufle.

- En cire de laboratoire

Pas suffisamment rigide, abandonné. (33)

- En cire shellac

Meilleure adaptation que la résine acrylique mais trop cassante. (33)

5- Essayage en bouche, empreinte secondaire, rapport inter-arcade

S'en suit l'essayage du Duplicata (donc du projet prothétique) en bouche et validation par le patient et le praticien des éléments essentiels à la conception d'une nouvelle PAC de qualité (DVO, esthétique des dents...).

Dans le cas d'un Duplicata intermédiaire utilisé comme outil d'élaboration d'une nouvelle PAC, il est important de supprimer les contre-dépouilles de l'intrados de celui-ci en amont afin de faciliter son retrait du modèle sans le fracturer. Une prise d'empreinte secondaire anatomo-fonctionnelle sous pression occlusale est réalisée avec le Duplicata, ainsi qu'une prise de rapport inter-arcade à l'aide de silicone d'occlusion ou de cire Moyco. (1,25)

Le Duplicata joue alors le rôle de PEI maquette hautement personnalisé.

La réalisation de l'empreinte sous pression occlusale permet d'augmenter la qualité de l'empreinte. (33)



Figure 48 : Duplicatas intermédiaires en résine acrylique utilisés comme maquettes pour empreinte anatomo-fonctionnelle et prise de RIA.

6- Coulée de modèles de travail en plâtre classe IV, montage en articulateur et conception des nouvelles bases de la PAC

Le prothésiste peut dans un premier temps s'aider en réalisant des clefs en silicone vestibulaires afin d'enregistrer le volume et la position de dents du Duplicata. Cette étape lui permettra d'effectuer le montage des dents dans le volume déterminé.

Voici les différents types de polymérisation possibles :

- PERFORM chémo-polymérisation (faible qualité car fortes variations dimensionnelles).
- IVOBASE high impact thermo- et chémo-polymérisation avec injection de la résine au cours de la polymérisation (faibles variations dimensionnelles).

Après la polymérisation, les prothèses sont équilibrées sur articulateur.

Une alternative plus moderne est le scan du Duplicata suivi de la conception numérique de la nouvelle prothèse (imprimée ou usinée).

2) Méthode numérique de conception d'une Copy Denture

Avec l'avènement du numérique, la réalisation des Duplicatas en méthode numérique offre au praticien la possibilité d'obtenir une meilleure précision et reproductibilité des prothèses conçues ainsi qu'un gain de temps à plusieurs étapes par rapport à une méthode conventionnelle. (27,34)

Dans cette partie, nous décrirons à la fois le protocole de conception d'un Duplicata de manière digitale ainsi que le fonctionnement du matériel de CFAO (hardware et software). Tout comme la méthode conventionnelle, il convient d'analyser la PAC usagée en amont. Si la prothèse n'est pas complètement erronée et qu'elle peut être dupliquée, il est alors possible de réaliser des modifications mineures soit directement sur celle-ci avant l'acquisition, soit informatiquement via les logiciels de CAO après l'acquisition, soit sur un Duplicata intermédiaire de la PAC usagée.

Le protocole de désinfection de la prothèse à dupliquer est le même que celui décrit pour la méthode conventionnelle.

Les systèmes CFAO comprennent 4 maillons dans leur processus : l'acquisition (numérisation de la surface et logiciel d'acquisition), la conception assistée par ordinateur (CAO), la fabrication assistée par ordinateur (FAO), ainsi que la machine-outil à commande numérique (MOCN). (36)



Figure 49

1- Acquisition

L'acquisition correspond à l'enregistrement des données bucco-dentaires de manière numérique en un fichier digital, transférable et stockable.

Pour l'acquisition des données, il existe deux types de scanner :

-Les scanners de table (de laboratoire) et les scanners intra-oraux (« chair side »).

Ces deux systèmes ont une utilisation différente. Cependant, les technologies sont à peu près similaires, tant au niveau du software que du hardware. L'ensemble de ces systèmes sont regroupés dans la famille des acquisitions numériques 3D sans contact. (36)

Le scanner intra-oral, mobile, permet de scanner directement des éléments dans le milieu bucco-dentaire, tels que les tissus mous ou les dents, immobiles : c'est la caméra qui se déplace.

Le scanner de table quant à lui, fixe, permet de scanner un élément hors bouche, tel qu'une empreinte, un modèle ou une prothèse : celui-ci est mis en rotation afin d'acquérir le plus grand nombre de données. (37)

Concernant la technologie d'acquisition, 2 types de faisceaux d'enregistrement des surfaces existent :

1. Lumière structurée de lumière bleue ou blanche,
2. Ligne laser.

Ces faisceaux se déforment au contact de la surface de l'objet scanné et renvoient l'information.

Des capteurs (de nombre et de résolution variable selon la qualité du scanner) intègrent ainsi la taille et forme de la pièce. (37) Pour ce faire, les capteurs réalisent un échantillonnage de la surface à numériser sous forme de nuage de points. Chaque point possède une coordonnée spatiale topographique (x, y, z). Ces données sont ensuite intégrées dans un fichier informatique qui sera traité par le logiciel d'acquisition CAO. (36)

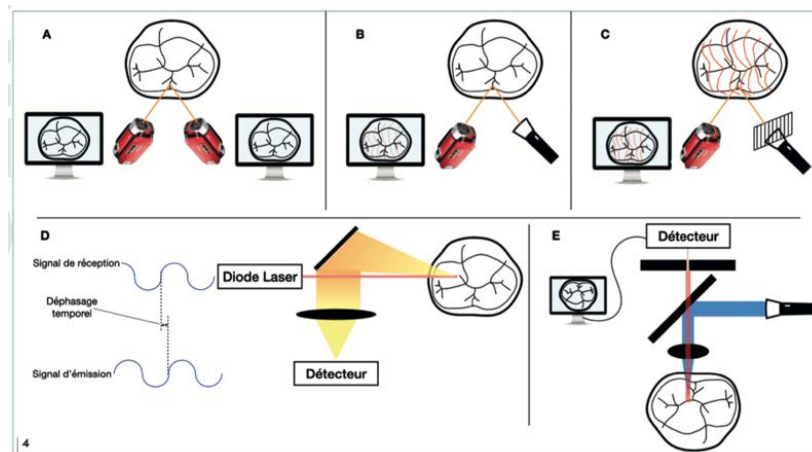


Figure 50

La triangulation permet au logiciel d'acquisition de calculer la distance des points issus du « nuage de points » sous forme de triangles, permettant ainsi de reconstruire l'objet en modèle 3D (ou « modèle de travail virtuel »). (38)

A) Caméra optique au fauteuil (« chairside »)

Différents éléments sont à prendre en considération dans le choix du scanner intra-oral (SIO).

Tout d'abord, l'architecture du scanner. La caméra optique peut-être munie d'un fil relié à un ordinateur ou à un moniteur, ou être sans fil (Trios 4 de 3Shape, seule technologie sans fil à ce jour).

La caméra peut être fournie avec un chariot ou une tablette intégrant un ordinateur, un écran et une batterie : c'est le système CART (tout est intégré, plus compact et esthétique mais aussi plus coûteux). Sinon, il faudra investir dans un ordinateur externe avec un chariot informatique ainsi qu'un onduleur si on utilise une tour : c'est le système POD (connexion wifi sans fil donc possibilité d'utiliser la caméra dans différentes pièces). L'ergonomie du produit est également à étudier, c'est-à-dire la facilité à réaliser la prise d'empreinte. Une dimension de l'embout faible, le poids du scanner supportable, le choix d'une machine sans fil, l'utilisation d'un embout sans vitre sont des atouts au quotidien qui augmentent l'agilité de la prise d'empreinte.

Les embouts peuvent être à usage unique, désinfectables ou stérilisables.

Les fonctionnalités... Elles sont nombreuses ! Les dernières caméras mises sur le marché permettent la détection de caries par fluorescence ou réflexion/transillumination ou encore la prise de teinte des dents (Trios 4, iTero element 5D, Emerald S de Planmeca). Dans notre cas, la possibilité d'enregistrer les tissus mous avec précision est un facteur essentiel. La courbe d'apprentissage (bien qu'opérateur-dépendante) et la nécessité de formation sont des facteurs à prendre en compte.

Également, la précision du scanner qui est la somme de la technologie de la machine, du logiciel d'acquisition et des préconisations d'utilisation, est un critère primordial dans le choix du matériel.

Le format des fichiers d'export d'acquisition peut être ouvert ou fermé. Certains fabricants ne permettent que l'export des données (pour le prothésiste par exemple), d'autres permettent la modification de celles-ci avec un logiciel de CAO. Ce logiciel de conception peut être intégré au logiciel d'acquisition ou indépendant.

Le stockage des données peut se faire en local ou dans un cloud.

Voici une liste non exhaustive de systèmes optiques intra-oraux existants sur le marché :

- 3Shape : Trios 3 (25) et Trios 4 (sans fil)



Figure 51 : caméra optique sans fil 3Shape Trios 4.



Vidéo 2 : acquisition d'une PAC mandibulaire au scanner intra-oral Trios 3.

- Carestream Dental : CS 3700
- Dentsply sirona (inEOS X5) (27) :Prime Scan et Omnicam
- Align : iTero Element 5D
- Medit : i500 ou i700

Marque du scanner	Modèle du scanner	Mensurations		Connectivité		Utilisation (note/10)				Configuration	
		Taille (note/10)	Poids (g)	Filaire	Sans fil	Vitesse	Fluidité	Simplicité	Note Moyenne Utilisation	POD	CART
3Shape	TRIOS 4	10	375	✓	✓	10	9	9	9	✓	✓
Dentsply Sirona	Prime Scan	6	525	✓	✗	10	9	9	9	✗	✓
3Shape	TRIOS 3	10	373	✓	✓	9	8	9	9	✓	✓
Medit	i500	10	276	✓	✗	8	8	6	7	✓	✗
Shinning 3D	Aoralscan	8	325	✓	✗	7	8	7	7	✓	✗
Align	iTero Element 5D	3	500	✓	✗	7	6	8	7	✗	✓
Dentsply Sirona	Omniscam	10	316	✓	✗	6	6	8	7	✗	✓
Planmeca	Emerald S	10	235	✓	✗	7	6	6	6	✓	✗
Carestream Dental	CS 3700	9	316	✓	✗	6	6	6	6	✓	✗
Dental Wings	Virtuo Vivo	10	213	✓	✗	6	4	6	5	✓	✓
Vatech	EZ Scan	8	165	✓	✗	6	4	6	5	✓	✗
GC	Aadva iOS 200	9	NC	✓	✗	4	4	6	5	✓	✗

Marque du scanner	Embouts			Contrôle de l'interface			Options		Intégration CAD		Ouverture			
	Autoclavable	Usage unique	Fixe	Tactile	Souris/Trackball	Avec le scanner	Détection de caries	Prise de teinte	Intégrée	Via export	STL	PLY	OBJ	DCM
3Shape	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Dentsply Sirona	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗
3Shape	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Medit	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Shinning 3D	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗
Align	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Dentsply Sirona	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Planmeca	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Carestream Dental	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Dental Wings	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Vatech	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
GC	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗

Tableaux 2 et 3 : comparaison technique des différents systèmes d'acquisition disponibles sur le marché en 2021.

B) Scanner de laboratoire (dit « de table ») :

Les scanner de table, ou de laboratoire, sont des boîtes numériques fixes qui permettent la numérisation en 3D d'une prothèse ou d'une empreinte. Ils sont principalement utilisés dans les laboratoires de prothèse pour créer des modèles numériques et effectuer la CAO. Ils ne sont donc jamais en interaction avec les patients. Les formats des fichiers d'export d'acquisitions sont similaires à ceux des scanner intra-oraux.

Les scanners se différencient par leur coût corrélé à leurs applications : certains pourront uniquement scanner des modèles d'arcs complets ou des empreintes, tandis que d'autres peuvent aider à la conception de piliers ou barres implantaires, de prothèses amovibles partielles ou totales, d'aligneurs, ... Par ailleurs, certains scanners pourront évoluer grâce au software quand d'autres n'auront jamais de nouvelles fonctions. (38)

La qualité des composants entre aussi en jeu, ainsi que le nombre d'axes de mouvements (5 actuellement pour les meilleurs scanners), le type de source de lumière, la vitesse d'acquisition, le volume des scans, la précision, les formats des fichiers d'export, la nécessité d'agent opacifiant ou de matrice de numérisation ou non (38), les accessoires ou encore si les logiciels sont fournis ou non. (37)

D'un point de vue purement technologique, la majorité des scanners utilisent plusieurs faisceaux lasers provenant de plusieurs caméras de différentes résolutions.

S'en suit la prise en charge par le logiciel d'acquisition, tout comme les caméras intra-orales, qui est aussi, voire plus important à la création d'une image reproductible que le hardware en lui-même. Les scanners les plus modernes utilisent le « balayage de texture », en superposant la surface en 2D au modèle en 3D pour travailler sur un modèle encore plus précis.

Il est possible de choisir la vitesse de scan et les degrés de capture d'image en fonction de l'objet à numériser. Par exemple, une vitesse de 6°/s avec capture tous les 120° de rotation paraît être un réglage valide pour scanner les Duplicatas. (39)

Voici une liste non exhaustive de systèmes optiques de table existants sur le marché :

- 3Shape : E4
- ArmannGirrbach : Ceramill Map 600
- ZFX : Evolution Plus
- CADstar CS.Neo Pro
- DentalWings : 7Series
- Dentsply Sirona : inEos X5 (27)
- EGSolution : DScan 4
- Imes-icore : I3Dscan Color HR
- Medit : T710
- Zirkonzahn : S600 ARTI



Figure 52 : scanner de laboratoire Ceramill Map 600.

Une autre méthode de numérisation de la prothèse, moins précise que les deux techniques précédentes, est l'utilisation d'un CBCT (Cone Beam). Il permet l'obtention de données précises et réalise un échantillonnage automatique. Cependant, la machine est coûteuse et des artefacts peuvent être créés en cas de présence de métal. (39)

C) Logiciels d'acquisition

Le logiciel d'acquisition contient un algorithme de traitement de données intégré au scanner, c'est le véritable cerveau derrière la caméra.

Posséder un logiciel d'acquisition efficace est aussi important que le scanner en lui-même. Pour la plupart des scanners, le logiciel d'acquisition est intégré au système optique.

Voici une liste non exhaustive de logiciels d'acquisition :

- inLAB 16 Dentsply Sirona (formats LAB, CDT, RST) (27)
- Exocad : EXOSCAN
- Medit : COLLAB
- Zirkonzhan.Scan
- 3Shape DentalSystem (format DCM) (40)

Le logiciel d'acquisition recueille le fichier contenant les données du « nuage de points » issu de la numérisation de l'objet et utilise la triangulation (de Delaunay) pour transformer ces données en modèle 3D sous format STL (le plus communément, format dit « ouvert »). (36) Ce processus est appelé maillage ou « MESH ».

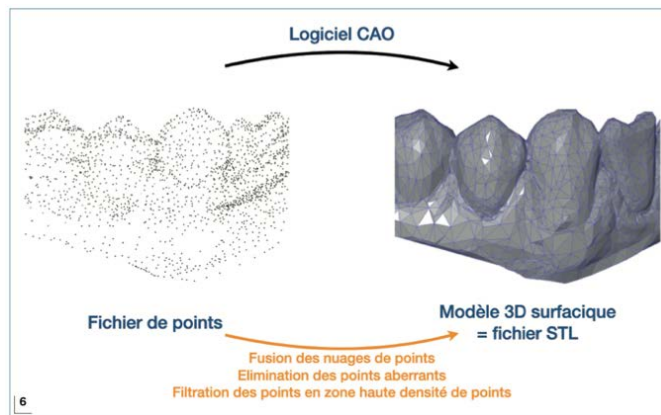


Figure 53

Pour ce faire, différentes étapes de traitement du fichier sont nécessaires (36) :

1. Nettoyage du nuage de points : tous les points numérisés considérés comme indésirables sont éliminés (éléments anatomiques non nécessaires, fluides, instruments, défauts liés à une faible luminosité, mauvaise manipulation de l'opérateur...).
2. Modification de la densité des points en fonction de la géométrie de la surface : augmentation du nombre de points au niveau des zones complexes (de fortes courbures) et suppression de points aux zones ayant peu de relief.

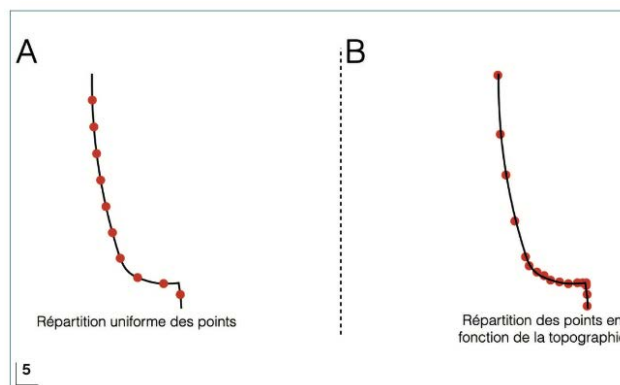


Figure 54 : densification des points du nuage dans les zones complexes (de forte courbure) et élimination dans les zones de moindre intérêt.

3. Facettisation du nuage de point : chaque point est relié à ses voisins par des arêtes pour former des facettes planes triangulaires. Chaque facette est donc définie par les coordonnées de 3 points du nuage qui constituent les sommets du triangle.
4. Concaténation : chaque facette va être associée à la facette voisine par fusion des points communs au niveau des zones de chevauchement. L'ensemble de ces

associations forme un objet de type polygonal assemblant plusieurs plans élémentaires.

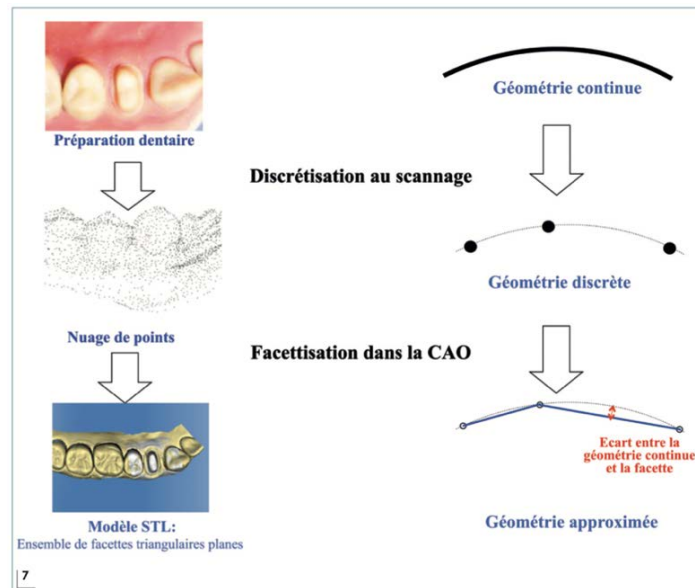


Figure 55 : procédé d'acquisition par le logiciel d'acquisition.

En pratique, le logiciel d'acquisition doit donc être capable de traiter les données reçues de manière efficace, en intégrant les triangles utiles et en éliminant ceux qui n'ont pas d'intérêt. Il peut par ailleurs s'adapter à la numérisation, en allant plus vite sur les surfaces planes et plus lentement sur les zones courbes, en captant plus de données aux zones d'intérêts comme une limite de préparation. (38)

Un autre processus d'acquisition nommé « NURBS » (Non-Uniform Rational Basis Spline) existe et n'est pas basé sur la triangulation des points du nuage : il utilise un système de « basis spline » lui permettant de décrire avec précision toutes formes géométriques (ligne, courbe, arc, cercle).

Ce processus permet d'obtenir un objet virtuel beaucoup plus précis (finesse des courbes), plus léger et moins pixellisé de l'objet numérisé (ce qui peut être intéressant pour la conception d'objets de haute qualité, comme en implantologie).

Cependant, l'objet virtuel est beaucoup plus compliqué à créer et les modifications de celui-ci sont plus complexes. C'est pourquoi le système de MESH est aujourd'hui le plus fréquemment intégré dans les systèmes optiques en Odontologie.

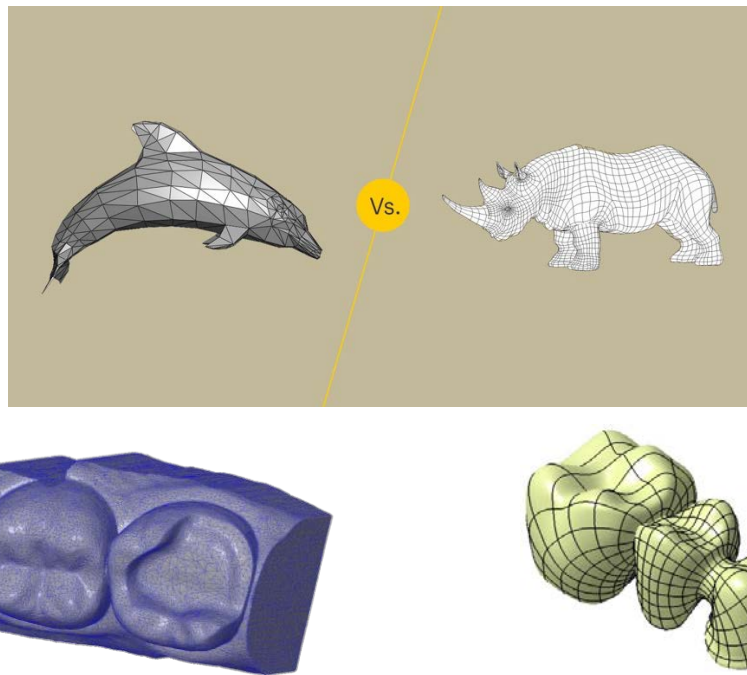


Figure 56 : démonstration d’acquisition au format MESH (à gauche) et au format NURBS (à droite).

On obtient alors un modèle numérique 3D (ou « modèle de travail ») issu de l’objet ou de l’arcade numérisée, sous forme de fichier ouvert ou fermé.

D) Format des fichiers d’export d’acquisition

Lors de l’achat d’un scanner, souvent fourni avec un logiciel d’acquisition, il est essentiel de s’assurer que celui-ci soit compatible avec les autres éléments du système CAD/CAM. (38)

Le format des fichiers d’export d’acquisition peut être soit ouvert (autrement dit compatible avec tous les logiciels de CAO/FAO et les MOCN qui acceptent de recevoir les formats ouverts), soit fermé (format compatible uniquement avec le système de CAO/FAO du même fabricant).

Voici les principaux formats d’acquisition des données numériques :

1. Ouverts ou neutres : STL binaire, PLY, STL ASCII, OBJ
2. Fermés : 3DS (iTero), DCM (3Shape), LAB et DXD (Dentsply Sirona).

Nom	Fabricant	Technologie d'acquisition	Fichiers de sortie
iTero Elements 5D®	Align Technologies	Microscopie confocale parallèle	3ds (format propriétaire) ply et stl (formats ouverts)
Primescan®	Dentsply Sirona	Capteurs haute résolution et lumière à ondes courtes avec analyse de contraste optique haute fréquence pour balayage profond dynamique (20 mm)	dxd (format propriétaire) avec possibilité d'exporter des fichiers stl (format ouvert) avec Cerec Connect
Omniscam®		Triangulation optique et microscopie confocale	cs3, std, cdt, idt (format propriétaire) avec possibilité d'exporter des fichiers stl (format ouvert) avec Cerec Connect
CS 3700®	Carestream Dental	Triangulation active avec correspondance intelligente des teintes via la fonction de distribution bidirectionnelle de la réflectance	dcm (format propriétaire) ply, sti (formats ouverts)
CS 3600®		Scanner de lumière LED - Vidéo 3D à vitesse active	csz (format propriétaire) ply, sti (formats ouverts)
Trios 3®	3-Shape	Microscopie confocale et balayage optique ultrarapide	dcm (format propriétaire) avec possibilité d'exporter des fichiers stl (format ouvert) avec Trios sur Dental Desktop
Medit i-500®	Medit	Technologie vidéo 3D en mouvement	obj, ply et stl (formats ouverts)
Emerald S®	Planmeca	Lasers rouges, verts et bleus - Triangulation de motifs projetés	3oxz (format propriétaire) ply et stl (formats ouverts)
Emerald®		Lasers rouges, verts et bleus - Triangulation de motifs projetés	3oxz (format propriétaire) ply et stl (formats ouverts)
Virtuo Vivo®	Dentalwings	Laser bleu - Technologie d'imagerie multiscan	xorder (format propriétaire) ply et stl (formats ouverts)
Dwio®		Laser bleu - Technologie d'imagerie multiscan	xorder (format propriétaire) ply et stl (formats ouverts)
Runeyes®	Runeyes MI	Technologie rapide de vidéo 3D synchrone	obj, ply et stl (formats ouverts)

Tableau 4 : technologie et format des fichiers d'export d'acquisition de plusieurs fabricants de systèmes optiques IOS.

2- Conception Assistée par Ordinateur (CAO)

Le logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) permet de modéliser la pièce prothétique sur le modèle virtuel de façon numérique. C'est un processus qui s'effectue en 2 flux : le flux de post-traitement et la conception.

Le post-traitement permet de transformer des données géométriques et numériques (STL par exemple) issues de l'acquisition en une représentation virtuelle exploitable (un modèle de travail virtuel) pour concevoir une prothèse.

La conception est la création d'un modèle de restauration associée au modèle numérique obtenu après le post-traitement. Cette étape est parfois automatisée par une intelligence artificielle (système biogénérique, comme avec le logiciel CEREC) mais l'objet obtenu peut être modifié en tout point. (40)

Cette conception, à partir du fichier d'acquisition numérique, peut se faire sur un seul logiciel, ou être transféré de logiciel en logiciel selon les fonctionnalités recherchées.

Parfois, le logiciel de conception est intégré à la même unité que le système d'acquisition optique : c'est le cas de la PrimeScan dans la conception de pièces prothétiques type inlay-onlays, couronnes ou bridge.

Le logiciel de CAO peut également inclure un module FAO afin de simplifier le protocole de CFAO.

Voici une liste non exhaustive de logiciels de CAO :

- 3shape : DentalSystem (CAO et FAO) (25)
- Dental Sirona : InLab 20 et CEREC (CAO et FAO) (27)
- Dentalwings : DWOS (CAO et FAO)
- Exocad : DentalCAD
- Planmeca : PlanCAD (CAO et FAO)
- Amann Girrbach : Ceramill Mind (CAO et FAO)



Figure 57 : conception d'un Duplicata avec arc dentaire segmenté de la base prothétique sur le logiciel de CAO 3Shape.

Dans le cas du Duplicata, cette étape est essentielle : elle permet de réaliser des modifications de l'ancienne prothèse (si elles n'ont pas été réalisées en bouche directement sur celle-ci) à différents niveaux. Il est possible de modifier les bases de la future prothèse (position du bord postérieur, forme des collets, volumes des futures surfaces polies stabilisatrices...) ou de personnaliser l'arc dentaire (forme, taille, position, correction d'imperfection...). (41)

Pour y parvenir, il est nécessaire d'utiliser un ou plusieurs logiciels de CAO qui intègrent une fonction de conception de Duplicata numérique. Ces logiciels peuvent être directement

intégrés au système de CFAO utilisé (3Shape par exemple), ou être des logiciels indépendants comme ceux décrits dans la littérature.

Par exemple, dans un article de cas de Duplicata, les auteurs utilisent les logiciels de CAO suivants : Meshlab pour re-échantillonner la surface de la prothèse scannée, Nauta pour ajouter des supports structurels afin de faciliter l'impression, ainsi que Fictor pour préparer le fichier numérique pour une impression stéréolithographique 3D. (34)

A ce jour, le logiciel 3Shape est un des seuls logiciels à intégrer directement une option de conception d'un Duplicata.

Par ailleurs, il est également possible d'utiliser un logiciel comme SmileDesign pour superposer la maquette virtuelle du Duplicata avec une photo du patient de face afin de rendre le projet prothétique encore plus réaliste. Une fois la maquette validée, la prothèse peut être conçue. (25)

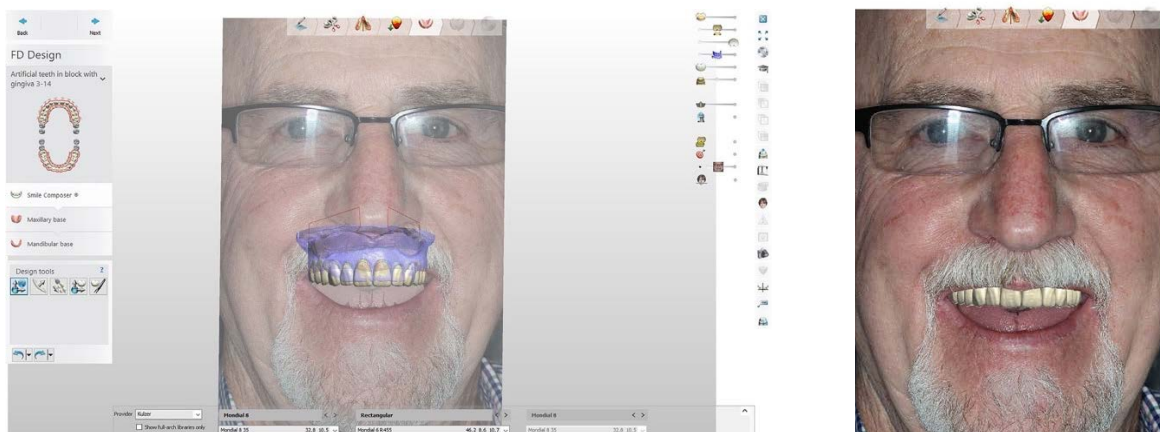


Figure 58 : match du scan du Duplicata avec une photo du patient de face sur Smile Design.

Les étapes suivantes correspondent à la conception logicielle d'une PAC d'usage ou d'une PAC provisoire issue de Duplicata via le logiciel de CAO 3Shape. Les étapes de CAO suivantes s'enchaînent pour obtenir une base et des dents de façon séparée :

1. Détermination du Plan d'Occlusion

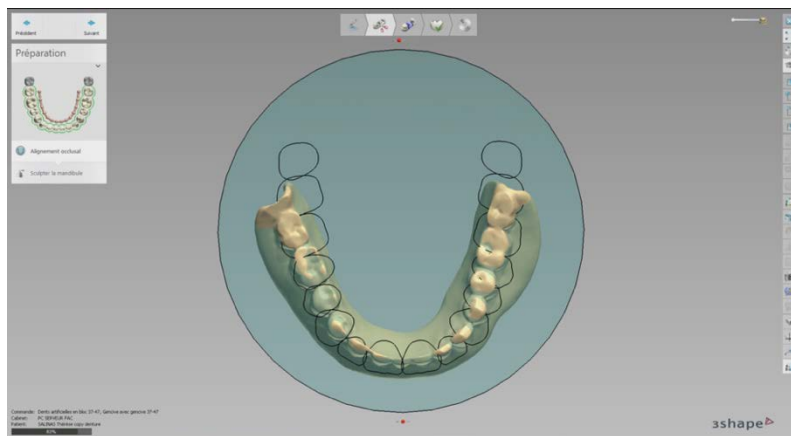


Figure 59

2. Sculpture de la base ou des dents : cette étape offre la possibilité d'améliorer l'état de surface altéré par l'empreinte optique ou les matériaux d'empreinte, et de retravailler l'esthétique dentaire et les volumes de la base.

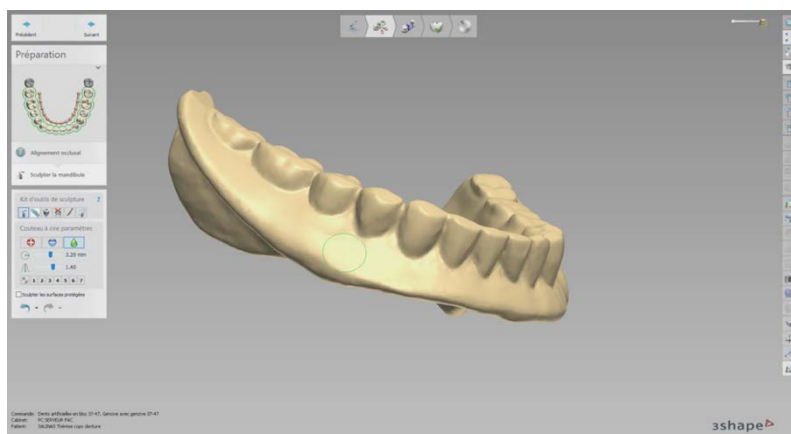


Figure 60

3. Localisation des dents

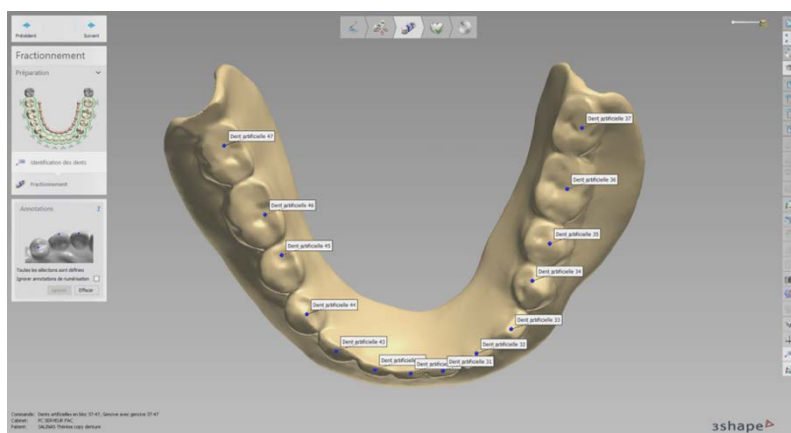


Figure 61

4. Positionnement de la ligne des collets

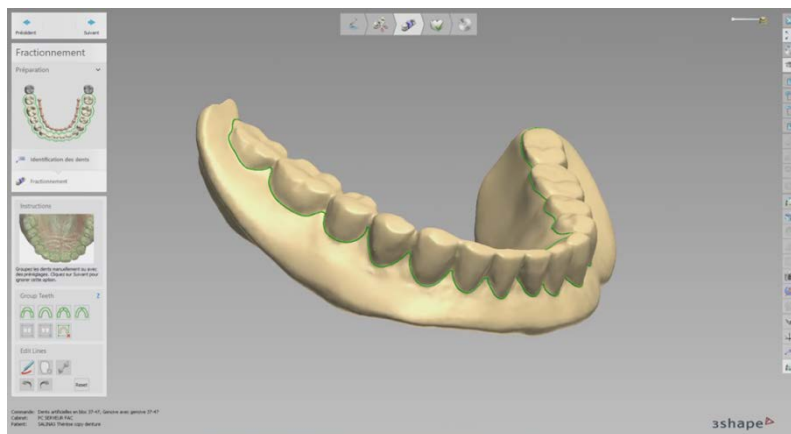


Figure 62

5. Décision de réaliser un arc usiné complet ou des fragments d'arcs usinés : choisir de fragmenter en arcs partiels permet d'intégrer plus d'éléments dentaires dans 1 seul disque et donc de rentabiliser le processus pour le prothésiste. L'inconvénient de cette fragmentation est la réduction de la résistance mécanique.



Figure 63

6. Segmentation des dents de la base prothétique

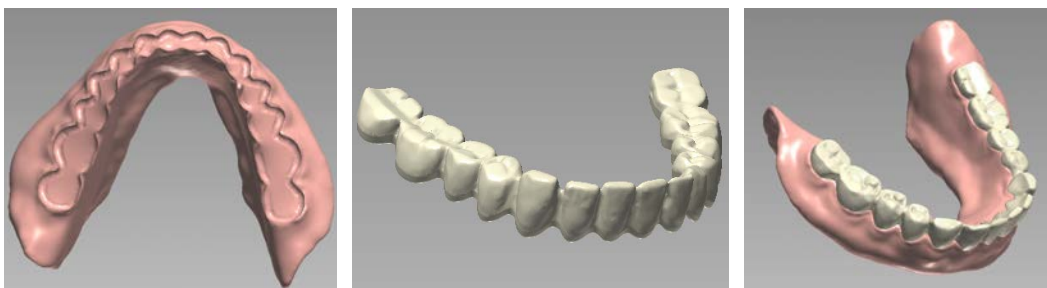


Figure 64



Vidéo 3 : présentation étape par étape de la conception numérique d'un Duplicata sur le logiciel 3Shape.

A l'issue de ce travail de conception, qui peut être réalisé par le chirurgien-dentiste ou par le prothésiste, on obtient un Duplicata virtuel personnalisé avec les corrections recherchées. Il est alors possible de passer à la fabrication de celui-ci.

3- Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO)

La Fabrication Assistée par Ordinateur décrit la fabrication matérielle du modèle de restauration conçu par CAO.

C'est le logiciel de FAO, souvent intégré avec le système de fabrication, qui permet de définir les paramètres de fabrication et d'élaborer la stratégie d'usinage ou d'impression 3D. Cette fabrication est réalisée en 3 flux : le pré-traitement, le traitement et le post-traitement.

Le pré-traitement consiste en l'association du modèle virtuel obtenu par CAO avec les données techniques du processus d'usinage ou d'impression : on choisit donc le format du matériau (bloc, galette) ainsi que les paramètres des outils d'usinage (géométrie, vitesse de coupe, vitesse d'avance...). Ce fichier ne peut être obtenu car l'organisation des données est spécifique à chaque logiciel de FAO. (40)

Le traitement établit la stratégie d'usinage en plusieurs séquences. Chaque séquence d'usinage est un groupe de trajectoires des outils (calculées automatiquement à partir d'un algorithme) donné par la vitesse de coupe et la vitesse d'avance (vitesse relative de déplacement de l'outil par rapport à l'objet).

Le post-traitement permet de générer un programme interprétable (en fichier G-code) par une commande numérique, à partir du fichier de traitement. Ce fichier donne toutes les instructions nécessaires à la machine-outil à commande numérique (d'impression ou

d'usinage) pour que celle-ci fonctionne de façon optimale et que la pièce soit façonnée de façon précise.

C'est le directeur de commande numérique qui reçoit le programme de commande et qui permet la fabrication de la pièce prothétique via des axes numériques. (40)

Pour fabriquer un Duplicata, il est possible d'utiliser l'impression ou l'usinage. On privilégiera un système plutôt que l'autre en fonction du rôle recherché, de la solution thérapeutique envisagée.

Si on décide d'utiliser le Duplicata pour une étape de conception d'une nouvelle prothèse ou comme guide à la pose d'implant par exemple (Duplicata intermédiaire), l'impression sera privilégiée. En effet, cette méthode permet d'obtenir des résultats convenables en termes de précision, moins coûteux mais aussi beaucoup moins esthétiques.

L'usinage de blocs de matériaux hautement polymérisés permettra d'obtenir des Duplicatas de qualité haut de gamme, plus précis, beaucoup plus esthétiques avec aucune variation dimensionnelle mais pour un coût plus important. On privilégiera cette méthode en cas de port prolongé du Duplicata, transitoire ou permanent.

	Impression 3D	Usinage
CRITERES DE CHOIX		
Coût	+	+++
Durée de port de la prothèse	+/++	+++
Confort	++	+++
Adaptation et reproductibilité	++	+++
Esthétique	+/++	++/+++
Potentiel allergène	Important	Très faible
INDICATIONS CLINIQUES		
Duplicata intermédiaire (maquette d'occlusion personnalisée)	+++	+
Duplicata transitoire Rééducation NMA	++	++/+++
Duplicata d'usage	+	+++
Mise en condition tissulaire pré-/post-prothétique	++	++
Guide implantaire	+++	+

Tableau 5 : comparaison des propriétés et indications entre l'impression et l'usinage d'une PAC.

Dans cette partie, il paraît important de présenter différents procédés de fabrication et différents types de matériaux biocompatibles pouvant être utilisés pour la fabrication ainsi que, plus succinctement, quelques machines d'impression ou d'usinage existantes sur le marché.

A) Impression 3D d'un Duplicata

L'impression 3D est une technique de fabrication dite « additive » qui procède par ajout de matière en couches successives depuis une modélisation 3D, afin de concevoir une pièce en volume. Elle est utilisée dans des domaines aussi variés que le prototypage, l'industrie, l'aéronautique, la construction, l'armée, la bio-impression ou l'alimentation. (42)

Plusieurs protocoles d'impression 3D existent, en fonction du résultat esthétique et fonctionnel recherché (comme vu en introduction) :

- Impression de l'ensemble du Duplicata monobloc (base et arc) en une seule fois



Figure 65

- Impression de la base, impression de l'arc dentaire (en une ou plusieurs parties) et collage de l'ensemble

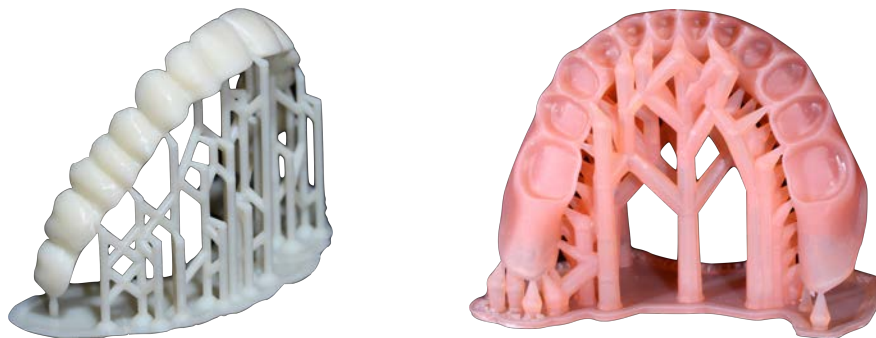


Figure 66 : arc dentaire et base imprimés en V-Print Dentbase (VOCO).

- Impression de la base et collage d'un arc dentaire usiné

a) Matériaux

Parmi les matériaux d'impression existants sur le marché, les polymères résine sont les plus utilisés en dentisterie. Cependant, il existe également des imprimantes à métaux (implants, chapes) et à céramiques (couronnes, bridges...). (43)

De nombreux types de polymères sont disponibles dans le commerce, mais les plus prometteurs pour l'impression 3D sont les résines photo-polymérisables (polyméthacrylates de méthyle (PMMA)), utilisées avec la Stéréolithographie (SLA).

Présentées sous forme liquide pour permettre l'impression, elles durcissent grâce à la lumière.

Par ailleurs, ces résines offrent de nombreuses qualités : durabilité, biocompatibilité, meilleure résistance mécanique, moins de perte d'informations au niveau des bases et de la position des dents lors de la conception (variations dimensionnelles lors de la polymérisation en méthode traditionnelle), meilleur état de surface avec moins de porosités (donc moins de fixation de micro-organismes). (27)

Voici quelques marques et détails techniques de matériaux existants sur le marché (données recueillies auprès des fabricants) :

1. Résines disponibles pour l'impression de Duplicatas monochromes :

- Dental SG V1 (Formlabs) : biocompatible, Classe I avec norme ISO, pour concevoir des guides chirurgicaux en implantologie avec une précision allant jusqu'à 100 microns. (27)
- Dental LT Clear Resin (Formlabs) : biocompatible, Classe IIa, pour concevoir des dispositifs dentaires, des guides chirurgicaux, des gouttières biocompatibles et des plaques occlusales transparentes. Résolution possible de 100ym avec post-polymérisation.
- DS3000 (DWS) : biocompatible, Classe I avec la marque CE permettant son utilisation intra-orale, transparent, haute précision pour concevoir des guides chirurgicaux et autres dispositifs qui auront une faible durée de port en bouche. (34)
- V-Print Try-In (VOCO) : biocompatible, Classe I, permettant l'impression de corps d'essai pour tester et modifier l'ajustage, l'occlusion, la fonctionnalité, la phonétique et l'esthétique avant la fabrication de travaux prothétiques. Teinte : beige. La résine V-Print Model Fast de chez VOCO, de couleur bleue, propose la même fonction avec une vitesse d'impression augmentée.



Figure 67 : matériau d'impression 3D Dental LT Clear Resin.

2. Résines disponibles pour l'impression de bases de teinte gingivale et d'arcs dentaires :

- Denture Base Résine (Formlabs) : biocompatible, permet la conception de bases de prothèses amovibles en résine et de modèles d'essayage avec une résolution d'impression de 50µm. Disponible en 4 teintes semi-translucides offrant un rendu naturel : rose clair (LP), rose original (OP), rouge rosé (RP), rose foncé (DP).
- Denture Teeth Résine : biocompatible, permettant de concevoir des arcs dentaires. Avec une résolution de 50µm. Disponible en plusieurs teintes semi-translucides : A1, A2, A3, A3,5, B1, B2.

Les résines Formlabs sont compatibles et certifiées avec les machines d'impression Form 3B et Form 2. Une post-polymérisation est également requise et recommandée avec la Form Cure.

- V-Print Dentbase (VOCO) : biocompatible, Classe IIa, cette résine permet l'impression de bases de PAC de couleur rose avec post-traitement nécessaire.



Figure 68

- GL4000 (DWS) : biocompatible, elle permet l'impression de bases de couleur rose. Un post-traitement n'est pas nécessaire.
- NEXT DENT Denture 3D+ : biocompatible de Classe IIa ayant une faible rétraction de prise, spécialisée dans l'impression de bases de prothèses amovibles en résine. Disponible en 5 teintes : rose foncé, rose clair, rose opaque, rose-rouge et rose translucide.
- NEXTDENT C&B MFH : matériau hybride micro-chargé biocompatible de classe IIa, conçu pour la confection d'arcs dentaires. Disponible en plusieurs teintes : N1, N1.5, N2, N2.5, N3, BL.

MFH	VITA	Remark
Bleach	B1	Or lighter
N1	A1 - A2	
N1.5	A3 - A3,5	
N2	B3	
N2.5	B4	
N3	A4	Or darker
T	C1	

Tableau 6 : équivalence de teinte entre les matériaux d'impression d'arcs dentaires de chez NEXTDENT, de chez Remark et la norme VITA.

Les matériaux d'impression NEXTDENT sont compatibles et officiellement testés avec les MOCN de la marque Ceramill.



Figure 69 : matériaux d'impression 3D NEXT DENT Denture 3D+ (pour base) et NEXTDENT C&B MFH (pour arc dentaire).

- DENTCA Denture Base II : biocompatible, spécialisée dans l'impression de bases de prothèses amovibles en résine. Disponible en 4 teintes : dark pink, reddish pink, light pink, original pink.
- DENTCA Denture Teeth : biocompatible, pour la confection d'arcs dentaires. Disponible en plusieurs teintes : A1, A2, B1.

Il existe d'autres types de polymères dont nous ne traiterons pas ici, car moins utilisés en Odontologie.

b) Technologies d'impression 3D

De nombreuses technologies d'impression 3D sont proposées. La plus utilisée en Odontologie est la Stéréolithographie (SLA). C'est aussi la méthode de choix pour l'impression de Duplicatas.

De la résine liquide photosensible est versée dans un bac. Une plateforme de fabrication plonge dans la résine, laissant un espace par rapport au fond du bac égal à l'épaisseur de chaque couche de résine souhaitée. La plateforme supporte la pièce et la déplace verticalement (selon un axe Z) afin de polymériser une nouvelle couche à chaque fois. A chaque couche, lorsque la plateforme remonte la pièce, un flux de résine est versé dans le bac. Pour chaque couche, un laser ultraviolet est projeté (selon un axe X et Y) dans la résine pour polymériser sélectivement chaque voxel de chaque couche de l'objet à imprimer. Ce processus est répété jusqu'à ce que l'impression soit terminée. (42,44)

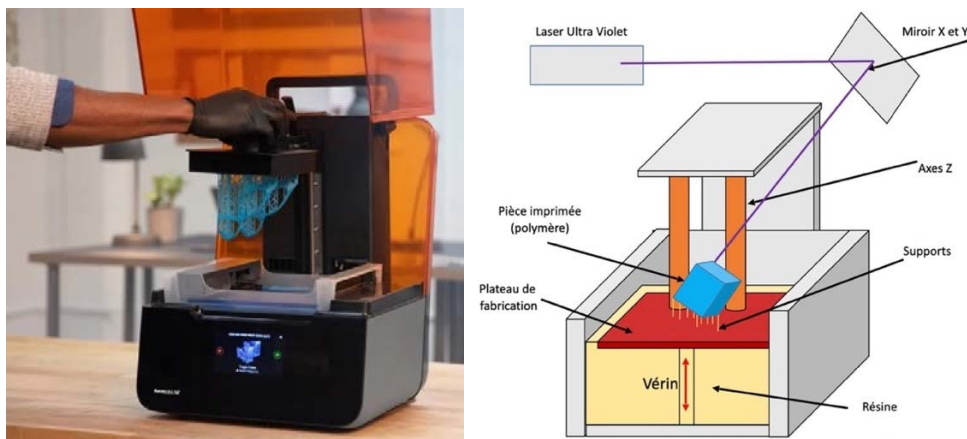


Figure 70 : machine d'impression Form 3 (Formlabs) et schéma de fonctionnement de la SLA (laser en haut).



Vidéo 4 : explication du fonctionnement de l'impression 3D par Stéréolithographie.

Conçue dans les années 80, cette méthode a connu de nombreuses améliorations au fil des années et présente l'atout d'être la plus précise (avec des couches de 10µm d'épaisseur (axe Z) et une résolution allant de 10 à 20µm) donnant le meilleur état de surface, critère essentiel en dentisterie. (45)

Ces machines sont étalonnées afin d'offrir le meilleur rendu possible selon la résine que l'on utilise. Il est ainsi possible de modifier de nombreux paramètres, tels que la finesse de coupe, la résolution d'impression X-Y, l'angle de construction, le temps de polymérisation et l'intensité de polymérisation par couche. (34)

On distingue 2 catégories de technologies SLA :

1. SLA Laser

La plateforme se déplace vers le haut, en dehors du bac de résine, pour sortir la pièce imprimée au fur et à mesure de l'impression des couches. La résine est chauffée et le bac est flexible et déformable. Le laser ultraviolet est mobile et réalise un parcours de polymérisation pour chaque couche. Cette technique permet d'améliorer la qualité et la vitesse d'impression.

On retrouve la Form 3 de chez Formlabs, les XFAB de chez DWS ainsi que la Nexdent Ceramill 5100 de chez Amann Girrbach. Il est aussi possible d'acheter une imprimante 3D « non spécialisée » en Odontologie et de l'étalonner soi-même.

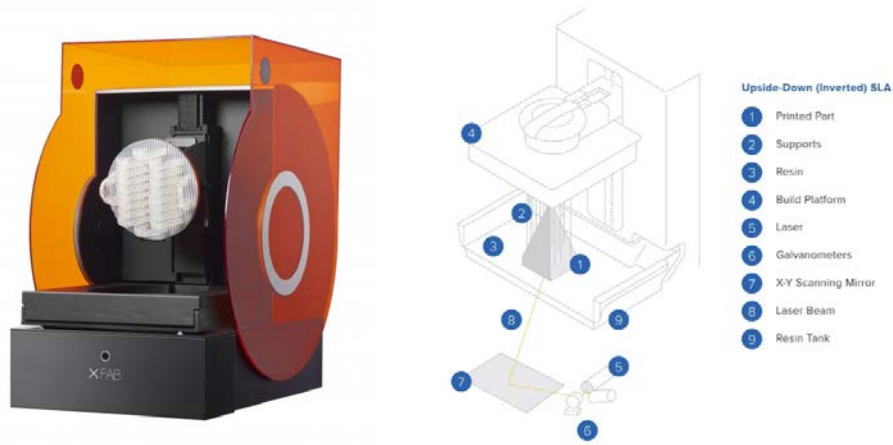


Figure 71 : machine d'impression 3D XFAB 2500PD (DWS) et schéma de fonctionnement du SLA laser.

2. SLA Digital Light Processing (DLP)

Cette technique utilise un projecteur à écran numérique qui projette une image de la couche sur l'ensemble de la plateforme de fabrication, polymérisant tous les points de la couche simultanément. (44)

En détail, la source lumineuse est réfléchiée sur une matrice de micro-miroirs (DMD) qui renvoie ou non la lumière vers le fond du bac en résine. Chaque miroir correspond à un pixel de chaque couche. On polymérise ainsi chaque couche dans son intégralité en un instant. Plus rapide, cette technique a l'inconvénient d'offrir des couches plus épaisses que la SLA Laser (10 à 50µm).

On retrouve par exemple la MoonRay 3D Printer de chez Sprintray (qui propose également le software ainsi que de la résine biocompatible à usage dentaire).



Figure 72 : machine d'impression MoonRay S100 (SprintRay) et schéma de fonctionnement de la technologie DLP.

Cependant, la Stéréolithographie nécessite une phase de post-traitement de la résine, toxique à l'état liquide, afin de stabiliser les chaînes non polymérisées. Ce post-traitement est d'abord chimique avec passage de la pièce dans un bain d'isopropanol afin d'éliminer les résidus non polymérisés superficiels. Ensuite, il suffit de placer l'objet imprimé dans une enceinte à rayons ultraviolets pour finir la polymérisation. La résine devient biocompatible et ses propriétés mécaniques s'améliorent. (45)

Chez Formlabs, ce processus est simplifié avec la Form Wash et la Form Cure. Chez Amann Girrbach, c'est la NextDent LC-3D Print Box qui permet ce post-traitement. Par ailleurs, ces procédés ne sont pas éprouvés sur la propriété des matériaux (résistance mécanique, infiltration, usure, stabilité de la couleur, adhérence et mouillabilité) et dans le cas de l'impression de l'arc dentaire, l'esthétique est encore faible mais en cours d'amélioration (dents monochromes). (12)

Par la suite, les retouches et le polissage du Duplicata peuvent se faire via des instruments manuels classiques pour résine. (39)

B) Usinage d'un Duplicata

Le terme générique d'usinage regroupe un ensemble de procédés par enlèvement de matière (dit soustractifs) tels que le tournage (« turning »), le fraisage (« milling »), le perçage (« drilling »), le sciage (« sawing »), etc. Pour tous ces usinages, l'enlèvement de matière est réalisé grâce à une machine-outil possédant un moteur électrique et piloté numériquement. (46)

L'usinage est le procédé qui offre à ce jour la plus grande précision de fabrication de pièces prothétiques en Odontologie, notamment pour les résines, alumine, céramique, et est également la seule méthode permettant la conception de pièces en Zircon (frittée ou pré-frittée). (47)

Le plus communément, les machines d'usinage intègrent d'office un logiciel de CAO et de FAO capable de lire des fichiers STL (système ouvert), et les fabricants n'imposent pas toujours leurs propres matériaux. (47)

En Odontologie, un porte disque ainsi qu'un système d'aspiration pour l'usinage à sec ainsi qu'un système d'ioniseur pour l'usinage en milieu humide sont nécessaires pour limiter la poussière.



Figure 73 : système d'usinage Dentsply avec les matériaux Avadent.

a) Matériaux

Il existe de nombreux matériaux permettant l'usinage de prothèses ou de dispositifs dentaires. Pour l'usinage de Duplicatas, notre attention se concentre sur les disques en résine PMMA polymérisés sous haute pression et température. Ces disques sont disponibles en différentes teintes, dimensions et propriétés selon les fabricants et en fonction de l'objet à usiner. (48)



Figure 74 : disques d'usinage de bases prothétiques Lucitone 199 (Dentsply) et Denture Base PUCK (Avadent) de différentes teintes et dimensions.

Une des révolutions avec l'usinage de prothèses amovibles en résine est qu'il n'existe plus de déformation dimensionnelle. En méthode traditionnelle, une contraction de prise de la résine (allant de 0,45% à 0,9% du volume total de la prothèse (31)) a lieu au cours de la chémo-polymérisation. C'est un des problèmes majeurs d'une conception traditionnelle.

De ce fait, après la polymérisation, on ne peut pas remettre la PAC nouvellement conçue sur le modèle de travail.

Grâce à l'usinage de disques de PMMA pré-polymérisés de haute qualité, il n'y a pas de polymérisation à réaliser, donc pas de déformation dimensionnelle ! (12)

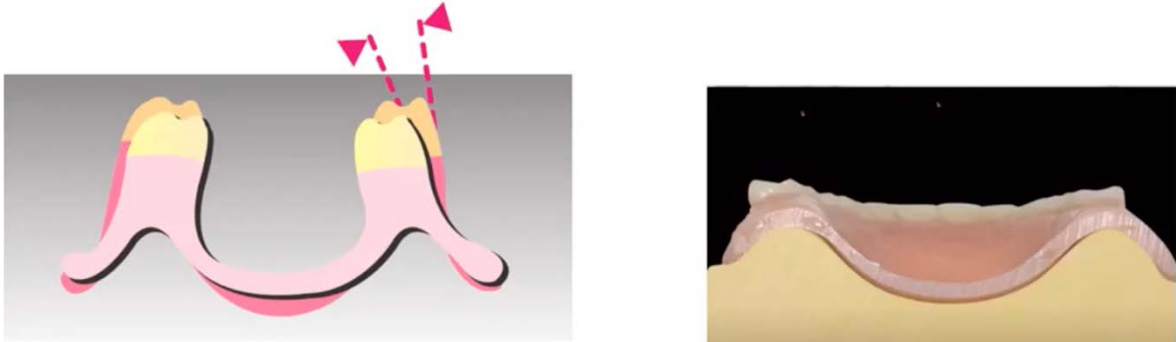


Figure 75 : démonstration de la déformation dimensionnelle due à la chémo-polymérisation.

Les solutions suivantes (liste non exhaustive de matériaux et leurs détails techniques) sont disponibles sur le marché pour l'usinage de prothèses amovibles en résine :

1. Amann Girrbach :

- 1- Disque arc dentaire : Ceramill COMP® en résine composite, disponible en 3 teintes.
- 2- Dents du commerce à coller : Ceramill d-set®.

Ils sont les seuls à proposer un usinage des pieds des dents parfaitement adapté aux alvéoles de l'extrados de la base.

2. VITA Vionic Solutions :

- 1- Disque base : disque en résine VITA Vionic Base® disponible en trois teintes : Orange-Pink, Deep-Pink, Light-Pink.
- 2- Colle PMMA : VITA VIONIC bond®.
- 3- Dents du commerce à coller : VITA VIONIC Vigo® (polymère ES).



Figure 76 : matériaux Vionic Solutions (VITA) destinés à l'usinage de la base et au collage de dents.

3. PALA

1. Dents du commerce à coller : PALA Mix&Match DS Premium 6 et Mondial 6 (dents antérieures), Mondial 8 et Idealis 8 (dents postérieures) disponibles en plusieurs teintes et dimensions (données du fabricant).

Les dents du commerce des marques VITA et PALA sont compatibles et certifiées avec la machine CAD/CAM Ceramill Motion 2 (Amann Girrbach) et sont référencées dans le catalogue du logiciel de CAO Ceramill D-Flow.

4. Ivoclar Vivadent Digital Denture :

- 1- Disque base : disque en résine Ivobase® CAD disponible en 4 teintes : Pink, Pink-V, Préférence et 34-V.
- 2- Disque arc dentaire : disque en résine double crosslink (équivalent SPE) DCL SR Vivodent® CAD.



Figure 77

3- Colle : Ivobase CAD Bond® à utiliser avec un guide de positionnement.



Figure 78

4- Dents du commerce à coller : SR Ivoclar Vivodent DCL, SR Vivodent S DCL, SR Vivodent SPE, SR Phonares II.

5- Disque base et arc dentaire en 1 bloc : technologie IVOTION avec Shell Geometry.



Figure 79.

5. Candulor

1- Dents du commerce à coller : Physioset TCR Resin (TwinCrossedResin, variante fortement modifiée du PMMA) ou Physiostar NFC+ Composite (NanoFilledComposite+).

6. Dentsply Sirona :

1. Disque base : disque en résine Lucitone 199 Denture Base Disc, disponible en 4 teintes et plusieurs dimensions : Original, Dark pink, Light pink, Light reddish pink (données du fabricant).
2. Dents du commerce à coller : Classic, IPN (crosslinked co-polymer), IPN 3D.

7. AVADENT :

1. Disque base : disque en résine AvaDent Denture Base PUCK, disponible en 3 teintes : Original, Light, Dark.

Les disques monobloc intègrent une base rose et une base couleur dent XCL1 (monochrome) et XCL2 (polychrome).

Les fabricants Dentsply et Avadent travaillent aujourd'hui en collaboration pour concevoir leur système de Digital Denture.

Il existe également des procédés d'usinage de la base avec un disque blanc en PMMA (par exemple le Vipi Block Trilux, VIPI Industria), qui est caractérisé dans un second temps avec une résine composite de teinte gingivale (GRADIA gum shadesa de chez GC).
(49)

b) Différents systèmes d'usinage et protocoles de Digital Denture

De plus en plus de systèmes sont proposés par les fabricants, ayant chacun une stratégie d'usinage différent. Voici une liste non exhaustive de systèmes d'usinage de prothèses amovibles complètes, dont les Duplicatas :

1. Amann Girrbach : Ceramill full denture system (FDS)
2. Ivoclar Vivadent : Digital denture
3. Dentca
4. Dentsply Sirona en collaboration avec Avadent
5. Exocad : FullDentureModule

Parmi toutes ces machines, il convient d'étudier leurs différences ainsi que nos besoins.

Les usineuses se différencient en fonction de différents éléments :

1. Le nombre d'axes d'usinage (47) : cela correspond au nombre de directions dans lesquelles la machine-outil peut déplacer ses fraises et le matériau (celui-ci est appelé le « brut ») :
 - 3 axes : cela correspond à un déplacement d'avant en arrière (x), de droite à gauche (y) et de haut en bas (z). Il permet d'usiner les pièces n'ayant pas de contre-dépouilles, notamment pour la confection de couronnes, chapes et bridges. Il est cependant nécessaire de retourner la pièce prothétique pendant l'usinage.

- 3 axes + 1 ou ½ : même fonctionnement qu'un système à 3 axes, mais la machine peut également effectuer une rotation à 180° de la pièce prothétique. Il n'est donc plus nécessaire de retourner la pièce manuellement.
- 4 axes : le 4^{ème} axe (A) permet de basculer la pièce prothétique de gauche à droite par un mouvement de roulis. Ce système offre la possibilité d'usiner des contre-dépouilles sur les plans latéraux (pour la conception de piliers par exemple).
- 5 axes : le 5^{ème} axe (B) permet de basculer la pièce prothétique d'avant en arrière pour usiner les contre-dépouilles situées sur les plans antéro-postérieurs (pour la conception de suprastructures complexes ou de séries de piliers).

Par ailleurs, l'orientation de l'outil par rapport à la surface usinée et la vitesse de coupe qui en découle sont des paramètres majeurs qui affectent fortement l'intégrité de surface (notamment la composante de rugosité). (50)

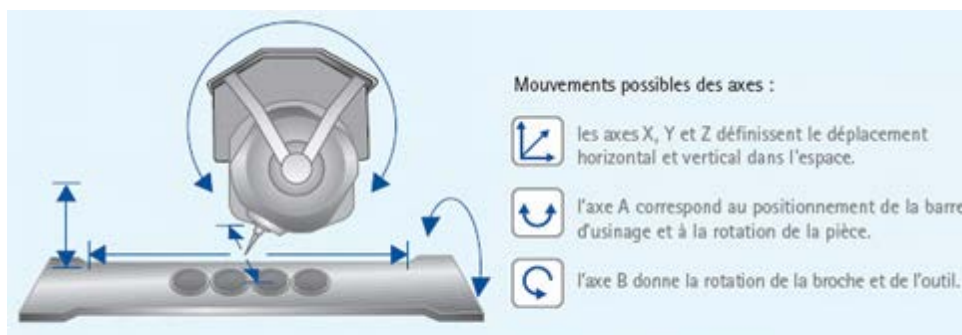


Figure 80 : mouvements à 5 axes de la MOCN Everest (KAVO).

2. Le nombre et le type d'outils nécessaires : si besoin, les outils de fraisage pourront être changés au cours du programme d'usinage en fonction de la pièce à usiner soit par l'opérateur, soit automatiquement. (51)
3. La forme et la dimension des outils de fraisage : la macro-géométrie est généralement conique à bout hémisphérique, la pointe de l'outil étant la zone principale sollicitée lors de l'usinage. (50)
4. Le type de matériau à usiner : il peut être de forme et dimension standardisée ou non, et de densité molle ou dure. Un matériau de densité dure demande plus de couple et de vitesse de rotation des fraises et doit être associé à un système de refroidissement thermique.
5. Nombre de pièces prothétiques usinables par disque et par jour (efficacité du système).

6. La qualité d'usinage qui dépend du rapport poids/rigidité/vitesse de rotation. Lors de l'usinage, les vibrations sont à éviter à tout prix car elles provoquent des défauts de conception.
7. Système d'entretien et de nettoyage :
 - A sec (utilisé en Odontologie)

Un système d'aspiration performant et situé proche de la tête à outil est indispensable. En effet, les copeaux et poussières produits lors de l'usinage peuvent encrasser le mécanisme de fraisage et diminuer la précision et l'efficacité de l'usinage.

Également, un système d'air pulsé et d'ions négatifs proche de la tête d'usinage aide à l'entretien du matériel. (12)

- A jet lubrifiant : huile, huile et eau (titane), huile et air. Principalement recherché pour l'usinage de matériaux durs ou de résine. (51)

c) Protocole de fabrication et d'usinage d'un Duplicata

Afin de concevoir une prothèse, il convient dans un premier temps de définir le projet sur le logiciel de FAO : date, opérateur, type de prothèse... dans notre cas nous choisirons l'usinage d'un Duplicata ou d'une PAC.

Ensuite, il faut sélectionner le matériau à usiner : nous utiliserons des disques en résine PMMA comme vu précédemment.

Enfin, il faut importer la modélisation virtuelle réalisée sur le logiciel de CAO. En fonction de ce qui a été choisi de faire par l'opérateur, la MOCN effectuera l'usinage de la base seule ou associée à l'usinage de l'arc dentaire complet ou par segment. Il faut réaliser le « nesting », autrement dit le placement virtuel de ou des pièces à usiner dans le disque de résine. Le logiciel vérifie alors qu'il y a suffisamment de place pour l'usinage et pas de contre-dépouilles.

En fonction de la précision recherchée et de la MOCN utilisée, il sera possible de définir le nombre d'axes de fraisage à utiliser ainsi que la qualité de la finition (standard, moyenne ou fine). Plus il y aura d'axes utilisés, plus le temps de fraisage sera long.

Chaque pièce usinée (base et arc(s) dentaire(s)) sera maintenue par une ou plusieurs tige(s) de fixation, dont l'emplacement doit être choisi par l'opérateur dans une zone qui ne

nécessite pas de précision car elle sera fraisée et polie manuellement (extrados prothétique). Certains logiciels de FAO proposent la suppression de cette tige par la machine elle-même. (51)



Figure 81 : tiges de maintien de la pièce prothétique usinée.

Grâce à toutes ces informations, le logiciel de FAO va définir la stratégie d'usinage, la vitesse de coupe et d'avance, l'orientation des outils par rapport à la prothèse usinée, autrement dit le parcours des axes de fraisage. Une prévisualisation de celui-ci est parfois proposée en fonction du logiciel. (48)

La stratégie d'usinage est décrite comme une méthodologie utilisée pour générer une série d'opérations, dans l'objectif d'usiner la forme souhaitée. En dentaire, cette stratégie est appliquée à des formes prothétiques complexes, comprenant des axes d'usinage concaves et convexes.

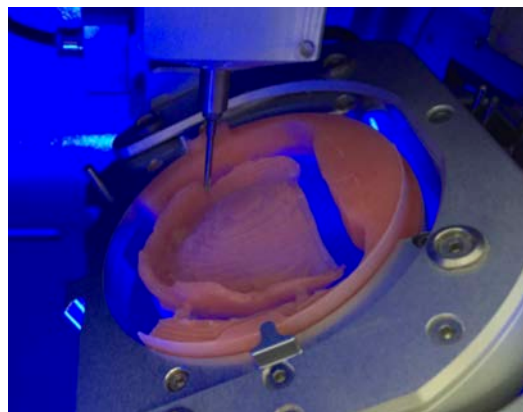


Figure 82 : intrados d'une PAC en cours d'usinage.

Techniquement, la prothèse est balayée suivant des courbes résultant de l'intersection entre les plans de guidages 2D et la surface de la prothèse, l'objectif étant de couvrir toutes les zones à usiner. (50) Ces plans de guidages 2D sont espacés d'un pas constant. Trois stratégies d'usinage sont proposées :

1. Par plans parallèles : les plans de guidage contiennent l'axe de l'outil, tangent à la surface de la prothèse, permettant l'usinage de l'intrados et de l'extrados. Cependant, les longues descentes et montées sur les axes colinéaires et quasi-colinéaires (zone périphérique des prothèses) entraînent une mauvaise qualité d'usinage.
2. Une variante des plans parallèles : elle se base sur des cylindres partiels, équidistants et coaxiaux à l'axe Z. La trajectoire est obtenue par la projection de cercles de rayons fixes sur la surface de la prothèse afin d'obtenir une courbe de balayage 3D. Les axes de translation Y sont remplacés par des axes rotatifs secondaires D, excentrés de 30mm par rapport aux axes Z. Cette stratégie est employée pour l'usinage de l'extrados et de l'intrados de couronnes.
3. Par niveaux de Z : les plans de guidage sont perpendiculaires à l'axe de l'outil, pour usiner l'intrados. Cependant, ne convient pas pour les surfaces perpendiculaires à l'axe de l'outil (faces occlusales).

Cliniquement, plusieurs méthodes de conception existent, en fonction du résultat esthétique et fonctionnel recherché (comme vu en introduction) :

- Usinage des bases avec le pied des dents et usinage des arcs dentaires « oversized », puis collage de l'ensemble.

Protocole général :

1. Usinage de l'extrados (avec l'emplacement des pieds du ou des arcs de dents)
2. Usinage de l'arc dentaire « oversized »
3. Assemblage avec une colle spécifique
4. Usinage de finition précis
5. Polissage



Figure 83 : usinage de la base (disque Ivobase® CAD), de l'arc dentaire (disque DCL SR Vivodent® CAD) et assemblage avec le protocole Ivoclar Vivadent Digital Denture.

- Usinage des bases avec le pied des dents et collage des dents du commerce (en résine ou en composite) avec ou sans guide de positionnement. C'est le procédé le plus qualitatif mais aussi le plus coûteux.

Protocole « Ivoclar Vivadent Digital Denture » :

1. Usinage de l'extrados du disque Ivobase® CAD (avec l'emplacement des pieds des dents).
2. Collage des dents SR Vivodent S DCL avec la colle Ivobase® CAD Bond et un guide de positionnement.
3. Usinage de l'intrados car parfois il faut usiner le pied des dents.
4. Finitions et polissage



Figure 84 : conception d'un Duplicata avec collage de dents du commerce SR Vivodent S DCL sur une base usinée à l'aide d'un guide de positionnement via le protocole Ivoclar Vivadent Digital Denture.

- Usinage des bases et des dents en 1 seul bloc (Monolithic process IVOTION, Ivoclar Vivadent)

Ce nouveau système révolutionnaire conçu par Ivoclar Vivadent propose l'usinage de la base (disque en IVOBASE high impact) et des dents (disque en highly crosslink) en 1 temps car les deux disques sont préalablement assemblés par liaison chimique. Cette liaison spécifique permet une transition homogène et sans contrainte entre la base et l'arc dentaire. Il existe des disques spécifiques à la conception de prothèses au maxillaire et d'autres spécifiques à la mandibule. Le procédé exact de collage des 2 disques n'est pas communiqué, ils s'emboîtent grâce à des encoches.



Figure 85

Pour permettre l'usinage d'une prothèse complète avec un seul disque, les disques et le logiciel de CAO/FAO 3Shape Dental System intègrent une nouvelle technologie de géométrie tridimensionnelle des dents et de l'arcade appelée Shell Geometry (géométrie coquillage). Cette technologie a été conçue grâce au recueil de l'ensemble des données issues des prothèses réalisées avec leurs module Digital Denture Professional du logiciel 3Shape. Elle permet de définir la ligne de transition entre la base et l'arc dentaire de façon précise quelle que soit la dimension de la base et de l'arc dentaire.

Pour ce faire, le guide de Shell Geometry est positionné via le logiciel 3Shape pour placer l'arcade dentaire sur la base et les dents peuvent être déplacées et redimensionnées individuellement. Chaque dent est placée dans une colonne du rayon de l'arcade du guide selon la taille des dents, de l'arc dentaire et de la base. La morphologie des dents peut également être choisie.

Par la suite, l'usinage se fait de manière macrogéométrique dans un premier temps suivi d'un usinage de finition. Un maquillage des fausses gencives est recommandé pour obtenir un résultat hautement esthétique.



Figure 86

Ivotion propose officiellement la conception de prothèses amovibles complètes uni- ou bi-maxillaires immédiates ou d'usage, supra-implantaires à 2 ancrages, et de Duplicata.

Voici le protocole de conception d'un Duplicata avec Ivotion en une seule journée :

1. Empreinte anatomo-fonctionnelle réalisée avec l'ancienne prothèse à Dupliquer suivi des modifications éventuelles de la prothèse directement sur celle-ci : position du point inter-incisif, choix des dents...



Figure 87

2. Scannage de l'intrados et de l'extrados avec le scan de table ou le SIO.
3. Conception et modifications de tous les éléments souhaités grâce au logiciel de CAO : ajustement de la DVO, accentuation des fosses occlusales usées, choix de l'anatomie occlusale...
4. Lancement de l'usinage de la prothèse avec finition.
5. Maquillage de la prothèse : permet d'accentuer les collets et les embrasures.



Figure 88

6. Polissage et pose.



Figure 89

Les avantages de cette technologie sont nombreux :

- Disques monolithiques donc résistance mécanique extrême,
- Diminution du temps et du coût de conception (car 1 disque par prothèse en 1 seul usinage),
- Un seul procédé de fraisage ininterrompu,
- Pas de collage entre la base et l'arc dentaire usiné ou les dents du commerce.

Cependant, on ne peut pour le moment usiner ces disques qu'avec les usineuses Ivoclar, qui recommande les usineuses de la gamme PrograMill (PM7, PM5 et Programill Dry) ou le système Zenotec Select.



Vidéo 5 : présentation de la technologie IVOTION de Ivoclar Vivadent.

3) Comparaison entre méthode traditionnelle et digitale

Certaines études ont cherché à évaluer s'il existait des différences significatives entre une conception prothétique par méthode traditionnelle et par méthode numérique. Ainsi, plusieurs éléments ont été comparés, notamment au niveau de la biocompatibilité, de l'ergonomie d'utilisation, du coût et de la reproductibilité.

Au niveau des Copy Dentures, les études montrent que celles qui sont issues d'une méthode digitale reproduisent la prothèse originale avec une précision et une reproductibilité nettement supérieure par rapport au Duplicata issu d'une méthode traditionnelle, aussi bien au niveau de la surface d'appui que de l'extrados et de l'occlusion. (34)

Une des études a mesuré la qualité des surfaces d'appui de 40 prothèses sur 60 points de mesure. Sur ces 40 prothèses, 10 ont été conçues avec une méthode de Pack & Press (compression et chauffage), 10 en pouring (résine fluide), 10 par injection et 10 en méthode numérique CAD/CAM. Grâce à un logiciel, une carte de coloration de surface a été appliquée sur chacune d'elles afin d'observer les variations d'adaptations de l'intrados sur la muqueuse buccale. Les résultats montrent qu'une conception en méthode numérique offre une reproductibilité nettement supérieure aux autres techniques de conception. (52)

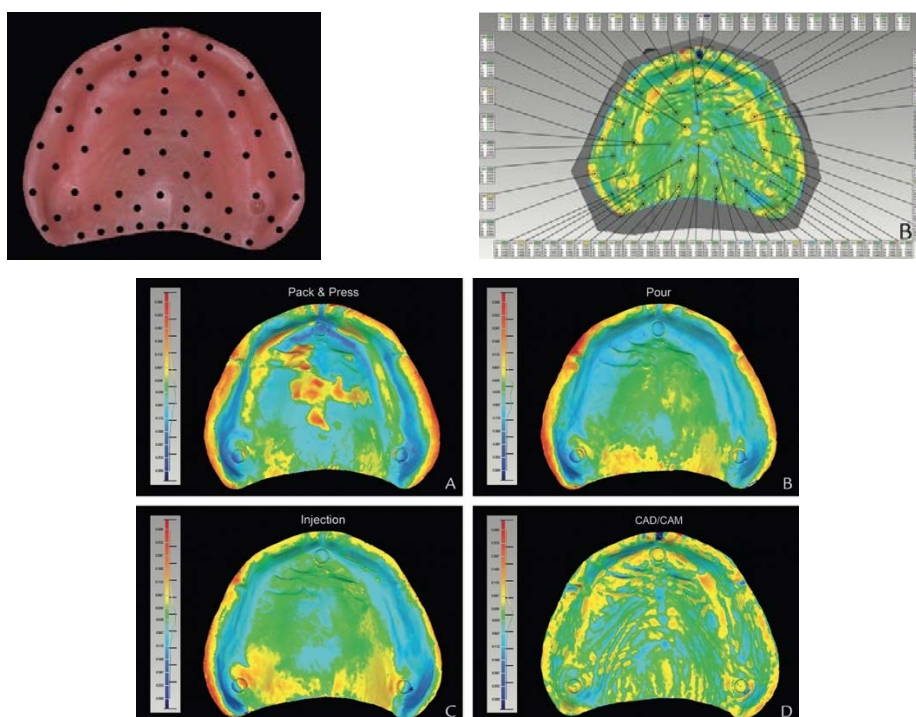


Figure 90 : comparaison informatique avec gradient colorimétrique de la qualité de la surface d'appui (rouge étant trop compressif, bleu pas suffisamment) de l'intrados prothétique en fonction de la méthode de conception.

Par ailleurs, on remarque une consommation d'énergie et de temps inférieure consacrée par le praticien, une diminution du taux de contamination salivaire par les monomères non polymérisés du Duplicata, ainsi qu'une pratique plus économique et plus respectueuse de l'environnement car elle utilise moins de matériaux. (39)

Concernant les matériaux utilisés dans la conception d'un Duplicata, on observe en CFAO par usinage un taux de polymérisation des résines très important grâce aux disques de résine PMMA pré-polymérisés en laboratoire sous haute pression et haute température (41) Ce taux de polymérisation est nettement plus important qu'une méthode traditionnelle de conception de Duplicata. Cette méthode nous permet donc d'obtenir au niveau du Duplicata, par rapport à une méthode traditionnelle :

1. Un meilleur état de surface donc moins de porosité et une diminution de la colonisation bactérienne : moins de stomatites sous-prothétiques et candidoses ;
2. Moins de libération de monomères non polymérisés dans la salive ;
3. Moins de rétraction de prise ;
4. Un poids et volume de la prothèse finale inférieure offrant un meilleur confort et une meilleure adaptabilité (53) ;
5. Une densité plus importante, ce qui augmente les propriétés biomécaniques de la prothèse. (53)

Le critère de biocompatibilité, notamment le potentiel allergène des matériaux, est devenu un élément de recherche important dans de nombreuses études sur les prothèses imprimées et usinées.

Les résines traditionnelles (acryliques, PMMA) pour la conception de bases de prothèses amovibles ont un potentiel allergène important sur le très court terme, mais également de façon moins marqué à long-terme due à la porosité du matériau ainsi qu'à la libération de monomères non polymérisés véhiculés par la salive aux structures bucco-dentaires. (54)

Parmi les monomères non polymérisés retrouvés dans le milieu salivaire, les études identifient principalement du Méthyl Méthacrylate (MMA) qui n'a pas été converti en poly-MMA lors de la polymérisation.

En pratique, les études montrent que le mode de polymérisation influence la quantité de ces MMA restants : la thermo-polymérisation obtient un meilleur taux de conversion que l'auto-polymérisation ou la photo-polymérisation. Également, plus le temps de polymérisation est long meilleur est le taux de conversion. (55)

Les symptômes les plus fréquents, proportionnels à la quantité de monomères présents, sont les douleurs et la sensation de brûlure au niveau du palais, de la langue, de la muqueuse buccale et de l'oropharynx.

Les facteurs aggravants sont la mauvaise adaptation des prothèses, la mauvaise hygiène bucco-dentaire, la mauvaise vascularisation de la muqueuse orale et une quantité et qualité de salive incorrecte (enzymes et microbiote). (55)

Chez les praticiens, l'inhalation de ces résines lors des manipulations peuvent produire l'irritation des poumons et l'atteinte du système nerveux central. (56)

Ainsi, une étude de 2016 a comparé le taux de libération de monomères non polymérisés après 7 jours dans un bain d'eau entre 4 systèmes CAD/CAM face à une technique traditionnelle de thermo-polymérisation. Toutes les prothèses conçues ont été polies de façon manuelle. Les résultats de l'étude montrent que les prothèses réalisées en CAD-CAM relarguent très peu de monomères, mais pas significativement moins qu'une prothèse thermo-polymérisée au bain-marie sur une longue durée (méthode de conception traditionnelle la plus élaborée, mais peu utilisée car très longue à mettre en œuvre). Cependant, ces méthodes ont un taux de conversion beaucoup plus important qu'une technique d'auto-polymérisation avec chémo-polymérisation (méthode traditionnelle la plus utilisée). (53)

Coûts de laboratoire pour PAC BI-MAXILLAIRE (en €)	Polymérisation Traditionnelle dents SPE	Protocole CFAO copie PAC POUR MAQUETTE MONOBLOC (impression monochrome)	Protocole CFAO copie PAC PROVISoire (impression esthétique base rose et arc dentaire couleur dents)	Protocole CFAO copie PAC D'USAGE (base et arcs usinés)	Protocole CFAO copie PAC D'USAGE (IVOTION)
Coût consommables	105	3	15	228	243
Temps et couts de travail prothésiste	290	12	35	35	26,25
Coût leasing et charges laboratoire	10	1	1,30	55	29,92
Temps de travail humain en heures	8h/290€	0,3h/12€	1h/35€	1h/35€	0,75h/26,25€
TOTAL	405	16€	51,30	318	299,17
Prix de vente du laboratoire à tarif identique entre PAC traditionnelle et numérique	580	40	180	580	580
Pourcentage des frais labos sur le prix de vente (%)	70	40	28,5	55	52
Bénéfice	175	24	128,7	262	281
Rentabilité du flux de travail (%)	30	60	71,5	45	48

Tableau 7 : comparatif des coûts de fabrication pour le laboratoire et du prix de vente au cabinet dentaire d'une PAC conçue par méthode traditionnelle par rapport à un Duplicata de prothèse imprimé ou usiné.

Enfin, il est essentiel d'aborder l'aspect financier de ces méthodes de fabrication. Pour ce faire, le Docteur Raynaldy a réalisé une étude tarifaire des différentes modalités de conception d'une PAC, traditionnelle ou par copie de prothèse imprimée ou usinée, en recueillant des données auprès de nombreux laboratoires de prothèses et en effectuant une moyenne des tarifs obtenus. Cette étude tarifaire inclue le coût des matériaux, le coût horaire corrélé au temps de travail pour le laboratoire, les charges matérielles du laboratoire. De ces données découle le bénéfice effectué par le laboratoire de prothèse.

Le constat est flagrant : malgré l'augmentation des prix du consommable et du matériel, on observe une diminution drastique du temps de travail en méthode numérique. Mais surtout, l'efficacité et la rentabilité augmentent de manière évidente.

A cela, il faut ajouter que le flux de travail augmente car le temps de conception gagné permet aux prothésistes et aux machines-outils d'être disponibles plus rapidement.

Cette étude a été effectuée afin de prouver aux praticiens et prothésistes que le passage progressif au tout numérique et aux copies de prothèse, bien que cela semble laborieux de

prime abord, est une réelle révolution technologique, qualitative et financière pour la prothèse amovible complète.

Conclusion

L'utilisation de Duplicatas conçus par méthodes traditionnelles est une technique qui existe depuis des dizaines d'années, cependant sa mise en œuvre est laborieuse, chronophage et onéreuse. C'est pourquoi son utilisation n'a jamais vraiment été intégrée dans la formation théorique et la pratique des praticiens au quotidien. Cependant, à l'aube du 21^{ème} siècle, notre profession est en train de connaître un tournant majeur.

Grâce aux systèmes numériques, le Duplicata devient un outil extrêmement efficace qui révolutionne la pratique de la prothèse amovible. De l'acquisition à la fabrication, en passant par la conception numérique, une quantité illimitée d'options thérapeutiques s'offre à nous. En prothèse amovible, cette révolution est encore précoce et une minorité de protocoles et d'indications est proposée à ce jour. Cependant, cette sphère intéresse enfin les industriels, conscients du « pool » grandissant de patient nécessitant des solutions amovibles, et de nouvelles technologies sont développées chaque année.

En effet, pour l'opérateur et le patient les avantages de l'intégration clinique des Duplicatas sont considérables : diminution drastique du temps de soin et du nombre de séances cliniques, amélioration de la qualité des PAC conçues (reproductibilité, toxicité...), atout thérapeutique dans la conception de nouvelles prothèses ou dans la stratégie implantaire...

Cependant, la mise en œuvre de cette technique nécessite une chaîne technologique à laquelle tous les praticiens ou prothésistes dentaires n'ont pas encore accès. De plus, la plupart des systèmes d'acquisition doivent encore être améliorés car ils ne proposent pas encore cette option clinique. L'idéal serait que les logiciels de CAO/FAO intègrent directement un module de conception de Duplicatas. Une formation continue permettant de former les praticiens déjà diplômés serait également nécessaire afin d'éviter un clivage thérapeutique transgénérationnel et démographique pour l'accès à ce type d'option thérapeutique.

Comme pour toute solution thérapeutique nouvelle, quelques années seront nécessaires avant que ce flux de travail devienne accessible à tous, praticiens comme patients, et qu'un jour peut-être, le Duplicata haut de gamme d'une PAC ne nécessite que quelques secondes...

Monsieur le Président du Jury :

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, rounded loop on the left and a long, thin horizontal stroke extending to the right.

Monsieur le Directeur de Thèse :

A handwritten signature in black ink, featuring a series of overlapping, slanted strokes that form a complex, somewhat abstract shape.

Tables des illustrations, tableaux et vidéos

Figures :

Figure 1 : parallélisme entre PO, ligne bipupillaire et commissures labiales. *Source : réalisé par moi-même.*

Figure 2 : parallélisme entre le PO et le Plan de Camper dans le plan sagittal. *Source : <http://lexique-lsf.injs-paris.fr/prothese-dentaire/plans-references>.*

Figure 3 : corrélation entre les crêtes, le PO et les forces fonctionnelles dans la stabilité de la PAC. Parallélisme (à gauche) et divergence (au milieu et à droite). *Source : Hüe O, Berteretche M-V. Prothèse complète: réalité clinique, solutions thérapeutiques.*

Figure 4 : mesure de l'étage inférieur de la face au compas d'or. *Source : Pompignoli M, Doukhan J-Y, Raux D. Prothèse complète : clinique et laboratoire. Vol. 2.*

Figure 5 : le soutien labial chez un édenté total (à gauche) et avec une réhabilitation prothétique complète (à droite). *Source : <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01739020/document>.*

Figure 6 : détermination des éléments esthétiques du sourire. *Source : réalisé par moi-même.*

Figure 7 : détermination des éléments esthétiques du sourire sur le bourrelet supérieur d'une maquette d'occlusion. *Source : <https://www.dentalespace.com/praticien/formationcontinue/utilisation-peek-prothese-implantaire/>.*

Figure 8 : parallélisme entre PO, ligne bipupillaire et commissures labiales. *Source : réalisé par moi-même.*

Figure 9 : recouvrement vertical de la lèvre supérieure. *Source : réalisé par moi-même.*

Figure 10 : indice de Lee. *Source : Pompignoli M, Doukhan J-Y, Raux D. Prothèse complète : clinique et laboratoire. Vol. 2.*

Figure 11 : différence de forme des incisives centrales maxillaires sous plusieurs angles de vue (à gauche) et corrélation entre celles-ci et la forme du visage (à droite). *Sources : 1) Guignes D. L'esthétique du sourire. 2) Pompignoli M, Doukhan J-Y, Raux D. Prothèse complète : clinique et laboratoire. Vol. 2.*

Figure 12 : différences de teintes et d'usure en fonction de l'âge. *Source : PELISSIER B. « Réussir sa stratification antérieure. ».*

Figure 13 : dimension verticale d'occlusion et dimension verticale en repos physiologique.

Source : [https://www.semanticscholar.org/paper/Perte-de-la-dimension-verticale-d'occlusion-\(DVO\)-%3A-Marsil/fc9c507aeaa3936b9d4186dc31acf270ba1c58d4/figure/2](https://www.semanticscholar.org/paper/Perte-de-la-dimension-verticale-d'occlusion-(DVO)-%3A-Marsil/fc9c507aeaa3936b9d4186dc31acf270ba1c58d4/figure/2).

Figure 14 : comparaison informatique de deux PAC différentes avec gradient colorimétrique par rapport à la qualité de la surface d'appui (rouge étant trop compressif, bleu pas suffisamment) de l'intrados prothétique : insuffisante (à gauche) et bien exploitée (à droite). Source : Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. *Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques*.

Figure 15 : crêtes flottantes et inflammations liées au port d'une prothèse inadaptée durant plusieurs années. Source : Archien C, Louis J, Helfer M, Mahiat Y, Minette C. *La prothèse amovible complète unimaxillaire : un traitement complexe, de nombreux pièges à éviter*.

Figure 16 : démonstration pratique de l'axiographie. Source : <https://algess-dental.ch/axiographie/>.

Figure 17 : point d'appui central (à gauche) et tracé de l'arc gothique de Gysi (à droite).

Sources : 1) [https://www.zm-](https://www.zm-online.de/archiv/2011/01/zahnmedizin/kieferrelationsbestimmung/)

[online.de/archiv/2011/01/zahnmedizin/kieferrelationsbestimmung/](https://www.zm-online.de/archiv/2011/01/zahnmedizin/kieferrelationsbestimmung/). 2)

<https://csd23.blogspot.com/2009/04/introduction-locclusion-therapeutique.html>.

Figure 18 : Duplicatas transitoires imprimés. Source : *cas clinique du Dr RAYNALDY*.

Figure 19 : Duplicatas intermédiaires utilisés comme maquettes PEI. Source : *idem*.

Figure 20 : modifications du modèle de travail virtuel d'une PAC sur le logiciel 3Shape, avant impression ou usinage. Source : *idem*.

Figure 21 : empreinte secondaire sur l'ancienne PAC (uni ou bi-maxillaire) et prise de RIA suivi d'un scan de la prothèse (ou des prothèses). Source : *idem*.

Figure 22 : Duplicata intermédiaire utilisé comme PEI hautement personnalisé pour une prise de RIA et une empreinte anatomo-fonctionnelle. Source : *idem*.

Figure 23 : transformation d'une prothèse partielle en prothèse complète par adjonction de cire, avec empreinte II et prise de RIA. Source : *idem*.

Figure 24 : PAC mandibulaire transitoire avec plans postérieurs bilatéraux. Source : *idem*.

Figure 25 : Duplicata transitoire de la PAC maxillaire usagée. Source : Benichou M, Destruhaut F, Ferrand F, Dusseau X, Gil L, Lazarini G, et al. *Réhabilitations mandibulaires complètes supra-implantaires retenues par couronnes télescopiques*.

Figure 26 : guide radiologique issu d'une PAC maxillaire avec forages parallèles obturés par un matériau radio-opaque et guide radiologique issu d'une PAC mandibulaire.

Sources : 1) Benichou M, Destruhaut F, Ferrand F, Dusseau X, Gil L, Lazarini G, et al. *Réhabilitations mandibulaires complètes supra-implantaires retenues par couronnes*

télescopiques. 2) Chamieh F, Fromentin O, Cougny P, Fragata P. *La CFAO au service de la prothèse amovible complète supra-implantaire.*

Figure 27 : scan des guides et positionnement des implants de façon numérique sur le logiciel implantaire. *Sources : 1) Benichou M, Destruhaut F, Ferrand F, Dusseau X, Gil L, Lazarini G, et al. Réhabilitations mandibulaires complètes supra-implantaires retenues par couronnes télescopiques. 2) Chamieh F, Fromentin O, Cougny P, Fragata P. La CFAO au service de la prothèse amovible complète supra-implantaire.*

Figure 28 : levée de lambeau et pose du guide chirurgical ajouré sur l'arcade maxillaire (méthode traditionnelle). *Source : Benichou M, Destruhaut F, Ferrand F, Dusseau X, Gil L, Lazarini G, et al. Réhabilitations mandibulaires complètes supra-implantaires retenues par couronnes télescopiques.*

Figure 29 : levée de lambeau et pose du guide chirurgical personnalisé fixé à la table osseuse sur l'arcade maxillaire (méthode numérique). *Source : Fougerais G. Comment créer un guide radiologique à partir d'une PAC existante au cabinet ?*

Figure 30 : levée de lambeau et pose du guide chirurgical personnalisé fixé à la table osseuse sur l'arcade mandibulaire (méthode numérique). *Source : Chamieh F, Fromentin O, Cougny P, Fragata P. La CFAO au service de la prothèse amovible complète supra-implantaire.*

Figure 31 : résultat post-opératoire de la pose des implants avec vis de cicatrisation en ayant utilisé des guides chirurgicaux. *Source : Benichou M, Destruhaut F, Ferrand F, Dusseau X, Gil L, Lazarini G, et al. Réhabilitations mandibulaires complètes supra-implantaires retenues par couronnes télescopiques.*

Figure 32 : Duplicata transitoire maxillaire. *Source : 1) Ferenczi-Troje A-M, Hüe O. Le duplicata en prothèse complète : indications, réalisations techniques. 2) Gorman CM, O'Sullivan M. Fabrication of a duplicate denture using visible light-polymerized resin as an interim denture base.*

Figure 33 : Duplicator de Lang. *Source : <https://www.amazon.com/Lang-Dental-Denture-Duplicator-Flask/dp/B00QQVVXDA>.*

Figure 34 : moulage d'une PAC mandibulaire à l'aide de silicone et d'une mise en moufle. *Source : Ferenczi-Troje A-M, Hüe O. Le duplicata en prothèse complète : indications, réalisations techniques.*

Figure 35 : encoches sur les deux parties (intradors et extradors) du moulage d'une PAC. *Source : Gorman CM, O'Sullivan M. Fabrication of a duplicate denture using visible light-polymerized resin as an interim denture base.*

Figure 36. *Source : Lindquist TJ, Narhi TO, Ettinger RL. Denture duplication technique*

with alternative materials.

Figures 37 à 40. *Source : Ferenczi-Troje A-M, Hüb O. Le duplicata en prothèse complète : indications, réalisations techniques.*

Figure 41. *Source : Ferenczi-Troje A-M, Hüb O. Le duplicata en prothèse complète : indications, réalisations techniques.*

Figures 42 à 45 : conception d'un Duplicata avec de la résine photopolymérisable. *Source : Gorman CM, O'Sullivan M. Fabrication of a duplicate denture using visible light-polymerized resin as an interim denture base.*

Figure 46 : conception d'un Duplicata avec de la résine chimopolymérisable. *Source : Ferenczi-Troje A-M, Hüb O. Le duplicata en prothèse complète : indications, réalisations techniques. Cah Prothèse. 1 sept 1999;107.*

Figure 47 : PAC d'origine et Duplicata côte à côte. *Source : Ferenczi-Troje A-M, Hüb O. Le duplicata en prothèse complète : indications, réalisations techniques.*

Figure 48 : Duplicatas intermédiaires en résine acrylique utilisés comme maquettes pour empreinte anatomo-fonctionnelle et prise de RIA. *Source : Soo S, Cheng AC. Complete denture copy technique—A practical application.*

Figure 49. *Source : issu du site fabricant VITA VIONIC.*

Figure 50. *Source : Boitelle P, Pacquet W, Tapie L. Historique et principes de fonctionnement du scanner intra-oral.*

Figure 51 : caméra optique sans fil 3Shape Trios 4. *Source : issu du site fabricant 3SHAPE.*

Figure 52 : scanner de laboratoire Ceramill Map 600. *Source : issu du site fabricant AMANNGIRRBACH.*

Figure 53. *Source : Boitelle P, Pacquet W, Tapie L. Historique et principes de fonctionnement du scanner intra-oral.*

Figure 54 : densification des points du nuage dans les zones complexes (de forte courbure) et élimination dans les zones de moindre intérêt. *Source : Boitelle P, Pacquet W, Tapie L. Historique et principes de fonctionnement du scanner intra-oral.*

Figure 55 : procédé d'acquisition par le logiciel d'acquisition. *Source : Boitelle P, Pacquet W, Tapie L. Historique et principes de fonctionnement du scanner intra-oral.*

Figure 56 : démonstration d'acquisition au format MESH (à gauche) et au format NURBS (à droite). *Sources : 1) <https://www.lifewire.com/mesh-vs-nurbs-for-3d-printing-2238>. 2) Tapie L. CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR - APPLICATION A L'INGENIERIE BIOMEDICALE.*

Figure 57 : conception d'un Duplicata avec arc dentaire segmenté de la base prothétique sur le logiciel de CAO 3Shape. *Source : cas clinique du Dr RAYNALDY.*

Figure 58 : match du scan du Duplicata avec une photo du patient de face sur Smile Design. *Source : Clark WA, Duqum I, Kowalski BJ. The digitally replicated denture technique: A case report.*

Figure 59 à 64. *Source : cas clinique du Dr RAYNALDY.*

Figure 65. *Source : idem.*

Figure 66 : arc dentaire et base imprimés en V-Print Dentbase (VOCO). *Source : idem.*

Figure 67 : matériau d'impression 3D Dental LT Clear Resin. *Source : issu du site fabricant FORMLABS.*

Figure 68. *Source : issu du site fabricant VOCO.*

Figure 69 : matériaux d'impression 3D NEXT DENT Denture 3D+ (pour base) et NEXTDENT C&B MFH (pour arc dentaire). *Source : issu du site fabricant AMANNGIRRBACH.*

Figure 70 : machine d'impression Form 3 (Formlabs) et schéma de fonctionnement de la SLA (laser en haut). *Sources : 1) Issu du site fabricant FORMLABS. 2) <https://www.3dprint.fr/prototypage/impression-3d-par-stereolithographie-sla/>.*

Figure 71 : machine d'impression 3D XFAB 2500PD (DWS) et schéma de fonctionnement du SLA laser. *Sources : 1) Issu du site fabricant DWS. 2) Issu du site fabricant FORMLABS.*

Figure 72 : machine d'impression MoonRay S100 (SprintRay) et schéma de fonctionnement de la technologie DLP. *Sources : 1) Issu du site fabricant SPRINTRAY. 2) Issu du site fabricant FORMLABS.*

Figure 73 : système d'usinage Dentsply avec les matériaux Avadent. *Source : issu du site fabricant DENTSPLY.*

Figure 74 : disques d'usinage de bases prothétiques Lucitone 199 (Dentsply) et Denture Base PUCK (Avadent) de différentes teintes et dimensions. *Source : issu du site fabricant DENTSPLY.*

Figure 75 : démonstration de la déformation dimensionnelle due à la chémo-polymérisation. *Source : issu du Dr RAYNALDY.*

Figure 76 : matériaux Vionic Solutions (VITA) destinés à l'usinage de la base et au collage de dents. *Source : issu du site fabricant VITA.*

Figure 77. *Source : issu du site fabricant IVOCLAR VIVADENT.*

Figure 78. *Source : issu du Dr RAYNALDY.*

Figure 79. *Source : issu du site fabricant IVOCLAR VIVADENT.*

Figure 80 : mouvements à 5 axes de la MOCN Everest (KAVO). *Source : Bermes-Klaine R. La fabrication assistée par ordinateur en prothèse.*

Figure 81 : tiges de maintien de la pièce prothétique usinée. *Source : issu du site fabricant AMANNGIRRBACH.*

Figure 82 : intrados d'une PAC en cours d'usinage. *Source : issu du Dr RAYNALDY.*

Figure 83 : usinage de la base (disque Ivobase® CAD), de l'arc dentaire (disque DCL SR Vivodent® CAD) et assemblage avec le protocole Ivoclar Vivadent Digital Denture. *Source : issue du fabricant IVOCLAR VIVADENT.*

Figure 84 : conception d'un Duplicata avec collage de dents du commerce SR Vivodent S DCL sur une base usinée à l'aide d'un guide de positionnement via le protocole Ivoclar Vivadent Digital Denture. *Source : issue du fabricant IVOCLAR VIVADENT.*

Figures 85 à 86. *Source : issue du fabricant IVOCLAR VIVADENT.*

Figures 87 et 88. *Source : issu du Dr RAYNALDY.*

Figure 89. *Source : issue du fabricant IVOCLAR VIVADENT.*

Figure 90 : comparaison informatique avec gradient colorimétrique de la qualité de la surface d'appui (rouge étant trop compressif, bleu pas suffisamment) de l'intrados prothétique en fonction de la méthode de conception. *Source : Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques.*

Tableaux :

Tableau 1 : tableau décisionnel avec la liste des éléments prothétiques essentiels à vérifier pour la réalisation d'un Duplicata. *Source : réalisé par moi-même.*

Tableau 2 et 3 : comparaison technique des différents systèmes d'acquisition disponibles sur le marché en 2021. *Source : Boitelle P, Pacquet W, Tapie L. Historique et principes de fonctionnement du scanner intra-oral.*

Tableau 4 : technologie et format des fichiers d'export d'acquisition de plusieurs fabricants de systèmes optiques IOS. *Source : Mangano F, Admakin O, Bonacina M, Lerner H, Rutkunas V, Mangano C. Justesse de 12 scanners intra-oraux pour l'empreinte implantaire de l'arcade complète : une étude comparative in vitro.*

Tableau 5 : comparaison des propriétés et indications entre l'impression et l'usinage d'une PAC. *Source : réalisé par moi-même.*

Tableau 6 : équivalence de teinte entre les matériaux d'impression d'arcs dentaires de chez NEXTDENT, de chez Remark et la norme VITA. *Source : issu du site fabricant NEXTDENT.*

Tableau 7 : comparatif des coûts de fabrication pour le laboratoire et du prix de vente au cabinet dentaire d'une PAC conçue par méthode traditionnelle par rapport à un duplicata de prothèse imprimé ou usiné. *Source : réalisé par le Dr RAYNALDY.*

Vidéos :

Vidéo 1 : mise en œuvre d'un moulage d'une PAC par méthode traditionnelle, avec Duplicator de Lang et silicone. *Source : issue du fabricant LANGDENTAL.*

Vidéo 2 : acquisition d'une PAC mandibulaire au scanner intra-oral Trios 3. *Source : cas clinique du Dr RAYNALDY.*

Vidéo 3 : présentation étape par étape de la conception numérique d'un Duplicata sur le logiciel 3Shape. *Source : cas clinique du Dr RAYNALDY.*

Vidéo 4 : explication du fonctionnement de l'impression 3D par Stéréolithographie. *Source : issue du fabricant FORMLABS.*

Vidéo 5 : présentation de la technologie IVOTION de Ivoclar Vivadent. *Source : issue du fabricant IVOCLAR VIVADENT.*

Liste des abréviations

PAC : Prothèse Amovible Complète

CFAO : Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur

OIM : Occlusion en Intercuspitation Maximale

RCMS : Relation Centrée Myo-Stabilisée

RC : Relation Centrée

RMC : Relation Myo-Centrée

PACSI : Prothèse Amovible Complète Supra-Implantaire

PO : Plan d'Occlusion

BIC : Bloc Incisivo-Canin

DVO : Dimension Verticale d'Occlusion

ATM : Articulation Temporo-Mandibulaire

DVP : Dimension Verticale Phonétique

ELIPM Espace Libre d'Inclusion Phonétique Minimum

DVRP : Dimension Verticale de Repos Physiologique

ELIRP : Espace Libre d'Inclusion en Repos Physiologique

NMA : Neuro-Musculo-Articulaire

RIA : Rapport Inter-Arcade

PEI : Porte-Empreinte Individuel

STL : Stéréolithographie

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

MOCN : Machine-Outil à Commande Numérique

SIO : Scanner Intra-Oral

PMMA : PolyMéthacrylate de Méthyle

SLA : Stéréolithographie

DLP : Digital Light Processing

MMA : Méthyl Méthacrylate

Références bibliographiques

1. Soo S, Cheng AC. Complete denture copy technique—A practical application. *Singapore Dent J.* déc 2014;35:65-70.
2. Orthlieb JD, Bezzina S, Preckel EB. Le plan de traitement et les 8 critères occlusaux de reconstruction (OCTA). 2001;3:11.
3. Dorgal J-H. Critères architecturaux de reconstruction des dents antéro-mandibulaires. 2018;70.
4. Hennequin D. L'examen clinique des dysharmonies temporo-mandibulaires. 2020;22.
5. Destruhaut D. Le montage fonctionnel en prothèse amovible complète. 2019.
6. Archien C, Louis J, Helfer M, Mahiat Y, Minette C. La prothèse amovible complète unimaxillaire : un traitement complexe, de nombreux pièges à éviter. 2006;6:12.
7. Destruhaut D. De la prothèse transitoire à la prothèse d'usage en prothèse amovible complète. 2020.
8. Hüe O, Berteretche M-V. Prothèse complète: réalité clinique, solutions thérapeutiques. Paris: Quintessence international; 2004.
9. L'Estrange PR, Vig PS. A comparative study of the occlusal plane in dentulous and edentulous subjects. *J Prosthet Dent.* mai 1975;33(5):495-503.
10. Destruhaut D. L'esthétique du sourire en prothèse amovible complète. 2019.
11. Fajri L, Abdelkoui A, Abdedine A. Approche esthétique en prothèse amovible complète. *Actual Odonto-Stomatol.* nov 2013;(266):16-26.
12. DU CFAO TOULOUSE. Cours PAC 2.0 DU CFAO Luc Raynaldy [Internet]. 2020 [cité 25 janv 2021]. Disponible sur:
<https://www.youtube.com/watch?v=dfuNPupcklQ&feature=youtu.be>
13. Guignes D. L'esthétique du sourire. 2018;12.
14. Pompignoli M, Doukhan J-Y, Raux D. Prothèse complète : clinique et laboratoire. Vol. 2. Edition CDP; 2005. 168 p.
15. Barukh L, Braud A. Perception de l'esthétique dento-faciale et attentes esthétiques des patients totalement édentés pris en charge pour la réalisation d'une prothèse amovible complète maxillaire. 2018;6.
16. Destruhaut D. Détermination du rapport inter-arcade en prothèse amovible complète. 2019;5.
17. Destruhaut D. Montage fonctionnel en prothèse amovible complète clinique. 2019.
18. Destruhaut D. Introduction à la prothèse totale. 2018;8.

19. Destruhaut D. Les empreintes primaires en prothèse amovible complète. 2018.
20. Destruhaut D. Les empreintes secondaires en prothèse amovible complète. 2018;18.
21. Cambronne C, Raynaldy L. Pathologie de la personne âgée et MCNMA. Faculté d'Odontologie de Toulouse; 2020.
22. Gueye M, Ndindin AC, Kamara PI, Badji K, Mbodj EB. Taux de survie à 5 ans des prothèses amovibles complètes réalisées à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 2018;6.
23. Lindquist TJ, Narhi TO, Ettinger RL. Denture duplication technique with alternative materials. J Prosthet Dent. janv 1997;77(1):97-8.
24. Ferenczi-Troje A-M, Hüe O. Le duplicata en prothèse complète : indications, réalisations techniques. Cah Prothèse. 1 sept 1999;107.
25. Clark WA, Duqum I, Kowalski BJ. The digitally replicated denture technique: A case report. J Esthet Restor Dent. 11 déc 2018;jerd.12447.
26. Chautard M. Tissu Level/BLX : le couple parfait. Clin Couple BLX Tissu Level. nov 2020;(395).
27. Takeda Y, Lau J, Nouh H, Hirayama H. A 3D printing replication technique for fabricating digital dentures. J Prosthet Dent. sept 2020;124(3):251-6.
28. ALDEBERT L, EXBRAYAT P, LAMBOVA E, GONIN J. Réhabilitation d'un édentement bimaxillaire. 2019;(25:30-43.):14.
29. Margossian P, Laborde G, Mariani P. Guides radiologiques et chirurgicaux en implantologie. EMC Elsevier Masson SAS Paris. 2009;(23-330-A-05):6.
30. Benichou M, Destruhaut F, Ferrand F, Dusseau X, Gil L, Lazarini G, et al. Réhabilitations mandibulaires complètes supra-implantaires retenues par couronnes télescopiques. 2018;12.
31. Chamieh F, Fromentin O, Cougny P, Fragata P. La CFAO au service de la prothèse amovible complète supra-implantaire. 2018;18.
32. Fougerais G. Comment créer un guide radiologique à partir d'une PAC existante au cabinet ? [Internet]. idweblogs. 2014. Disponible sur: <https://www.idweblogs.com/implantologie-numerique/comment-creer-guide-radiologique-partir-dune-pac-existante-au-cabinet/>
33. Gorman CM, O'Sullivan M. Fabrication of a duplicate denture using visible light-polymerized resin as an interim denture base. J Prosthet Dent. nov 2006;96(5):374-6.
34. An Investigation into the Trueness and Precision of Copy Denture Templates Produced by Rapid Prototyping and Conventional Means. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2017;(25):186-92.

35. Tronet J, Pinet-Dessein J. La résine acrylique. *Orthod Fr.* mars 2009;80(1):49-50.
36. Boitelle P, Pacquet W, Tapie L. Historique et principes de fonctionnement du scanner intra-oral. *Clin Empr Opt Dans Tous Ses États.* févr 2021;398:112.
37. O'Neill B. Scanners 3D dentaires pour laboratoires : guide et sélection de produits [Internet]. aniwaa. 2021. Disponible sur: https://www.aniwaa.fr/guide-achat/scanners-3d/scanners-3d-dentaires-laboratoires/#Dentisterie_et_scan_3D
38. Synergy. Laboratoire dentaire : bien choisir son scanner de table [Internet]. Synergie Dentaire. 2020. Disponible sur: <https://www.synergiedentaire.com/?p=4553>
39. Kurahashi K, Matsuda T, Goto T, Ishida Y, Ito T, Ichikawa T. Duplication of complete dentures using general-purpose handheld optical scanner and 3-dimensional printer: Introduction and clinical considerations. *J Prosthodont Res.* janv 2017;61(1):81-6.
40. Tapie L. CONCEPTION ET FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR - APPLICATION A L'INGENIERIE BIOMEDICALE. 2020;134.
41. Briere E. *Le Duplicata en CFAO.* Toulouse; 2020.
42. Wikipédia. Impression 3D [Internet]. Wikipédia. 2021. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/wiki/Impression_3D
43. Impression 3d Dentaire [Internet]. KREOS DENTAL. 2020. Disponible sur: <https://www.kreos-dental.fr/guide/cfao-dentaire/impression-3d-dentaire/>
44. Formlabs. SLA ou DLP : Comparaison des techniques d'impression 3D en résine [Internet]. Formlabs. 2020. Disponible sur: <https://formlabs.com/fr/blog/sla-dlp-impression-3D-comparee/>
45. Gianardi D, Volpi G, Garcia J. Fabrication additive-impression 3D dans le domaine de la santé. 2019;28.
46. Lebon N. Procédés de mise en forme par usinage : cas du fraisage. *Inf Dent* [Internet]. 4 nov 2018;(2). Disponible sur: <https://www.information-dentaire.fr/formations/procedes-de-mise-en-forme-par-usinage%E2%80%89-cas-du-fraisage/>
47. CNIFPD, UNPPD. *Le guide de la CFAO dentaire.* 2009;70.
48. Bermes-Klaine R. La fabrication assistée par ordinateur en prothèse. 2013;132.
49. Millet C, Virard F, Ducret M. Prothèses complètes monoblocs par CFAO. 2020;7.
50. Lebon N. Impact de l'usinage par CFAO sur l'intégrité de surface des prothèses dentaires coronaires. 2017.
51. Orione Y. *La numérisation au laboratoire de prothèse dentaire.* Nantes; 2015.
52. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent.*

août 2016;116(2):249-56.

53. Steinmassl P-A, Wiedemair V, Huck C, Klaunzer F, Steinmassl O, Grunert I, et al. Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures? Clin Oral Investig. juin 2017;21(5):1697-705.

54. Matsuo H, Suenaga H, Takahashi M, Suzuki O, Sasaki K, Takahashi N. Deterioration of polymethyl methacrylate dentures in the oral cavity. Dent Mater J. 2015;34(2):234-9.

55. Rashid H, Sheikh Z, Vohra F. Allergic effects of the residual monomer used in denture base acrylic resins. Eur J Dent. oct 2015;09(04):614-9.

56. Walther UI, Walther SC, Liebl B, Reichl FX, Kehe K, Nilius M, et al. Cytotoxicity of ingredients of various dental materials and related compounds in L2- and A549 cells. J Biomed Mater Res. 2002;63(5):643-9.

LE DUPLICATA EN PROTHESE AMOVIBLE COMPLETE

RESUME EN FRANÇAIS :

Le Duplicata en Odontologie (« Copy Denture » en anglais) est la réplique d'une prothèse. Ces copies de prothèses offrent des solutions thérapeutiques révolutionnaires en prothèse amovible complète, tant pour les patients que pour les cliniciens. Grâce au développement du numérique, les protocoles de conception de Duplicatas imprimés ou usinés sont grandement simplifiés. Ainsi, les domaines d'application de ces copies se sont fortement développés. Cependant, avant toute conception de Duplicata, il est essentiel de pouvoir faire une analyse critique précise de la prothèse à copier. Cette nouvelle technique est un atout thérapeutique qui offre la possibilité de concevoir des PAC transitoires ou d'usage de façon plus efficiente, reproductible et moins couteuse.

Ce travail propose un guide complet au sujet des Duplicatas en PAC, en détaillant l'analyse d'une PAC, l'indication clinique des copies de prothèse et leurs mise en œuvre.

TITRE EN ANGLAIS : Copy Denture.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie Dentaire

MOTS-CLES : prothèse, prothèse amovible, prothèse amovible complète, PAC, duplicata, copy denture, copie de prothèse, numérique, CFAO, scanner intra-oral, scanner de table, guide chirurgical, guide radiologique, impression, usinage, contamination, déformation dimensionnelle, chirurgien-dentiste.

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

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

Directeur de thèse : Dr Luc RAYNALDY.