

UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

[Année de soutenance : 2022]

N°:

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

Présentée et soutenue publiquement le 15 février 2022

Par Gauthier MERLEVEDE

Né le 22 décembre 1997 à Saint-Pol-sur-Mer - FRANCE

Empreintes et relation intermaxillaire numériques en prothèse amovible complète associée au concept Gerber : essais cliniques et protocoles spécifiques au CHRU de Lille

JURY

Président : Monsieur le Professeur Pascal BEHIN
Asseseurs : Monsieur le Docteur Claude LEFEVRE
Monsieur le Docteur Thierry DELCAMBRE
Monsieur le Docteur Thomas DENNEULIN

Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Scolarité	:	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Responsable du Département d' Odontologie Pédiatrique Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
W. PACQUET	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable du Département de Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Table des matières

Introduction	9
Pré-requis : le concept GERBER.....	10
1 - L'apport du numérique	13
1.1 Le scanner intra-oral.....	13
1.2 La précision et la justesse	13
1.2.1 Niveau de précision requis en prothèse amovible.....	13
1.2.1.1 In vitro	13
1.2.1.2 La place du scanner intra-oral dans la chronologie de traitement.....	14
1.2.1.3 La réflexion sur l'intervalle limite acceptable	14
1.2.2 Précision des différents procédés d'empreinte	15
1.2.2.1 La technique d'empreinte traditionnelle versus le scanner intra-oral.....	15
1.2.2.2 La comparaison de l'alginat au scanner intra-oral	15
1.2.2.3 Le scanner extra-oral de laboratoire et le scanner intra-oral.....	16
1.3 La relation avec le laboratoire de prothèse.....	17
1.3.1 Les avantages du dialogue numérique	17
1.3.1.1 Le traitement des empreintes	17
1.3.1.2 La mise en moufle	18
1.3.1.3 La polymérisation.....	18
1.3.2 En conception et fabrication complètes assistées par ordinateur	18
1.3.2.1 Technique de l'usinage par opposition à la technique par pression	18
1.3.2.2 Une prothèse plus précise	19
1.3.3 Dentiste et prothésiste.....	20
1.3.3.1 Le laboratoire délocalisé.....	20
1.3.3.2 Le laboratoire de conception assistée par ordinateur, travail de l'infoprothésiste	20
1.3.3.3 Travailler avec des prothésistes en France	21
1.3.3.4 La communication avec le prothésiste.....	21
2 - Application clinique	23
2.1 Prothèse complète amovible et scanner intra-oral : la compatibilité au travers de cas cliniques.....	23
2.1.1 L'enregistrement des surfaces osseuses.....	23
2.1.1.1 Sans instruments spécifiques	23
2.1.1.2 Avec outils spécifiques	25
2.1.2 La séquence d'enregistrement.....	26
2.1.2.1 Au maxillaire	26
2.1.2.2 À la mandibule.....	27
2.1.2.3 La séquence proposée par 3shape®.....	28
2.1.3 L'enregistrement du jeu de la musculature périphérique	29
2.1.3.1 Le système AVADENT™.....	30
2.1.3.2 Scanner une prothèse existante.....	30
2.2 Le scanning facial	31
2.2.1 Utilisation.....	31
2.2.2 Application « Bellus3D »	32
3 - Développement d'un protocole	34
3.1 Mise en place d'un protocole spécifique à la prothèse amovible complète au travers de différents essais cliniques et précliniques.....	34
3.1.1 Utilité du concept Gerber en prothèse amovible complète en CFAO :.....	34
3.1.2 Premier essai clinique	35

3.1.2.1	Matériel	35
3.1.2.2	Méthode	36
3.1.2.3	Résultat	36
3.1.2.4	Discussion	36
3.1.3	Premier essai préclinique	37
3.1.3.1	Matériel	37
3.1.3.2	Méthode	37
3.1.3.3	Résultat	38
3.1.3.4	Discussion	38
3.1.4	Conception d'un PEI intégrant un gnathomètre à l'aide du logiciel DentalWings..	38
3.1.5	Conception des porte-empreintes individuels	39
3.1.5.1	Réalisation d'un bourrelet de préhension aux dimensions adéquates à l'aide d'outils non spécifiques disponibles sur DentalWings	39
3.1.5.2	Réalisation d'une maquette issue des empreintes primaires et du bourrelet d'occlusion en silicone	40
3.1.5.3	Conception d'un adaptateur au gnathomètre	40
3.1.5.3.1	Premier concept	41
3.1.5.3.1.1	Matériel :	41
3.1.5.3.1.2	Méthode	41
3.1.5.3.1.3	Résultat	41
3.1.5.3.1.4	Discussion.....	41
3.1.5.3.2	Modélisation du gnathomètre	42
3.1.5.3.3	Deuxième concept.....	42
3.1.5.3.3.1	Matériel :	42
3.1.5.3.3.2	Méthode :	43
3.1.5.3.3.3	Résultat	43
3.1.5.3.3.4	Discussion.....	44
3.1.5.3.4	Troisième concept	45
3.1.5.4	Adaptation du porte-gnathomètre à la maquette	45
3.1.5.5	Modification de la maquette en porte-empreinte individuel	46
3.2	Protocole final	47
3.2.1	Réalisation des empreintes primaires	47
3.2.1.1	Matériel :	47
3.2.1.2	Méthode	47
3.2.2	Conception des porte-empreintes	49
3.2.2.1	Première étape : conception des maquettes	49
3.2.2.2	Deuxième étape : modification des maquettes résine en PEI et porte- gnathomètre	56
3.2.2.3	Troisième étape : mise en place dans le logiciel slicer en vue de l'impression 58	
3.2.3	Réalisation des empreintes secondaires et enregistrement de la relation intermaxillaire	59
3.2.3.1	Matériel	59
3.2.3.2	Méthode	59
	Discussion.....	63
	Conclusion	66
	Annexes	72
	Annexe 1 : étapes de conception, résumé du système AVADENT ® (montage personnel)..	73
	Annexe 2 : Séance clinique, protocole simplifié (illustration personnelle)	74
	Annexes 3 : Protocole conception des maquettes sur DentalWings	75
	Annexes 4 : Protocole de mise en forme du porte-empreinte individuel et de préparation pour accueillir le porte gnathomètre.....	79

Abréviation et lexique :

.STL : de l'anglais STereo Lithography est un fichier format informatique utilisé en stéréolithographie. Il décrit la géométrie de surface d'un objet en 3 dimensions.

CFAO : Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur issu du terme anglais CAD/CAM pour Computer-Assisted Design/Computer-Assisted Manufacturing. Cette abréviation regroupe l'ensemble des moyens de conception (logiciel 3D) et de fabrication (usineuse, machine-outil par technique additive).

CHRU : Centre Hospitalier Régional Universitaire.

DWOS : logiciel de traitement des scans et de conception de chez DentalWings.

Matching : correspondre, appairer.

PEI : Porte-empreinte individuel.

Résine PMMA : résine polyméthacrylate de méthyle.

Stéréolithographie (nf) : procédé de fabrication d'objets solides à partir d'un modèle numérique par apposition de couches successives (méthode additive).

Introduction

Le Centre Hospitalier Universitaire a pour mission la recherche, le soin et l'enseignement. Ce travail s'inscrit dans ces trois domaines. Il utilise des procédés récents issus de la recherche et de l'innovation. Il permet de faire évoluer les protocoles de prise en charge des patients. Et, il met à disposition des fiches pédagogiques pour l'application de ce protocole. Dans cette optique, il se concentre sur la conception de prothèses amovibles complètes chez le patient édenté total et propose d'intégrer ce dernier dans le flux numérique. L'idée est d'utiliser le scanner intra-oral, caméra qui retranscrit de façon numérique à un ordinateur la situation clinique intra-oral du patient, dans la prise en charge du patient édenté. Il s'est très vite avéré que cet outil n'était pas suffisant. Ainsi, est apparu évident que la modification de certains protocoles serait nécessaire. La détermination précoce, lors des séances d'empreintes, de la dimension verticale permet d'intégrer la situation clinique dans les logiciels de conception 3D. Ce sont donc ces étapes d'empreintes et d'enregistrement de la relation intermaxillaire qui vont être traitées. L'apport du concept Gerber permet cet enregistrement précoce. Ce concept prend la forme, en clinique, du gnathomètre. Cet outil va être adapté afin de faciliter l'enregistrement numérique et de soustraire une séance clinique à la conception de prothèses amovibles complètes.

Après une explication du concept Gerber, ce travail se décompose en trois parties. La première partie est consacrée à l'apport du numérique dans la prise en charge du patient édenté total. La deuxième partie est une approche clinique du sujet avec la considération de rapports de cas issus de la littérature. Enfin, la troisième partie est la mise en place de protocoles adaptés.

Une discussion sur les différents essais cliniques réalisés permet de valoriser les points intéressants des protocoles mais aussi d'envisager une poursuite de ces travaux.

Des fiches de récapitulation des protocoles cliniques et des phases de conception 3D sont également disponibles en annexes.

Pré-requis : le concept GERBER

Ce concept est utilisé dans plusieurs protocoles de prise en charge du patient édenté total en prothèse amovible complète, c'est pourquoi des notions de bases sont à rappeler.

Le Professeur Albert Gerber combat l'idée, dans les années 1950, que la surface de glissement des dents est similaire à la forme de la fosse glénoïde. De ce constat, il semble impossible de traiter un patient édenté total de 20 ans de la même manière qu'un patient de 70 ans. Il crée en 1960 l'articulateur « Translator ». Ce nom, qui semble directement tiré d'un film de James Cameron, traduit en réalité la possibilité de reproduire le plus fidèlement possible une relation inter-arcade en harmonie avec les articulations temporo-mandibulaires et de travailler en dimension verticale réelle. Selon Gerber, les bourrelets d'occlusion permettent uniquement la détermination de la dimension verticale d'occlusion. Ce serait même une erreur d'enregistrer la relation centrée avec ces derniers, puisque c'est le praticien qui place lui-même le patient dans cette position, ce qui peut entraîner des compressions discales, des latéro-déviation ou des proglissements (Fig.1).

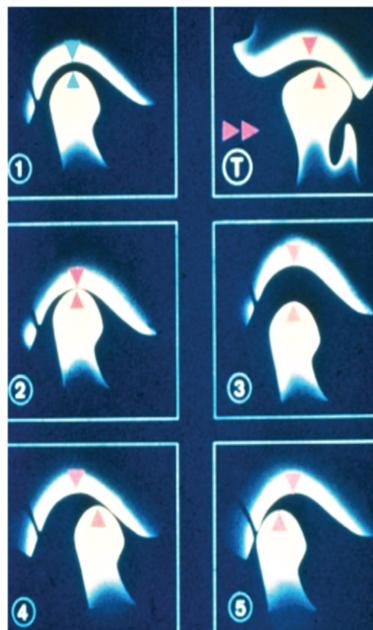


Figure 1 : Représentation schématique des éléments osseux des articulations en vue latérale.

Schéma n° 1 : relation normale

schéma n° 2 : espace articulaire extrême réduit - schéma n°3 : éléments articulaires très écartés (position dite « en distraction »)

schéma n° 4 : condyle déplacé vers l'avant, espace articulaire dorsal anormalement large - schéma n° 5 : condyle déplacé dorsalement et vers le bas, espace articulaire antérieur anormalement large et postérieurement rétréci.

Schéma T : déplacement transversal du condyle.

Ainsi, au lieu de créer un plateau à 4 pieds dont 2 pieds ne seraient pas stables car situés anatomiquement dans la cavité glénoïde, il crée un trépied avec un unique pied stable : le point d'appui central (Fig. 2).

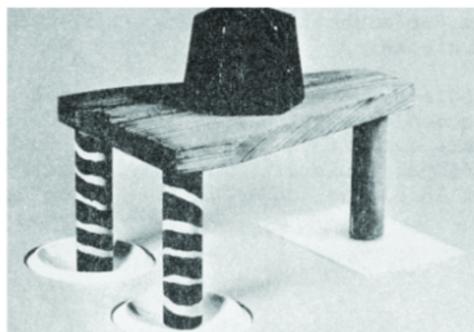


Figure 2 : Maquette Gerber

Ce n'est plus le patient placé par le praticien dans une position stable mais le patient qui détermine lui-même cette position via des mouvements de latéralités et de propulsion [1] (Fig. 3).

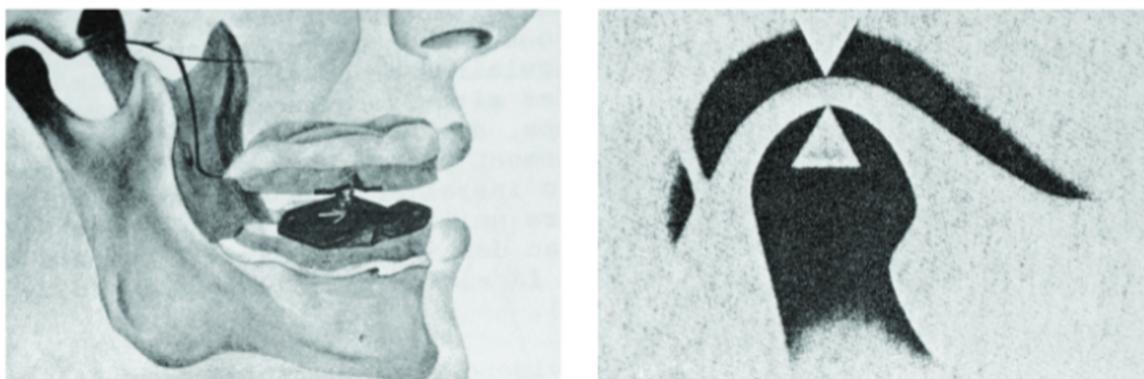


Figure 3 : Illustration de la société Condylator service de Zurich, principe de fonctionnement du gnathomètre en situation sur une prothèse complète in situ

En clinique, ce système est utilisé sur les bourrelets d'occlusion lors de l'étape de relation intermaxillaire. Il prend la forme du gnathomètre (Fig. 3). Ce gnathomètre n'est pas spécifique de l'empreinte numérique. Il est pensé pour un usage physique. Différents protocoles proposent de l'intégrer directement aux bourrelets de préhension lors des empreintes secondaires avec l'avantage de gagner une étape clinique. Un inconvénient est la dégradation de l'empreinte

secondaire lors des mises en bouche et retraits répétés. Le scanner intra-oral permet de s'affranchir de ce défaut. Un deuxième inconvénient est l'absence d'enregistrement du soutien de la lèvre par un bourrelet adapté, indispensable au prothésiste pour le positionnement des dents antérieures. En effet, pour positionner le gnathomètre sur les bourrelets, ces derniers doivent être réduits en hauteur annulant ainsi le soutien de la lèvre. Des pistes pour pallier à ce problème sont possibles grâce au scanner intra-oral.

1 - L'apport du numérique

1.1 Le scanner intra-oral

Il est appelé également caméra ou sonde optique. C'est un appareil complexe qui va émettre une onde lumineuse, puis la transformer en une information numérique qui sera exploitée par un ordinateur [2]. Ce scanner possède des caractéristiques propres. L'acquisition est en capture continue, c'est à dire que cette caméra filme les structures sans interruption.

1.2 La précision et la justesse

Pour rappel, la précision est la mesure de répétabilité, ou la ressemblance entre un résultat d'analyse et un autre. La justesse est le niveau de fidélité du résultat par rapport à la réalité.

1.2.1 Niveau de précision requis en prothèse amovible

Dans le cas du patient édenté total, la zone d'intérêt est l'arcade complète, et non une dent ou un secteur. En effet, ces scanners ont été imaginés dans le but de réaliser des prothèses fixes unitaires et plurales. De cette façon, la précision est mise sur la préparation de la dent concernée et sur la possibilité d'enregistrer des limites sulculaires correctes. De ce constat, le problème est l'accumulation d'erreurs sur une arcade complète.

1.2.1.1 In vitro

La première étude proposée ici, parue dans « The Journal of Prosthodontic Research » en 2019, concerne la justesse de différents scanners intra-oraux disponibles sur le marché (3shape Trios®, GC Aadvä®, DWIOS®).

Le modèle scanné est un modèle usiné en acier dont les dimensions sont parfaitement connues.

Cette étude révèle des écarts importants (<0,3 mm) sur certaines caméras notamment Planmeca® et DentalWings® [3]. Certaines caméras acceptent plus facilement de réaliser une empreinte optique chez le patient édenté total,

notamment la camera Trios de chez 3shape®. Ainsi, la question de trouver une limite acceptable se pose.

1.2.1.2 La place du scanner intra-oral dans la chronologie de traitement

Le scanner peut intervenir à différents moments de la prise en charge du patient. En bouche, il peut intervenir lors de l’empreinte primaire. L’impératif de l’empreinte primaire est d’obtenir une reproduction des tissus non mobilisables ou surface d’appui primaire de la prothèse.

Cependant, le scanner intra-oral n’est pas en mesure d’enregistrer le jeu de la musculature périphérique. En comparant un scan optique avec une empreinte conventionnelle, il apparaît très vite que les limites périphériques sont aberrantes avec le scan optique [4]. Par contre, le scanner intra-oral est capable de scanner une empreinte physique.

1.2.1.3 La réflexion sur l’intervalle limite acceptable

Il n’y a pas de marge d’erreur acceptable préétablie lors de la prise d’empreinte secondaire chez le patient édenté total.

En effet, l’objectif de l’empreinte en prothèse complète est de réaliser une approximation de la position des bases osseuses, support des prothèses, en enregistrant le revêtement muqueux. Cependant, la dépression et la qualité d’élasticité de ce système muqueux sont bien différentes en fonction des patients. Ce phénomène est défini par le caractère viscoélastique de la muqueuse. La viscoélasticité est le comportement d’un matériau face à une contrainte qui comporte une partie instantanée et une partie différée.

Le patient édenté total est statistiquement un patient souvent âgé. La qualité des muqueuses alvéolaires évolue avec l’âge. La phase différée de la réponse muqueuse face à la contrainte va être beaucoup plus lente. Des variabilités inter-individuelles importantes sont présentes [5].

Cette variabilité est inter-individu mais aussi intra-individu puisque l’épaisseur de la muqueuse peut varier, de 0,3 mm sur la muqueuse buccale attachée au niveau canin mandibulaire, à 6,7 mm au niveau des tubérosités maxillaires[6] (Fig.4). L’augmentation de l’épaisseur augmente le potentiel viscoélastique de cette dernière.

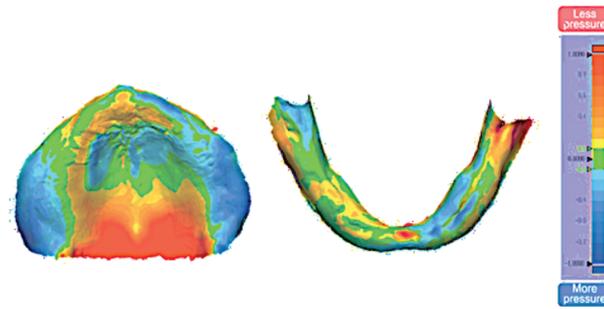


Figure 4 : variabilité dépression muqueuse en fonction du site anatomique

Ainsi, trouver une valeur limite acceptable n'est pas cohérent. Il prévaut de valider tous les systèmes par de la clinique. Le recul clinique fait défaut sur ce sujet, mais la quantité de travaux réalisés est de plus en plus importante. Il est donc fort probable que cette question n'ait plus d'utilité dans quelques années.

1.2.2 Précision des différents procédés d'empreinte

1.2.2.1 La technique d'empreinte traditionnelle versus le scanner intra-oral

L'empreinte optique est suffisamment précise pour les travaux de prothèse fixée et permet un gain de temps relatif au fauteuil. Le gain de temps est surtout bénéfique au laboratoire et pendant le transport [7].

1.2.2.2 La comparaison de l'alginate au scanner intra-oral

L'alginate est un matériau peu compressif mais il soumet tout de même la muqueuse à une pression surtout s'il est dans une phase de polymérisation plus avancée. De ce fait, il est difficile de réaliser une étude de reproductibilité entre l'alginate et le scanner intra-oral. Il y a souvent une plus grande variabilité entre 2 scanners intra-oraux différents qu'entre un scanner et une empreinte physique [8–10] (Fig.5).

L'écart maximal enregistré dans une étude *in vivo* qui, compare le scanner intra-oral et l'empreinte primaire au niveau lingual mandibulaire, est de 0,14 mm [11].

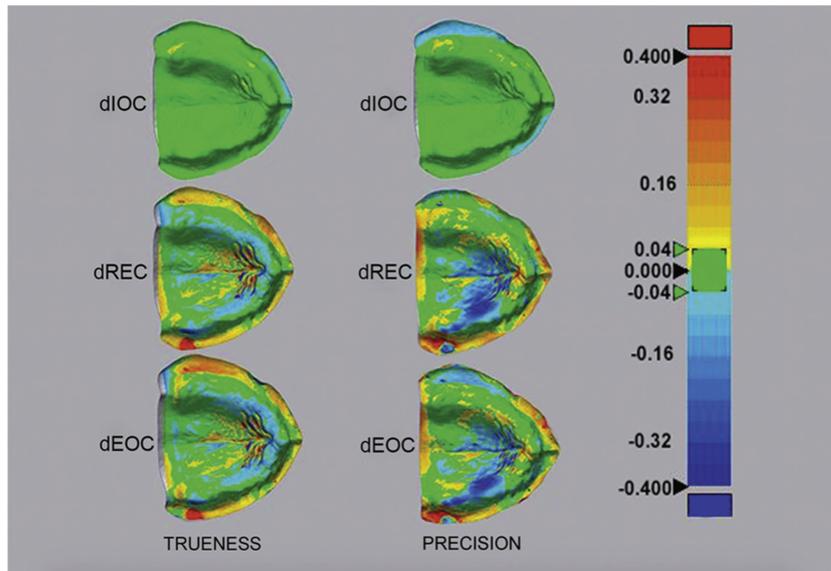


Figure 5 : justesse et précision comparées entre un scan issu d'un scanner intra-oral (dLOC), d'une empreinte physique avec un scanner laboratoire (dEOC) et de cette empreinte issue du scanner laboratoire inversée (dREC)

Cette modélisation des déviations de l'empreinte primaire comparée au scanner intra-oral laisse apparaître une zone très rouge en palatin. Cela s'explique par la compression de la zone vélo-palatine par l'empreinte physique. Cette compression est absente lors du scan numérique.

Il est à noter également la nécessité de nettoyer les scans réalisés au niveau des zones de réflexions labiales et jugales. En effet, il est impossible au scanner intra-oral d'enregistrer ces zones ; les supprimer de cette modélisation permet d'éviter les valeurs aberrantes.

1.2.2.3 Le scanner extra-oral de laboratoire et le scanner intra-oral

L'intérêt est de réaliser une empreinte secondaire physique classique avec un porte-empreinte individuel réalisé par le prothésiste issu d'une première empreinte optique. Cette empreinte peut être scannée au cabinet dentaire directement après sa réalisation via le scanner intra-oral. Cela évite ainsi un transport d'une empreinte avec les biais de déformation et de temps qui lui sont liés.

Scanner une empreinte physique avec un scanner intra-oral est plus rapide que de scanner l'arcade d'un patient édenté total. En effet, les éléments anatomiques tel que la langue et les joues rendent difficiles le passage de la tête de caméra. Ces mêmes éléments entraînent des déformations muqueuses puisque la tête de caméra doit refouler ces derniers pour enregistrer les surfaces ce qui entraîne des pertes d'acquisition. Sur une empreinte physique, la situation clinique est figée et cette empreinte est orientable dans tous les sens de l'espace pour enregistrer les surfaces ce qui rend son enregistrement numérique plus rapide.

Une étude *in vitro* met en évidence la différence de précision et de justesse entre un scanner intra-oral (3shape Trios 3 POD) et un scanner de laboratoire (DScan 3 de chez EGS®).

Un modèle physique d'un patient édenté total en résine est imprimé. Dans un premier temps, le scanner intra-oral scanne directement ce modèle. Dans un second temps, une empreinte physique au polysulfure à l'aide d'un porte-empreinte individuel de ce modèle est réalisée. Cette empreinte est scannée à l'aide du scanner de laboratoire. Ceci est effectué 10 fois [12].

Les différents fichiers sont alors intégrés dans un logiciel de superposition.

La précision et la justesse du scanner intra-oral sont supérieures lorsque le scan est réalisé directement sur le modèle. Cette précision est inférieure lorsque l'empreinte physique est ajoutée comme intermédiaire. Les erreurs sont de 0,4 mm au maximum dans les zones de réflexion jugales proches du trigone. Ceci est à mettre en relation avec la clinique car, en bouche, il est impossible d'enregistrer ces zones avec un scanner intra-oral.

1.3 La relation avec le laboratoire de prothèse

1.3.1 Les avantages du dialogue numérique

1.3.1.1 Le traitement des empreintes

L'étape de décontamination est importante pour limiter la transmission des micro-organismes du patient vers le laboratoire de prothèse.

Cette étape n'est pas utile lorsque le travail s'effectue en flux numérique.

1.3.1.2 La mise en moufle

La maquette en cire sur son modèle est placée dans un moule en deux parties et remplie de plâtre Odoncia. Un silicone protège les dents du risque de fracture. Le moule est refermé. Une fois le plâtre dur, il est immergé dans l'eau bouillante. Le moule est ouvert, la cire est retirée et le plâtre est isolé par une solution de silicate de sodium. Les défauts de cette stratégie sont le passage par un moulage en plâtre de la base en cire qui rajoute un biais de déformation et la mise en place de la résine qui entraîne une rétractation de prise [13]. Ce biais n'est pas présent en technique par usinage car la résine est déjà polymérisée lors de l'usinage.

1.3.1.3 La polymérisation

La polymérisation par compression permet de créer des nuances de teintes et de marquer des éléments anatomiques tel que des veinules dans la base en résine. Cette personnalisation intégrée dans la base résine n'est pas possible via un procédé d'usinage.

Cependant, en flux numérique, la machine-outil prend en charge cette partie conception et décharge le prothésiste. Le maquillage de la résine permet d'obtenir un dégradé de teinte de gencive, cependant, le maquillage va s'altérer dans le temps plus rapidement que les couches de résines décrites précédemment.

1.3.2 En conception et fabrication complètes assistées par ordinateur

Le but ultime est de réaliser, sans empreintes physiques, une prothèse amovible complète. C'est aujourd'hui non réalisable. La conception des porte-empreintes individuels peut être faite par ordinateur par le prothésiste qui les envoie numériquement au praticien. Elles seront imprimées dans son cabinet via une imprimante 3D. L'ambition finale est de limiter le transport à la seule prothèse amovible finie.

1.3.2.1 Technique de l'usinage par opposition à la technique par pression

Le montage des dents se fait via un ordinateur qui permet de visualiser leurs

positions, leurs formes et leurs spécificités choisies par l'opérateur (prothésiste et/ou dentiste). Ainsi, des échanges numériques, entre le prothésiste et le Chirurgien-dentiste, sont possibles avant toute conception physique. Le logiciel permet de faire respecter automatiquement les règles de montage en fonction des paramètres enregistrés sur le patient. Ces paramètres sont principalement :

- La hauteur disponible pour le montage définie par la dimension verticale
- La position des bases osseuses en relation centrée
- La position des centres inter-incisifs
- La ligne du sourire.

L'usinage est réalisé à la fin de la conception de la prothèse sur ordinateur.

Un disque de résine polyméthacrylate de méthyle (PMMA) déjà polymérisé est utilisé. Son avantage par rapport à la technique traditionnelle est la diminution du taux de monomères libres et de la porosité de la prothèse finie. Ainsi, les effets des monomères sur la santé sont diminués et la possibilité pour les bactéries d'adhérer à la prothèse, notamment du *Candida Albicans* responsable de stomatites, est limitée [14].

Deux possibilités se présentent en fonction des systèmes :

- Dans le système AVADENT®, un unique bloc de résine PMMA en teinte gencive est usiné. Des alvéoles vides vont accueillir des dents du commerce préalablement choisies. Ces dents seront par la suite collées à l'aide d'une résine composite.
- IVOCLAR® développe Ivotion Denture System et propose désormais un double disque avec une face teinte gencive et une face teinte dent. Les dents et la plaque résine sont ainsi usinées en même temps.

1.3.2.2 Une prothèse plus précise

Les prothèses usinées offrent un ajustement supérieur aux techniques traditionnelles d'environ 50 microns. Cela est dû au phénomène de rétractation de prise des résines après avoir été soumises à des températures élevées [15].

Les résultats restent tout de même très acceptables cliniquement. La conception par compression de prothèse de palais ovoïdes semble cependant

être plus précise [13].

1.3.3 Dentiste et prothésiste

1.3.3.1 Le laboratoire délocalisé

Tous les prothésistes ne réalisent pas ce type de procédé. En effet, l'investissement est très important et ne permet la réalisation que de prothèses en résine.

Les disques de résine PMMA coûtent en moyenne 40 à 50 euros en mono-teinte. Un disque ne permet la réalisation que d'une seule prothèse.

Il est donc plus simple de se diriger vers des firmes qui travaillent avec de grands volumes. La firme AVADENT basée aux États-Unis ou la firme IVOCLAR Vivadent basée aux Pays-Bas par exemple travaillent avec leur propre protocole dans un éco-système fermé puisque tout le matériel nécessaire à la réalisation de la prothèse est vendu ou travaillé en partenariat direct avec ces firmes.

D'autres solutions existent en fonction de l'environnement de travail.

1.3.3.2 Le laboratoire de conception assistée par ordinateur, travail de l'infoprothésiste

Il s'agit d'un laboratoire qui n'a pas forcément la possibilité d'usiner la prothèse finie mais qui réalise et assure, de façon informatique, sa conception. Selon les systèmes, il s'agit uniquement d'un fichier STL qui est vendu au praticien.

Par exemple, la société Amann Girrbach, basée en Autriche, ne fait pas de conception. Elle imprime les modèles, propose des projets en format STL et c'est au dentiste d'usiner lui-même les prothèses ou de faire réaliser cela par un prothésiste de ville.

L'intérêt est de décharger la compétence du prothésiste qui n'a pas forcément la formation pour la conception des prothèses complètes en informatique mais qui possède une usineuse.

Le système Vita® Vivonic permet de réaliser une prothèse au cabinet via un scanner intra-oral et d'usiner un bloc de cire Zirlux qui permet l'essayage de cette maquette. Le prothésiste peut également réaliser en technique « traditionnelle » une prothèse finie.

1.3.3.3 Travailler avec des prothésistes en France

Le laboratoire Argoat, situé près de Guingamp, est entièrement informatisé et réalise toutes ses prothèses en fabrication assistée par ordinateur. Ce laboratoire confectionne des prothèses amovibles complètes en technique semi-directe ou indirecte. Il est à noter que ce laboratoire utilise un scanner intra-oral, au lieu d'un scanner de table, pour scanner les empreintes envoyées, ce qui sous-entend que cette partie de scannage peut être réalisée par le dentiste. Cela évite le temps de transport de celles-ci.

Le laboratoire Dondiatechne, situé à Wambrechies dispose d'un arsenal numérique complet. Ce laboratoire fait état de plusieurs cas de prothèses complètes amovibles entièrement numériques (Fig.6).

La confection de porte-empreinte numérique imprimé en 3D et issu d'un fichier STL est désormais une pratique courante dans ce laboratoire.



Figure 6 : impression de base résine pour accueillir des dents en résines, cas du Laboratoire Dondiatechne

1.3.3.4 La communication avec le prothésiste

C'est un maillon important de la réalisation d'une prothèse complète en flux numérique complet. Une étude américaine révèle qu'uniquement 11% des commandes au prothésiste pour des prothèses amovibles sont réceptionnées avec des instructions claires et précises [16]. Le peu de protocole établi pour la réalisation d'une prothèse amovible complète en flux numérique nécessite, dans les premiers temps, plus qu'une simple feuille de commande laboratoire mais un vrai échange dans la mise en place de la meilleure stratégie.

En finalité, le flux numérique permet une transmission d'informations plus rapide. Il n'y a, ni problème de visibilité d'écriture, ni place sur la feuille de commande. La communication se fait généralement via le logiciel intégré à la caméra et permet des échanges tout au long de la journée via un système de messagerie instantanée.

2 - Application clinique

2.1 Prothèse complète amovible et scanner intra-oral : la compatibilité au travers de cas cliniques

2.1.1 L'enregistrement des surfaces osseuses

2.1.1.1 Sans instruments spécifiques

Dans un article de « the journal of Prosthodontic Research » publié en 2018 un patient au Japon s'est déjà prêté à l'exercice. Une empreinte est réalisée à l'aide d'un scanner intra-oral 3M ESPE ® True definition scanner après poudrage des muqueuses au High-Resolution Scanning Spray; 3M ESPE ®.

Le poudrage permet ici d'uniformiser les zones de réflexions des surfaces muqueuses à enregistrer puisque l'isolation salivaire est impossible en prothèse complète.

Un écarteur labial est posé sur le patient pour libérer au maximum les zones de réflexions labiales et enregistrer au mieux les vestibules.

L'épaisseur de crête osseuse résiduelle chez ce patient est satisfaisante et est compatible avec l'utilisation d'un scanner intra-oral.

La dimension verticale d'occlusion est estimée de façon approximative en positionnant un point sur le nez du patient, un autre sur le menton. Un pied à coulisse mesure l'écartement. Du silicone lourd est alors placé entre les deux rebords alvéolaires. Le patient est maintenu à la dimension verticale d'occlusion en attente de la polymérisation du silicone qui va servir de « Jig ». Grâce au scanner intra-oral, l'enregistrement, Jig en bouche, permet d'obtenir numériquement la bonne dimension verticale (Fig.7).

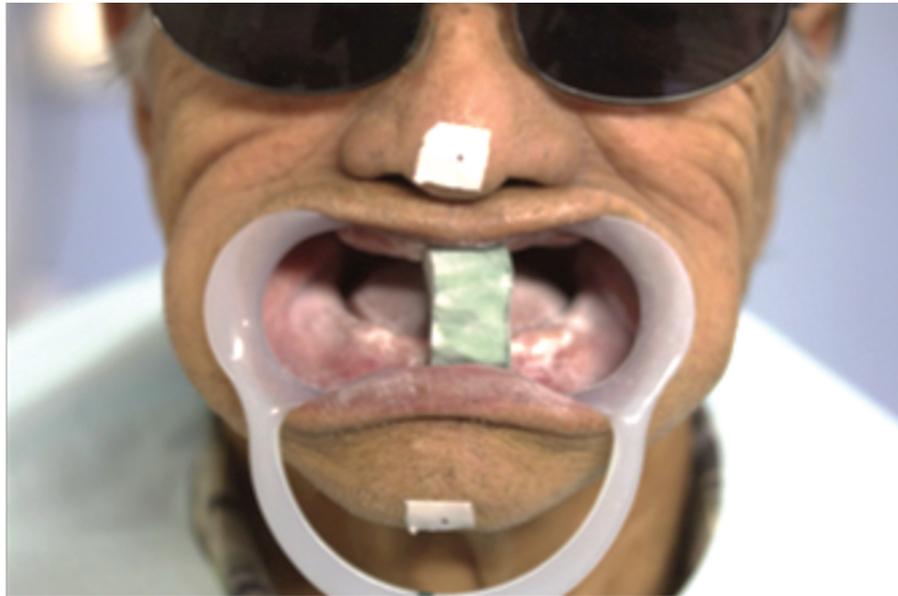


Figure 7: Jig en silicone pour enregistrement de la dimension verticale d'occlusion, cas Kanazawa et al. en 2018

Le logiciel de conception superpositionne les images et place le maxillaire en fonction du mandibulaire comme mesuré sur le patient. Un porte-empreinte individuel est réalisé via un logiciel de conception (Fig.8).

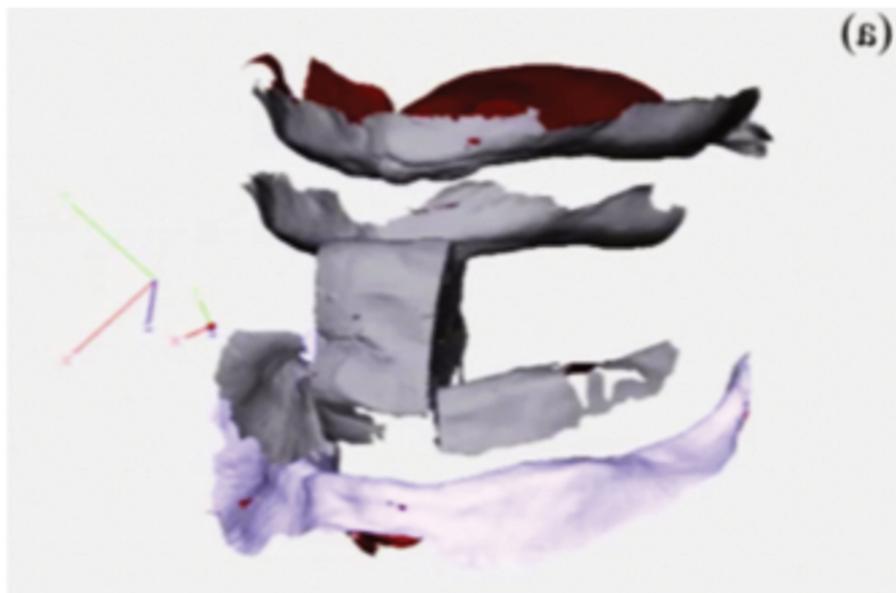


Figure 8 : Superposition des fichiers empreintes et JIG, cas de Kanawa et al.

La suite du protocole est identique aux techniques traditionnelles avec toutefois certains changements liés à la variation des techniques selon les pays [17].

Ce premier cas est intéressant car il est assez simple de réalisation et peut être réalisé au cabinet dentaire sans outils spécifiques.

L'utilisation du scanner intra-oral est ici limitée à l'empreinte primaire. Il ne semble pas faire gagner de temps à l'opérateur puisqu'il faut poudrer puis scanner l'ensemble des arcades. Un gain de temps est toutefois intéressant pour l'étape de l'empreinte secondaire puisque la hauteur des bourrelets nécessitera moins de retouches.

Le gros avantage de cette méthode est que le temps et le biais de déformation liés au transport est nul. D'ailleurs, le porte-empreinte individuel créé par le laboratoire et imprimé au cabinet dentaire permet d'annuler complètement les transports des différents composants de l'empreinte primaire. Un protocole de réalisation d'un porte-empreinte secondaire via un logiciel « open-source » est décrit dans une thèse du Docteur Perus en 2017 [18].

2.1.1.2 Avec outils spécifiques

Un second rapport de cas, publié en 2018 dans « The journal of Prosthodontic Research » expose la prise en charge d'un patient édenté total au maxillaire et 46, 45, 44, 43 restantes à la mandibule.

Le but est ici de n'utiliser ni modèle physique ni coulée en plâtre.

Une seule empreinte optique est réalisée à l'aide de la caméra Intra-orale TRIOS, 3shape. Un instrument spécifique est conçu pour les cas de prothèse amovible optique : le rétracteur labial maxillaire. Cet outil se place dans le fond du vestibule du patient avant la prise d'empreinte et permet de rétracter les tissus mobiles (Fig.9).



Figure 9: Photographie intra-buccale centrée sur le maxillaire du patient présenté dans ce cas clinique

Avant l’empreinte, la muqueuse est séchée et l’instrument est placé au niveau du vestibule.

Le temps de prise d’empreinte est de 1 minute 30, en commençant par le côté disto-palatin de la crête en faisant des mouvements palato-vestibulaires sur toute l’arcade. Cela ne provoque aucun inconfort pour le patient. Cependant le temps de traitement de l’empreinte par le logiciel est plus long. Il faut 4 minutes pour traiter les 2000 clichés pris.

La relation intermaxillaire a été prise par une cale en silicone lourd et light comme évoqué dans le cas précédent. Le montage sur articulateur est fait sur un articulateur virtuel, uniquement à partir de ces empreintes et du montage virtuel. Une prothèse maxillaire est réalisée en CFAO. L’ajustage au fauteuil lors de la livraison est qualifié de « minimal ».

Ce traitement est critiquable dans la mesure où aucune solution prothétique mandibulaire n’est proposée au patient, ce qui facilite l’ajustage. De plus, aucun enregistrement du jeu de la musculature n’est effectué, la rétention paraît peu efficace [19].

2.1.2 La séquence d’enregistrement

2.1.2.1 Au maxillaire

La séquence d’enregistrement est un élément important de la précision de l’empreinte mais aussi de sa vitesse de prise.

Plusieurs études démontrent des variations significatives de précisions de l’ordre de 150 microns.

On différencie les palais avec des reliefs osseux très marqués par rapport aux palais plus plats. En effet, la précision des empreintes optiques sur des palais aux reliefs marqués est moindre. La technique proposée pour le scan du palais est la suivante :

La face supérieure de la crête de l'arcade édentée est scannée en partant de la tubérosité maxillaire gauche (ligne verte), en continuant le long de la crête, en se terminant à la tubérosité droite. Puis du côté vestibulaire (ligne bleue) et enfin sur la voûte palatine. Le scan de la voûte palatine commence par un mouvement anti-horaire et finit par un mouvement longitudinal dans le sens postéro-antérieur pour fermer l'espace le long de la ligne médiane du palais (ligne orange) [20,21] (Fig.10).

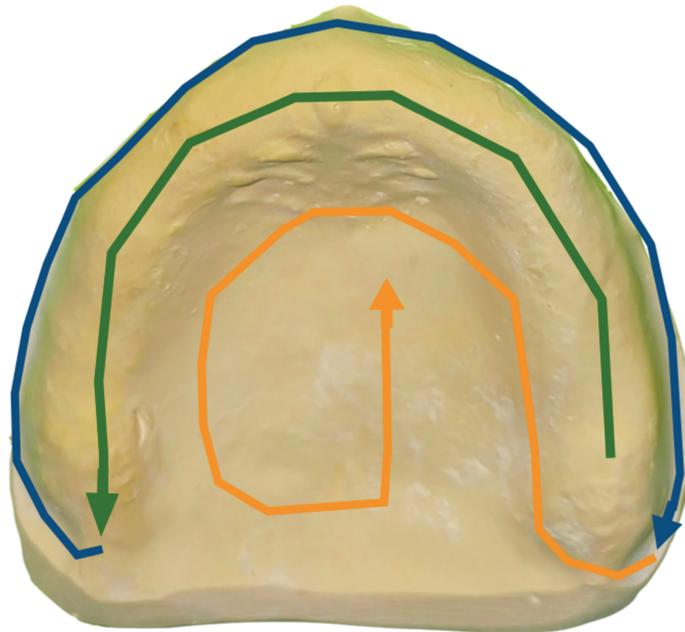


Figure 10 : schéma séquence d'enregistrement maxillaire proposé par Zarone F. et Col (illustration personnelle)

L'étude de Zarone F. et Col se propose de tester trois séquences d'enregistrement avec la caméra Trios 3 de 3Shape®. Celle proposée ici est la séquence la plus juste et précise. Il est à noter que les autres séquences présentent des écarts maximaux de 0,11 mm au niveau de la voûte palatine. Les autres zones présentent des écarts non significatifs.

2.1.2.2 À la mandibule

La séquence d'enregistrement en bouche est plus difficile car beaucoup d'obstacles sont présents. La langue est en effet très contraignante notamment lorsque l'édentement n'est pas compensé depuis plusieurs mois. De plus, la salive doit être gérée grâce à une aspiration constante qui ne doit pas gêner la prise d'empreinte. Il est d'ailleurs souvent recommandé dans les publications de

scanner une empreinte plutôt que de scanner directement en bouche.

La séquence d'enregistrement n'est pas forcément modifiée.

Une technique est efficace pour ces deux cas de figures (empreintes ou en bouche).

La partie supérieure de la crête est scannée à gauche jusqu'au trigone rétro-molaire. La partie droite est scannée de la même façon. La partie linguale est ensuite scannée pour revenir sur le trigone rétro-molaire de gauche et finir en vestibulaire [22] (Fig.11).

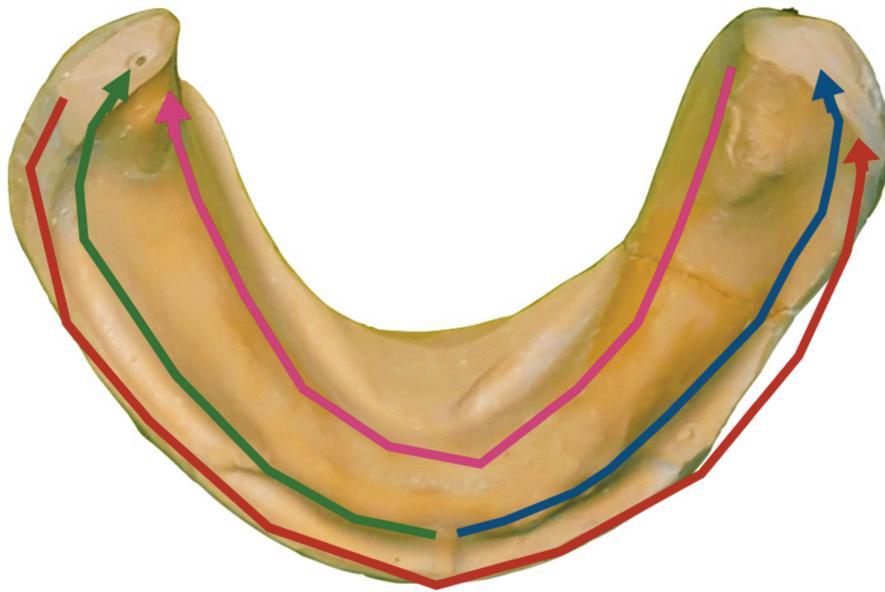


Figure 11 : schéma séquence d'enregistrement mandibulaire proposée par Mizumoto BM. et Col (illustration personnelle)

Dans cette étude de Mizumoto BM. Et Col, le scanner utilisé est également le Trios 3 de 3shape®. Cependant, une seule séquence est proposée contrairement à l'étude de Zarone F. et Col qui en propose trois. Cette séquence est retenue car elle permet un gain de temps.

2.1.2.3 La séquence proposée par 3shape®

À la mandibule, un premier passage en linguale de gauche jusqu'au frein lingual permet d'enregistrer la crête linguale, un retour en vestibulaire est effectué du frein lingual jusqu'à la tubérosité.

De la même manière, à droite, le scan se fait du frein lingual jusqu'à la tubérosité en linguale puis de la tubérosité jusqu'au centre inter-incisif en vestibulaire.

Au maxillaire, la séquence commence à gauche au niveau de la tubérosité, toute l'arcade est scannée au niveau du sommet de la crête. Arrivé à la tubérosité droite, un scan du palais en S est réalisé jusqu'à la limite vélo-palatine. Un scan est réalisé de la tubérosité droite jusqu'au centre inter-incisif. Le même protocole est réalisé à gauche (Fig.12).



Figure 12 : protocole d'enregistrement proposé par le Dr Russo pour 3shape®

À noter que cette technique est à appliquer avec la dernière caméra 3shape® Trios 4. Ce protocole d'empreinte est difficile à réaliser avec la Trios 3 de 2019 [23](Fig.13).



Figure 13 : protocole d'enregistrement maxillaire proposé par le Dr Russo pour 3shape®

2.1.3 L'enregistrement du jeu de la musculature périphérique

Aucun système décrit dans les différents rapports de cas ne permet un enregistrement précis du jeu musculaire comme peut le faire une empreinte secondaire physique.

2.1.3.1 Le système AVADENT™

AVADENT™ est une branche de la société Global Dental Science LLC® dédiée à l'automatisation des procédés de fabrication des prothèses amovibles.

De ce système, Infante et collaborateurs décrivent, en 2014, un protocole en seulement deux étapes. Ce système ne répond pas réellement à tous les impératifs décrits précédemment puisqu'il n'y a qu'une seule prise d'empreinte avec un porte-empreinte thermoformé « semi-individuel » [24]. Le directeur général, Sjon Grobbee, a été contacté par téléphone. Les délais entre les différents rendez-vous sont de 2 semaines, l'ensemble des éléments est fabriqué dans l'usine en Hollande. Ce système n'est pas acceptable en pratique académique car un porte-empreinte individuel n'est pas utilisé. C'est une approximation par un porte-empreinte semi-adaptable qui est choisie.

Les étapes sont détaillées dans l'annexe 1.

Cependant, certains outils sont très intéressants, notamment l'enregistrement de l'arc gothique qui permet d'obtenir la dimension verticale mais également la position de relation centrée de la mandibule dans un plan horizontal.

Un second point important est la conception des prothèses réalisées exclusivement par ordinateur. Ceci est permis grâce à un scanner de table de laboratoire et le logiciel AVADENT™ professionnel. Cette étape n'est pas du tout accessible au praticien et est réalisée dans les usines GDS®.

2.1.3.2 Scanner une prothèse existante

Le système AVADENT™ propose cette solution qui limite à 2 rendez-vous la conception de la prothèse amovible complète.

La prothèse amovible existante doit être de bonne qualité. Cette technique fonctionne mieux sur une réfection de prothèse usée plutôt que sur la conception d'une prothèse complète via une prothèse immédiate post-extractionnelle.

Une surélévation de la dimension verticale est possible grâce à un matériau polymérisable.

Il faut dans un premier temps valider la dimension verticale en interposant sur les cuspides d'appuis de la résine acrylique type Tab 2000. Une fois la dimension verticale validée, un rebasage de l'intrados avec un polymère comme

le FITT de Kerr® est réalisé. Si un manque important est observé, il faut au préalable réaliser une correction avec un matériau thermoplastique comme la pâte de Kerr®.

Une fois que l'ensemble est validé, on scan séparément les dentures en intrados. Puis on réalise le scan en occlusion des deux prothèses. On extrait les 3 fichiers STL que l'on envoie au laboratoire de prothèse [25].

La mise à jour 3shape® permet de scanner directement l'intrados puis l'extrados de la prothèse et offre ainsi la possibilité d'avoir un fichier STL complet de la prothèse existante.

2.2 Le scanning facial

2.2.1 Utilisation

C'est un outil assez marginal aujourd'hui puisqu'il nécessite des éléments coûteux en fonction de la technique et de la précision voulue. Il nécessite du temps et des compétences spécifiques. Sa première fonction est la réhabilitation prothétique fixée complexe pour réaliser un projet esthétique. En prothèse amovible complète, l'étape de maquette en cire ou en résine va être plus évocatrice de la situation puisque le patient ne vient pas précisément pour une demande esthétique mais fonctionnelle. Des améliorations permettent de l'utiliser comme d'un arc facial entièrement numérique, en permettant de positionner le plan d'occlusion en fonction du plan de Francfort de référence.

2.2.2 Application « Bellus3D »

Il s'agit d'une application smartphone développée dans un premier temps pour le grand public. Elle permet de scanner un visage via une caméra 2D pour fournir un modèle 3D. Elle propose depuis quelques années, en partenariat avec 3shape®, de mettre en relation l'empreinte numérique issue du scan intra-oral (Fig.14) et cette reconstitution 3D du visage (Fig.15).

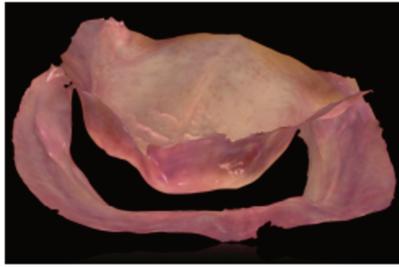


Figure 14: Empreinte numérique intraorale

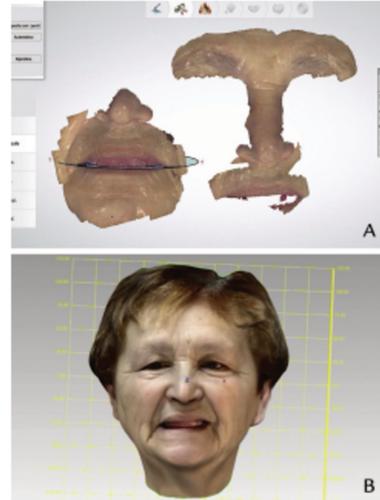


Figure 15: Scan facial réalisé avec l'application Bellus

Cela oblige cependant d'être équipé de l'application Bellus et d'un Iphone X ou Ipad pro sans autre éléments particuliers. Pour les autres smartphones et tablettes, des éléments annexes sont à ajouter tel qu'une caméra Bellus spécifique ou d'un arc de scan. Il faut compter entre 450 euros et 600 euros selon les modèles en plus du smartphone.

Un rapport de cas intéressant chez une patiente édentée total décrit les étapes d'enregistrement et de conception d'une prothèse complète amovible.

L'empreinte primaire est un scan via une caméra 3shape® (Fig.16) directement en bouche et se passe ainsi de l'empreinte optique.

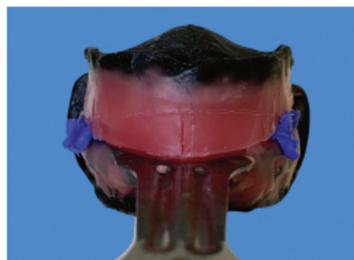


Figure 16: bourrelet d'occlusion en cire réalisé à partir du scan 3D intraoral

Ce scan permet la réalisation de base résine (Fig.19) pour accueillir un bourrelet en cire afin d'enregistrer la dimension verticale et la position de relation centrée.

Une fois cette relation intermaxillaire validée, les bourrelets sont scannés en bouche (ou hors-bouche, les deux sont possibles) puis replacés en bouche. Le scan facial est réalisé avec un iPhone X et l'application Bellus3D. Une fois ce scan effectué, dans le logiciel 3shape®, les empreintes, le bourrelet et le scan facial sont liés et une position spatiale exacte des empreintes sur le visage (Fig.17) est obtenue.

Un arc facial est programmé en fonction du plan de Francfort en positionnant les points du méat acoustique externe et infra orbitaire. Le projet esthétique peut alors être visualisé [26].

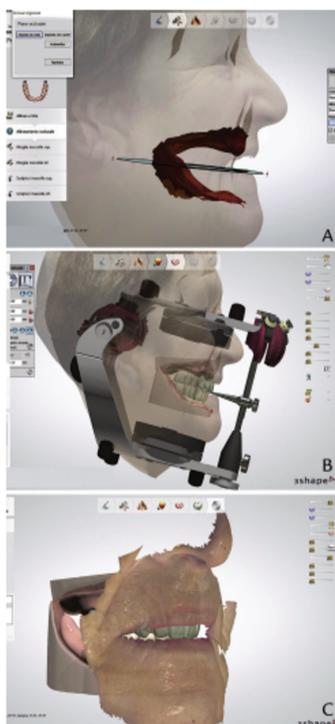


Figure 17: alignement tridimensionnel de l'empreinte numérique et du scan facial via le logiciel 3shape®

Il est à noter que ce procédé permet de s'affranchir d'une table de montage arbitraire. Le projet esthétique est donc secondaire. La possibilité de personnaliser la position du plan d'occlusion est, quant à elle, très utile avec cet outil.

3 - Développement d'un protocole

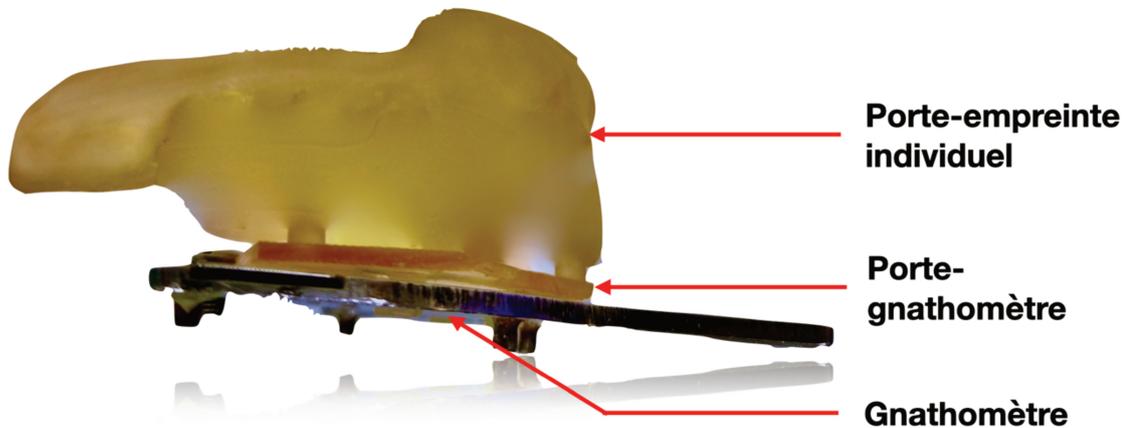


Figure 18: Représentation du montage final issue du protocole (illustration personnelle)

La figure 18 représente le montage final décrit dans les protocoles suivants. Ces protocoles sont en fait trois étapes. La première étape concerne la réalisation d'un porte-empreinte individuel. La deuxième étape consiste en la fabrication et en l'intégration d'un porte-gnathomètre au porte-empreinte individuel. La troisième étape est l'utilisation de cet ensemble sur le patient.

3.1 Mise en place d'un protocole spécifique à la prothèse amovible complète au travers de différents essais cliniques et précliniques

3.1.1 Utilité du concept Gerber en prothèse amovible complète en CFAO :

Ce concept se matérialise en clinique par la possibilité d'intégrer un système fixe à un porte-empreinte individuel. Ce système fixe est reproductible puisque ses dimensions ne vont pas être modifiées en fonction du patient. Il peut être intégré, via un logiciel de modélisation, au porte-empreinte.

Le système retenu est le gnathomètre de chez IVOCLAR®.

La priorité est de pouvoir prendre une empreinte secondaire classique

grâce à un porte-empreinte avec des bourrelets qui miment la future position des dents. Le principal défaut des systèmes déjà existants est le gnathomètre, élément central de ce concept, qui gêne la position de la langue et ne permet pas d'exécuter tous les mouvements de Herbst de façon optimale. Il faut donc adapter, à l'issue de la prise d'empreinte, le gnathomètre. Ce porte-empreinte est imprimé en 3D. Il est réalisé à partir d'une empreinte physique scannée à l'aide d'un scanner intra-oral.

Le protocole qui suit s'inspire du concept développé par 3shape® en partenariat avec IVOCLAR®. Le logiciel de 3shape® permet de créer un bourrelet avec une forme qui peut accueillir le gnathomètre. Ce système n'est pas disponible au CHRU de Lille.

3.1.2 Premier essai clinique

Cet essai a pour objectif la prise d'empreinte optique bi-maxillaire directement en bouche chez une patiente édentée total.

3.1.2.1 Matériel

Le matériel utilisé pour scanner les arcades de la patiente est le suivant :

- Sonde / Miroir / Précelle
- Écarteur labial
- Scanner intra-oral 3shape®

3.1.2.2 Méthode

Les crêtes édentées d'une patiente du CHRU de Lille sont scannées sans préparation particulière. (Fig. 19) La séquence d'enregistrement est celle préconisée par Lo Russo. [26]



Figure 19: photographie extra-orale d'une séance clinique de scan intra-oral chez une patiente édentée totale via le scanner intra-oral 3shape® (illustration personnelle)

Une empreinte alginate classique est réalisée chez cette même patiente dans le cadre de son traitement. Avant la coulée en plâtre, ces mêmes empreintes sont scannées.

3.1.2.3 Résultat

Un scan partiel de la crête maxillaire est obtenu avec des limites peu pertinentes pour la réalisation d'un porte-empreinte. Le scan de la crête mandibulaire est inexploitable. Cette méthode ne fonctionne pas dans ce cas.

3.1.2.4 Discussion

Au maxillaire, la prise d'empreinte est difficile car il y a une forte dépressibilité du palais au niveau des zones de Schroeder. La possibilité de sécher la muqueuse et la mise en place d'un écarteur labial permettent d'obtenir une empreinte maxillaire avec des limites peu précises.

À la mandibule, la patiente présente une résorption de crête importante. Le flux salivaire conséquent ne permet pas d'enregistrer une empreinte exploitable. Il faut donc trouver une alternative à cette méthode.

3.1.3 Premier essai préclinique

L'objectif est de scanner une empreinte primaire à l'alginate prise sur simulateur et de réaliser une estimation de la dimension verticale à l'aide d'un bourrelet silicone.

3.1.3.1 Matériel

Le matériel utilisé pour cet essai est le suivant (Fig. 20) :

- Sonde / Miroir / Précelle
- Porte-empreinte
- Alginate
- Bistouri
- Solution de Carbonate de sodium 0,7%
- Scanner intra-oral 3shape®
- Simulateur édenté



Figure 20: Préparation des instruments pour la réalisation de la première séance préclinique

3.1.3.2 Méthode

L'empreinte alginate est réalisée en deux temps, deux viscosités. Une base en silicone est utilisée pour simuler un rapport intermaxillaire. Le scan des

empreintes maxillaires et mandibulaires est réalisé. Le montage est scanné dans un second temps. Les fichiers STL de l'empreinte maxillaire, mandibulaire et du bourrelet d'occlusion servent de base à la conception des différents éléments nécessaires à l'intégration du gnathomètre.

3.1.3.3 Résultat

Les fichiers STL obtenus après un scan via le scanner intra-oral sont analysés visuellement.

3.1.3.4 Discussion

Il est possible de scanner les empreintes physiques avec le scanner intra-oral. Le logiciel, intégré au scanner, réussit à positionner le maxillaire en fonction du mandibulaire via le bourrelet d'occlusion en silicone.

IVOCLAR® et 3shape® proposent d'intégrer à cette étape un UTS CAD (Fig. 21). Cet outil développé par IVOCLAR® permet de positionner le maxillaire par rapport au plan de Fox. Une valeur chiffrée, de cette position, est ainsi obtenue et peut être intégrée au logiciel de conception.



Figure 21 : UTS CAD IVOCLAR® avec bourrelet d'occlusion.

3.1.4 Conception d'un PEI intégrant un gnathomètre à l'aide du logiciel DentalWings

Le logiciel DentalWings a été utilisé comme logiciel de CFAO.

Ainsi, grâce à une empreinte primaire et une estimation de la relation intermaxillaire, il est possible de réaliser une maquette en résine de la future prothèse et d'y intégrer un gnathomètre dans un second temps.

Le gnathomètre IVOCLAR est choisi pour cette étape (Fig.22).



Figure 22: Gnathomètre Ivoclar® avec adaptateur UTS

3.1.5 Conception des porte-empreintes individuels

Ce protocole est réalisé via le logiciel DentalWings. Il est décrit en annexe 3. Le principe est ici de concevoir une maquette de prothèse amovible complète directement issue de l’empreinte primaire et de la modifier pour la transformer en porte-empreinte individuel qui pourra accueillir un gnathomètre. L’intuitivité du logiciel DentalWings le rend accessible aux praticiens qui n’ont pas de compétence particulière en conception 3D. Les étapes de conception se suivent et des notes d’information sont disponibles à chacune d’entre elles. Ce qui importe dans ce protocole, c’est la position du couloir dentaire sur l’arcade ainsi que la hauteur qui sera celle du futur bourrelet de préhension.

Une fois les fichiers STL des maquettes de prothèses amovibles extraits de DentalWings, le logiciel Windows® 3D Builder est utilisé. La difficulté provient du fait que ce logiciel « open source » n’est pas spécifique à la Chirurgie-dentaire. Il est toutefois à noter que très peu d’étapes seront réalisées avec ce logiciel.

3.1.5.1 Réalisation d’un bourrelet de préhension aux dimensions adéquates à l’aide d’outils non spécifiques disponibles sur DentalWings

Un bourrelet de préhension est réalisé grâce à l’outil « crochets » qui permet d’obtenir une approximation du bourrelet.

Apparaît alors la limite du logiciel puisqu’il n’offre pas une fonction simple pour créer un bourrelet de préhension.

Cette stratégie n'est pas concluante car elle provoque beaucoup d'imprécisions et aboutit à la création d'un bourrelet d'occlusion non lisse. C'est pourquoi elle est abandonnée.

3.1.5.2 Réalisation d'une maquette issue des empreintes primaires et du bourrelet d'occlusion en silicone

Comme décrit sur la figure 18, cette étape consiste à réaliser le porte-empainte individuel. DentalWings est utilisé comme logiciel de CFAO. La conception de ce PEI s'inspire de celle du logiciel de CFAO 3shape®. La maquette est extraite du logiciel au fichier STL. Un exemple imprimé en 3D est représenté sur la figure 23.



Figure 23: maquette avec relief cuspidien imprimé en résine par imprimante laser Formlabs (illustration personnelle)

3.1.5.3 Conception d'un adaptateur au gnathomètre

Le deuxième élément de l'ensemble représenté figure 21 qu'est l'adaptateur au gnathomètre, est appelé porte-gnathomètre. Cet intermédiaire est ajouté à la suite de l'empreinte secondaire, après scan. L'empreinte secondaire est donc réalisée de façon conventionnelle avec des bourrelets aux bonnes dimensions. Les mouvements de Herbst sont réalisés sans élément perturbateur en bouche.

Comme évoqué précédemment, cette méthode s'inspire du protocole développé par 3shape® et IVOCLAR®. Cependant, le bourrelet possède déjà la

forme pour accueillir le gnathomètre. L'inconvénient de cette méthode est que le bourrelet en hauteur ne peut pas être retouché puisque dans ce cas, la forme serait perdue.

3.1.5.3.1 Premier concept

3.1.5.3.1.1 Matériel :

Le logiciel de conception 3D « open-soucre » Meshmixer est utilisé pour modéliser cette pièce. Un pied à coulisse sert à prendre les mesures du gnathomètre et à les intégrer dans le logiciel.

3.1.5.3.1.2 Méthode

Un pavé préformé dans le logiciel est adapté aux dimensions du gnathomètre. Des supports extérieurs sont ajoutés pour soutenir par friction le gnathomètre (Fig.24).

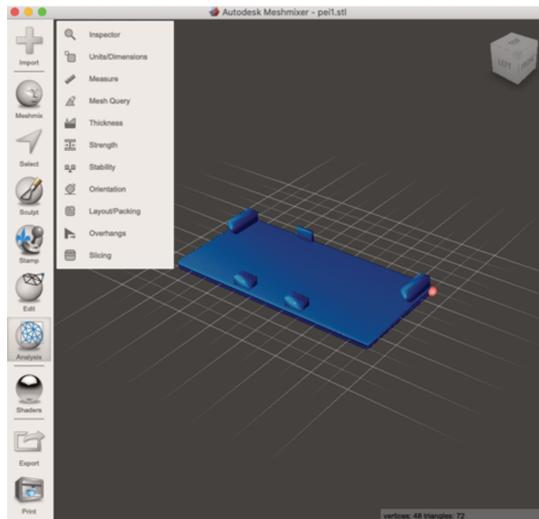


Figure 24: concept 1, porte-gnathomètre modélisé sur le logiciel Meshmixer® (illustration personnelle)

3.1.5.3.1.3 Résultat

Il est obtenu une pièce adaptée aux dimensions mesurées au pied à coulisse du gnathomètre (Fig. 24).

3.1.5.3.1.4 Discussion

La dimension du pavé ne permet pas de le placer en bouche. Sa forme n'est

pas anatomique. De plus, les angles vifs sont blessants et empêchent le bon déroulement des mouvements.

Ensuite, une adaptation précise de cette pièce est nécessaire pour éviter une bascule lors de l'enregistrement. Les dimensions prises au pied à coulisse ont une grande marge d'erreur. Il est décidé de modéliser le gnathomètre en 3D pour obtenir les dimensions exactes.



Figure 25: gnathomètre maxillaire, entouré d'un adhésif mat pour faciliter la prise de vue, puis fixé sur le bras de préhension sur son support dans le scanner DentalWings7 (illustration personnelle)

3.1.5.3.2 Modélisation du gnathomètre

Le scanner de table DentalWings, utilisé pour scanner les modèles et empreintes, permet de scanner le gnathomètre et d'en extraire une réplique 3D aux dimensions exactes.

Cet instrument étant en métal, il est entouré de ruban adhésif coupé à la dimension pour limiter la réflexion de la lumière (Fig. 25).

3.1.5.3.3 Deuxième concept

3.1.5.3.3.1 Matériel :

Le logiciel Meshmixer est utilisé conjointement au logiciel Windows 3D Builder. Windows 3D Builder est lui aussi un logiciel de conception 3D « open-source ». La modélisation 3D du gnathomètre, décrite précédemment, est insérée dans les logiciels de modélisation.

3.1.5.3.3.2 Méthode :

L'option de suivre plus précisément les formes de l'arc métallique du gnathomètre est prise. Les attaches extérieures sont remplacées par 6 ergots droits aux dimensions de l'arc métallique. Le maintien se fait par friction. (Fig. 26, 27)

Trois piliers sont ajoutés pour s'insérer dans le bourrelet de préhension du PEI.

3.1.5.3.3.3 Résultat

Ce prototype est imprimé en 3D selon une maquette de prothèse amovible complète basée sur l'empreinte réalisée lors de la première séance préclinique.

Après impression, des retouches sont apportées avec une fraise à congé sur turbine pour régler l'insertion du gnathomètre sur les ergots. (Fig. 28,29)

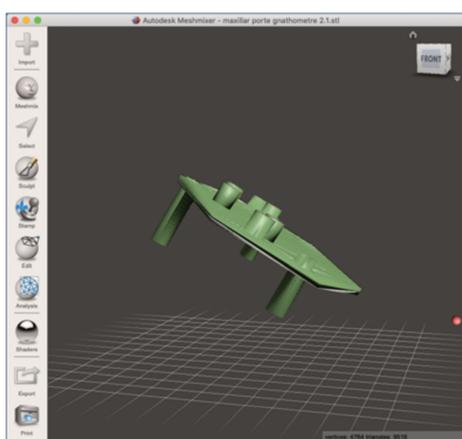


Figure 26: vue latérale du deuxième concept modélisé sur Meshmixer® (illustration personnelle)

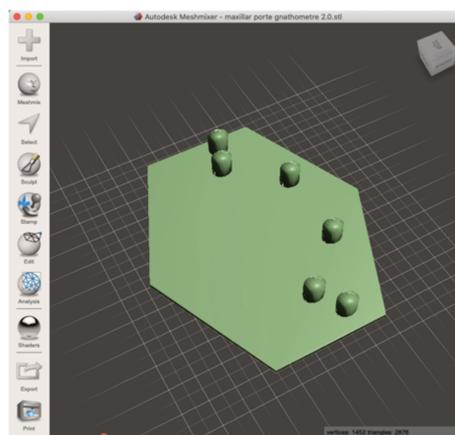


Figure 27: vue supérieure du deuxième concept de porte-gnathomètre, modélisation sur Meshmixer® (illustration personnelle)

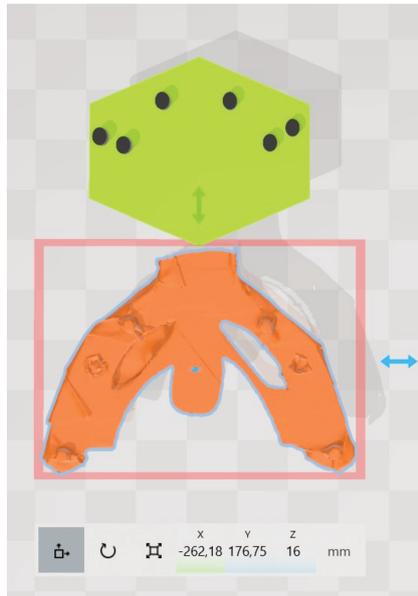


Figure 28: porte-gnathomètre après retrait du gabarit (illustration personnelle)



Figure 29: scan du gnathomètre servant de gabarit à la conception du porte-gnathomètre, sur le logiciel 3DBuilder (illustration personnelle)

3.1.5.3.3.4 Discussion

Ce porte-gnathomètre est adaptable sur le PEI. Des retouches sont nécessaires. Une légère mobilité du gnathomètre est notée. Une version avec plus d'ergots est envisagée.

L'utilisation de Windows 3D Builder est plus intuitive que Meshmixer, c'est donc cette application qui sera utilisée dans la réalisation du protocole final.

3.1.5.3.4 Troisième concept

En se basant sur les deux premiers, les modifications à apporter sont réalisées. Des ergots sont ajoutés pour augmenter la rétention du gnathomètre (Fig. 30, 31).

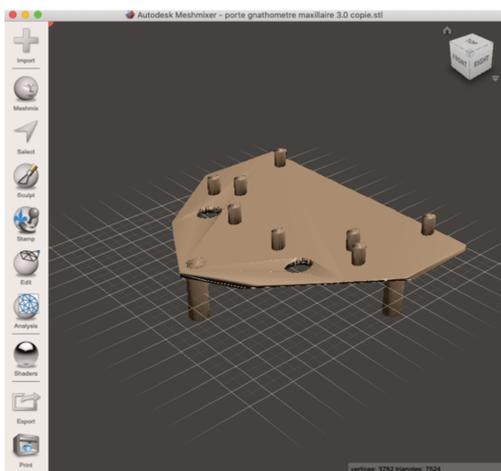


Figure 30: troisième concept, porte-gnathomètre maxillaire modélisé sur Meshmixer® (illustration personnelle)

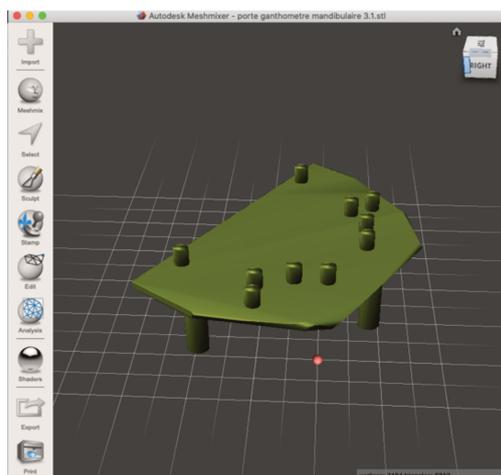


Figure 31: troisième concept, porte-gnathomètre mandibulaire modélisé sur Meshmixer® (illustration personnelle)

3.1.5.4 Adaptation du porte-gnathomètre à la maquette

La première solution est de maintenir la maquette brute avec les reliefs cuspidiens et d'y intégrer le porte-gnathomètre (Fig.32). Cette manipulation a été réalisée et imprimée.

La problématique rencontrée dans cette stratégie se situe lors de la prise de l'empreinte secondaire. En effet, le relief cuspidien se révèle être trompeur pour la validation de la dimension verticale. Il influence la position de la joue et de la lèvre du patient lors des mouvements de Herbst. Cependant le gnathomètre s'intègre bien mais il n'est pas possible de régler la dimension verticale qui est surévaluée (Fig. 33 et 34).



Figure 32 : maquette avec relief cuspidien et porte-gnathomètre imprimé



Figure 33 : vue latérale droite maxillaire avec porte-gnathomètre et gnathomètre en place



Figure 34 : vue latérale gauche maxillaire avec porte-gnathomètre et gnathomètre en place

La solution est donc d'utiliser les dents pour positionner le bourrelet de préhension et de rendre plan ce dernier. Pour cela, le logiciel 3D Builder est utilisé. Il est cependant disponible uniquement sous Windows.

3.1.5.5 Modification de la maquette en porte-empreinte individuel

L'utilisation d'un logiciel « open source » de conception 3D permet l'aménagement du PEI. Ce logiciel est Windows 3D Builder. La stratégie est de couper la partie dentée de la maquette tout en gardant la hauteur et la position de l'aire dentaire. Ainsi, on obtient un PEI avec un bourrelet plan à la bonne hauteur et à la bonne dimension. Cette étape est décrite en annexe 4.

3.2 Protocole final

3.2.1 Réalisation des empreintes primaires

3.2.1.1 Matériel :

- Alginate / bol / spatule / eau / verre doseur
- Porte-empreintes thermo-formables
- Pince coupante / fraise résine / pièce à main
- Solution Carbonate de Sodium 0,7%
- Bistouri lame 11
- Brosse à dent
- Crayon aniline
- Silicone de mordure prise rapide

3.2.1.2 Méthode

Les porte-empreintes thermoformables choisis sont à usage unique de marque Astek® (Fig. 35).



Figure 35 : porte-empreinte style Astek® thermoformable disponible en 3 tailles

La mesure des arcades est prise à l'aide d'un compas bout mousse pour permettre le choix des porte-empreintes. Ils existent en 3 tailles. Une fois la taille validée en bouche, des modifications, sur les porte-empreintes, peuvent être réalisées à l'eau chaude. L'empreinte primaire est réalisée à l'alginate en deux temps, deux viscosités. Une solution de carbonate de sodium à 0,7% est placée

en amont du second lé pour permettre une adhérence entre les deux couches. Ce protocole est décrit dans une thèse soutenue par le Docteur Denneulin en 2018 [27].

Les empreintes sont scannées via un scanner intra-oral. Le scanner utilisé ici est la 3shape sur Kart.

La mise en évidence des zones de fond de vestibule au crayon d'aniline sur l'empreinte alginate facilite l'enregistrement optique de cette dernière.

À l'issue de cela, le manche des porte-empreintes est coupé et les excès d'alginate sont éliminés au bistouri (Fig. 36, 37).



Figure 37 : empreinte primaire mandibulaire et pince coupante (illustration personnelle)



Figure 36 : empreinte maxillaire et mandibulaire sans le bras de préhension (illustration personnelle)

Les deux empreintes sont replacées en bouche. La patiente est dans une position de repos et sans interférences postérieures. Dans le cas d'interférences, il faut limer le porte-empreinte pour les supprimer (Fig.38). La première zone d'interférence se trouve, sur les portes-empreintes Astek®, au niveau des ergots de préhension qu'il faudra supprimer. La deuxième zone identifiée se situe en postérieur au niveau des trigones et tubérosité. En effet, à cet endroit le porte-empreinte mandibulaire longe la branche montante et de ce fait entre en contact avec le porte-empreinte maxillaire. Cette zone est difficile à identifier puisque l'épaisseur des deux empreintes entraîne une tension des joues donc une perte d'élasticité jugale soit une mauvaise visibilité. Il est alors conseillé de supprimer la partie postérieure du porte-empreinte mandibulaire au niveau des trigones. L'empreinte est alors amputée de sa partie la plus postérieure. Cela n'entraîne pas de perte d'information puisque, pour rappel, les empreintes sont scannées avant

cette étape.

Puis la patiente est mise en position de relation centrée et elle est maintenue à une estimation de la dimension verticale définitive.

Enfin, un silicone d'enregistrement de mordu à prise rapide est utilisé pour maintenir en position les deux empreintes (Fig. 39).

Ce rapport d'occlusion obtenu est scanné par le scanner intra-oral. Les 3 fichiers obtenus (empreinte maxillaire, mandibulaire et mordu) sont extraits au format STL.



Figure 39 : remise en bouche de l'empreinte maxillaire et mandibulaire pour apprécier les interférences en position de repos, 1 : ergot de préhension (illustration personnelle)



Figure 38 : patiente placée en estimation de la dimension verticale, les interférences sont retirées et un silicone bleu de mordu est mis en bouche (illustration personnelle)

3.2.2 Conception des porte-empreintes

Cette maquette va être la base du porte-empreinte individuel et sera support de tous les accessoires nécessaires à la prise de relation intermaxillaire. Cette stratégie se décompose en 3 étapes.

Une première étape est réalisée grâce au logiciel DentalWings et permet le traitement des empreintes et de la pré-relation intermaxillaire.

La deuxième étape est la réalisation des bourrelets et l'intégration des éléments nécessaires à l'attachement du gnathomètre.

La troisième étape est le positionnement des éléments dans le logiciel slicer en vue de l'impression.

3.2.2.1 Première étape : conception des maquettes

À l'ouverture de DentalWings, le bandeau supérieur indiquant différentes

icônes permet une suite de manipulations qui peuvent être mises en place sur la commande créée. Les icônes sont utilisées de façon chronologique en fonction des étapes.

La création d'une commande permet d'enregistrer le cas et de préciser la situation clinique. Ici, il s'agit d'une « commande de prothèse amovible complète ». La sélection du destinataire et du patient permet de retrouver la commande plus facilement dans le logiciel. Le choix de l'anatomie des dents est fonction de la longueur de l'arcade de la crête édentée. L'anatomie par défaut « DW Advanced Kit » est choisie dans ce cas. Il faut sélectionner « fusionner gencives et dents » pour pouvoir extraire un fichier STL avec les dents intégrées. Enfin, « acheminer et suivre la commande » permet de passer à l'onglet suivant (Fig.40).

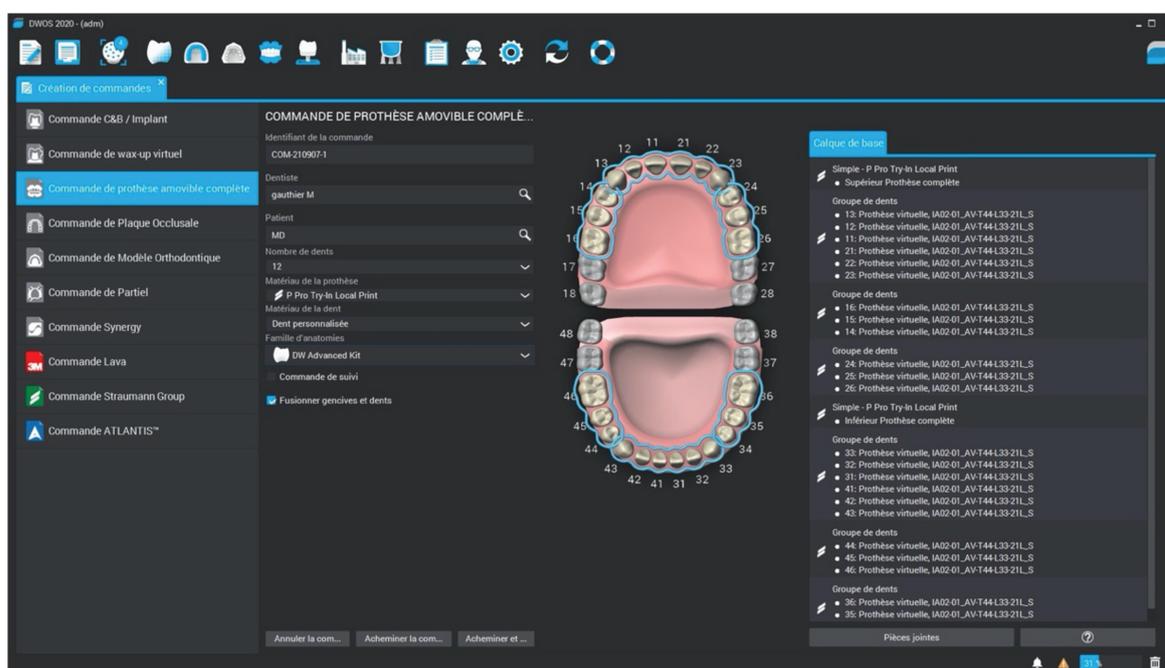


Figure 40 : page de création de commande DWOS (illustration personnelle)

La suite décrite sur la figure 41 se situe sur l'onglet « importation des scans » et permet d'importer les empreintes numériques en sélectionnant la commande « fichier de commande ». Les fichiers sont disponibles dans une nouvelle fenêtre. Il faut absolument inverser les normales des scans des maxillaires et mandibulaires issus d'une empreinte physique. Il ne faut cependant pas les inverser pour le scan des bases d'occlusions puisqu'ils sont réalisés directement en bouche. La visualisation d'un aperçu permet de s'assurer de la

sélection du bon scan, la suite se fait en cliquant sur « ouvrir » (Fig.42).

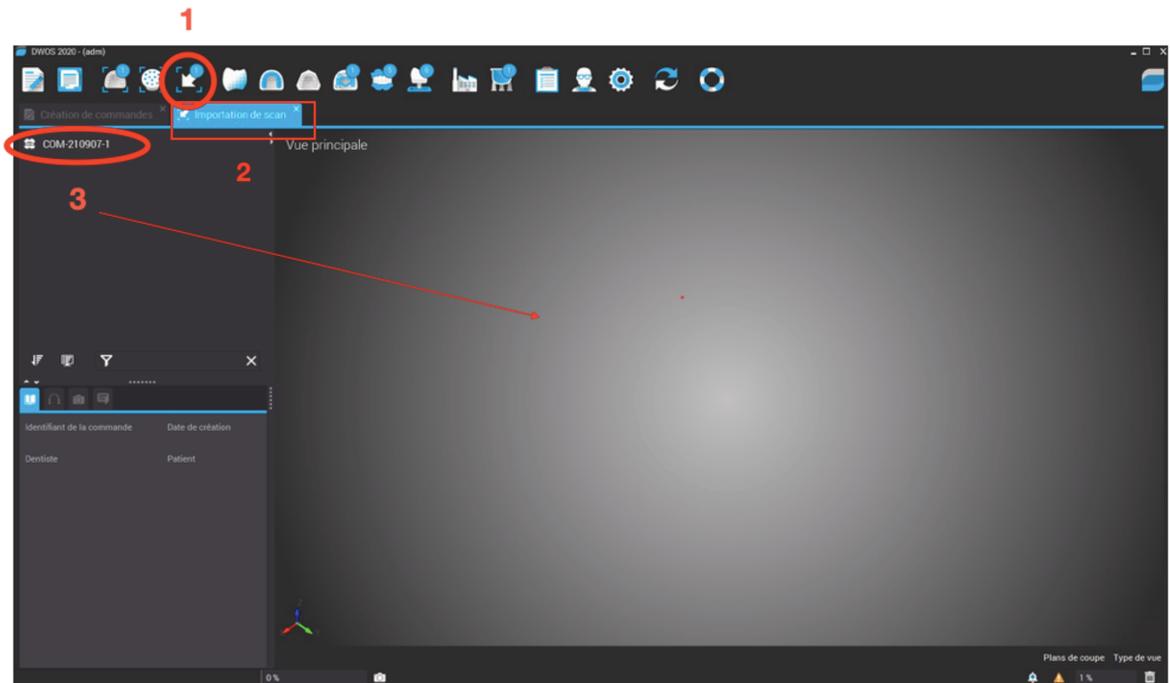


Figure 41 : importation des scans et prétraitement DWOS (illustration personnelle) (1) importation des scans, (2) onglet importation, (3) fichier de commande

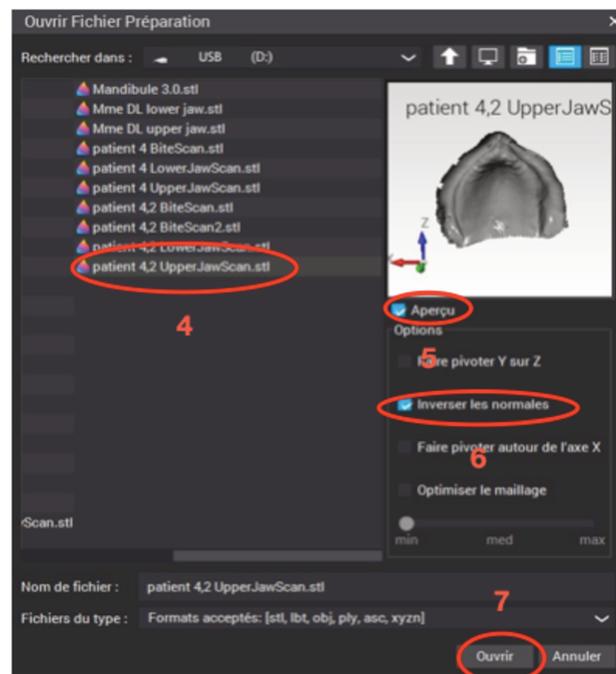


Figure 42 : Onglet d'importation, (4) fichier de scan, (5) aperçu, (6) inverser les normales, (7) ouvrir

L'icône « repositionnement précis » permet de positionner le modèle

maxillaire par rapport au mandibulaire en fonction de la base d'occlusion. Pour rappel, cette base d'occlusion est réalisée chez le patient à une estimation de la dimension verticale à l'aide des empreintes primaires. Le positionnement de points complémentaires permet de préciser le montage (Fig.43).

Une fois validée, la visualisation de la position de la crête édentée matérialisée par la ligne verte permet au logiciel de réaliser un montage sur crête dans l'aire dédiée (Fig.44).

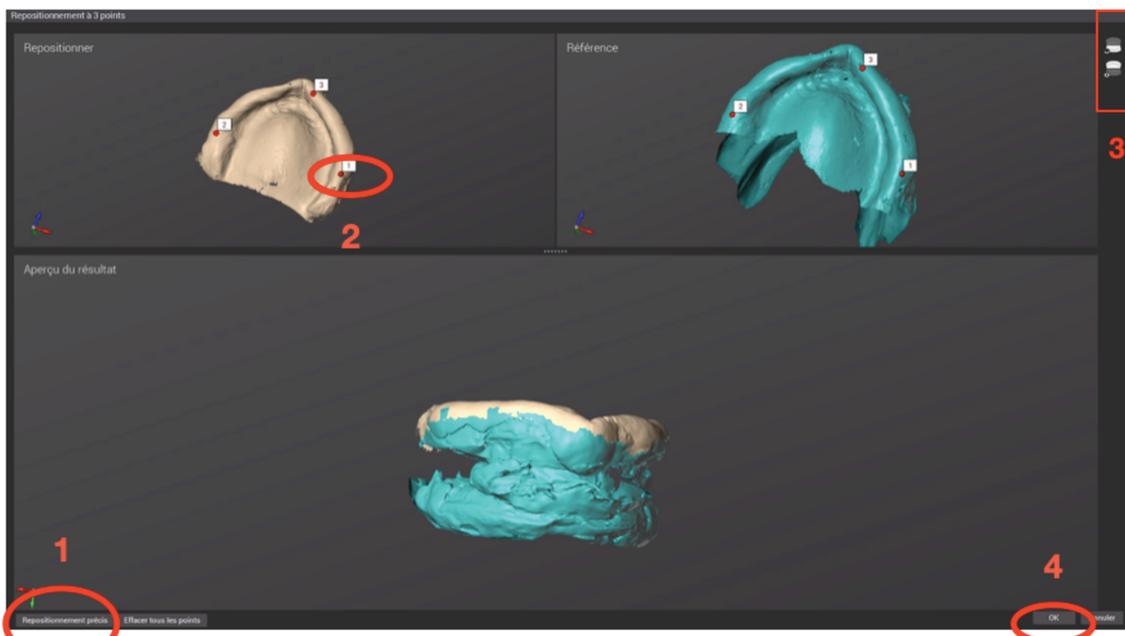


Figure 43 : Mise en occlusion DWOS (illustration Personnelle) (1) repositionnement précis, (2) points d'ajustement complémentaire (3) sélection arcades, (4) OK

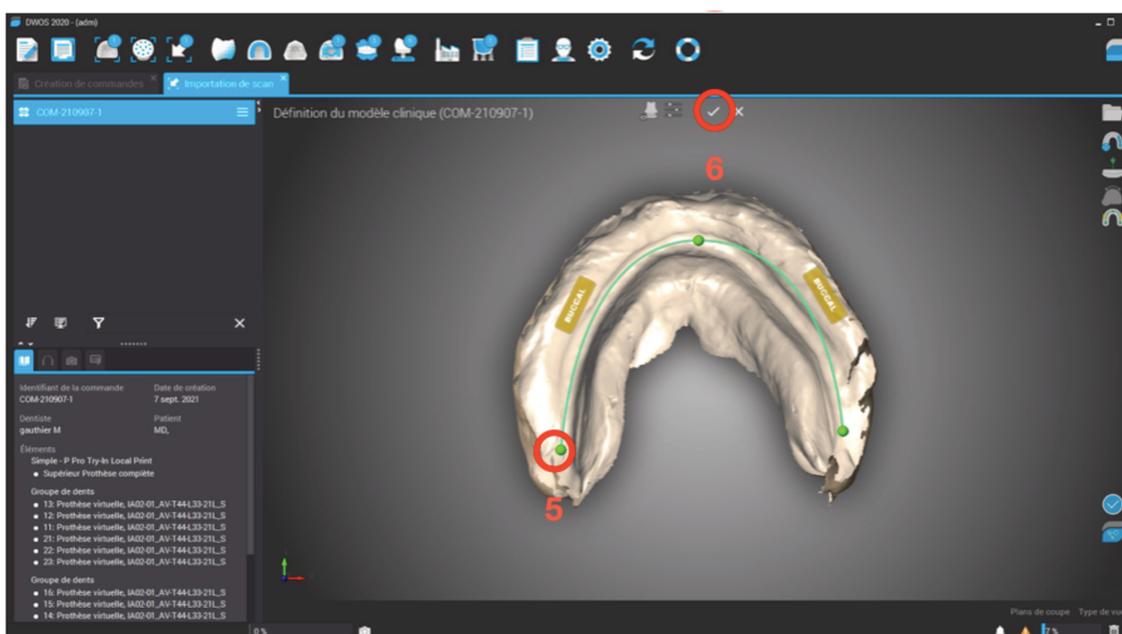


Figure 44 : Orientation des scans, (5) position de la crête édentée, (6) validation

L'onglet suivant permet la réalisation de la maquette. Le prérequis est le

nettoyage des scans. Cette étape est importante pour éviter les points aberrants (Fig.45). L'outil « pinceau » permet de placer en rouge des points spécifiques à effacer. Alors que l'outil « lasso » permet de sélectionner une zone à l'aide d'une ligne pointillée et de la supprimer ou de garder cette zone et de supprimer le reste. Enfin, un clic droit sur le scan ouvre une fenêtre et, en sélectionnant « supprimer les surfaces isolées », les points libres dans l'espace peuvent être nettoyés (Fig.46).

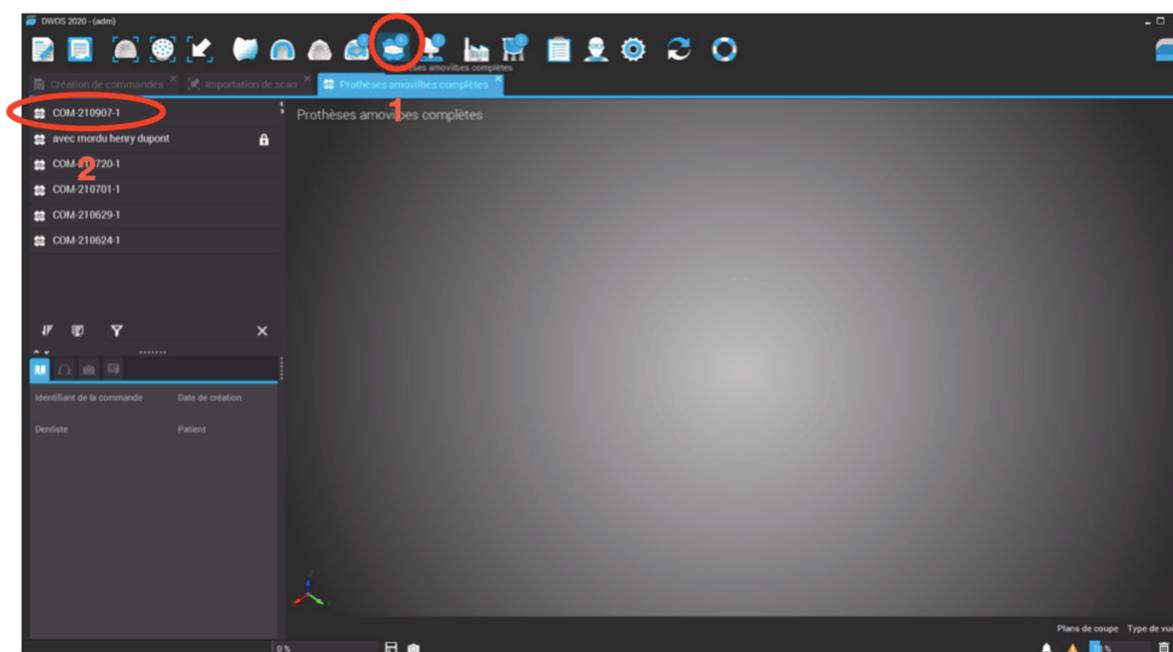


Figure 46 : Nettoyage des scans DWOS (illustration personnelle) (1) sélection de prothèse complète, (2) choix de la commande.

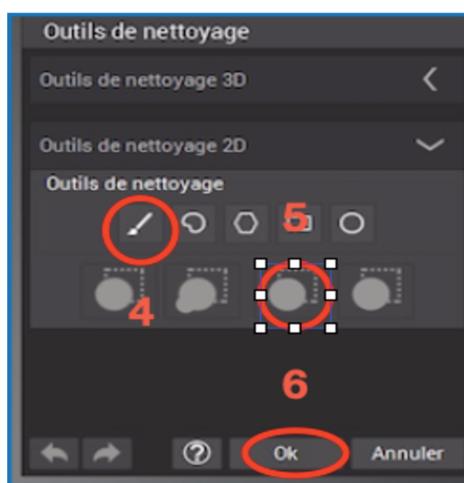


Figure 45 : Onglet de nettoyage, (4) outil pinceau, (5) effacement de la sélection, (6) OK

Le menu déroulant à droite permet de réaliser la plaque base résine et de la positionner aux limites. Le positionnement des dents par défaut est modifiable. Le plus important est que la base des dents soit sur crête et respecte le couloir prothétique (Fig.47).

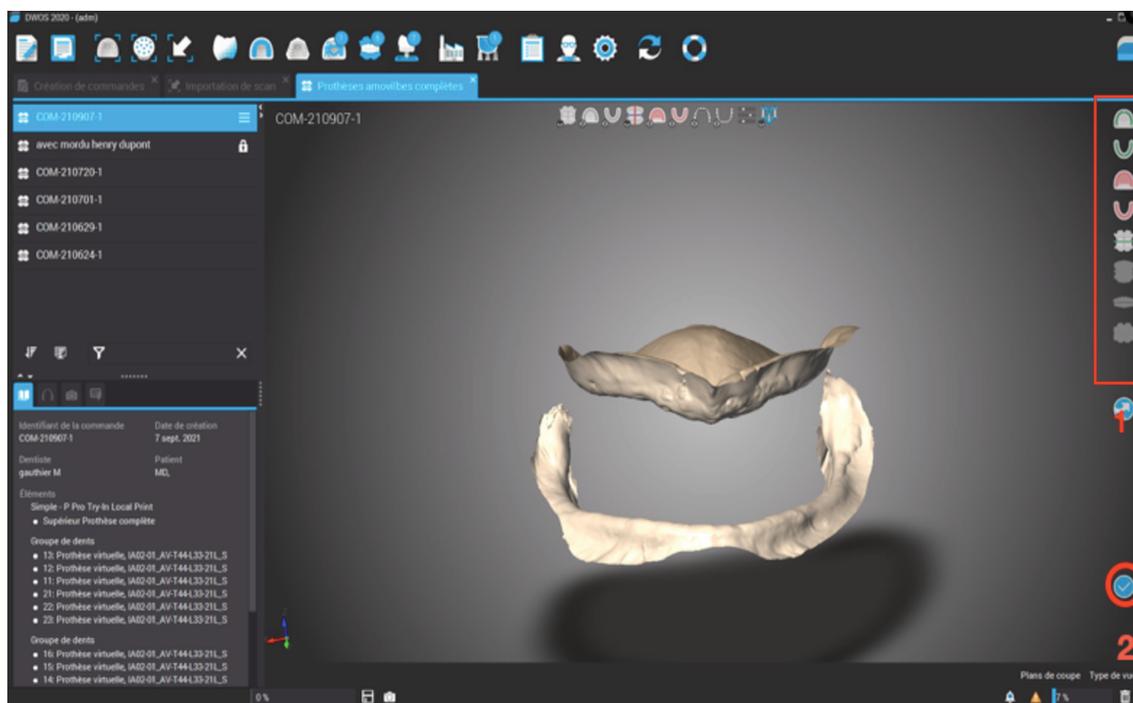


Figure 47 : sélection des éléments plaque base résine et dents prothétiques dans le menu déroulant droit (1) DWOS (illustration personnelle) (1) sélection des étapes de conception, (2) valider

Sur la figure 48, en cliquant sur le maxillaire et sur la mandibule rose dans la barre latérale la position des limites de la base résine est définie.

Les points roses sont les limites de la base en résine. Ils se positionnent classiquement à 1,5 mm du fond de vestibule et à 3 mm des indices négatifs. L'épaisseur de la base résine doit être de 2 mm et modifiable sur l'onglet de droite. Des espacements spécifiques peuvent être aménagés en fonction de l'anatomie du patient à l'aide de ce même onglet (Fig.48).

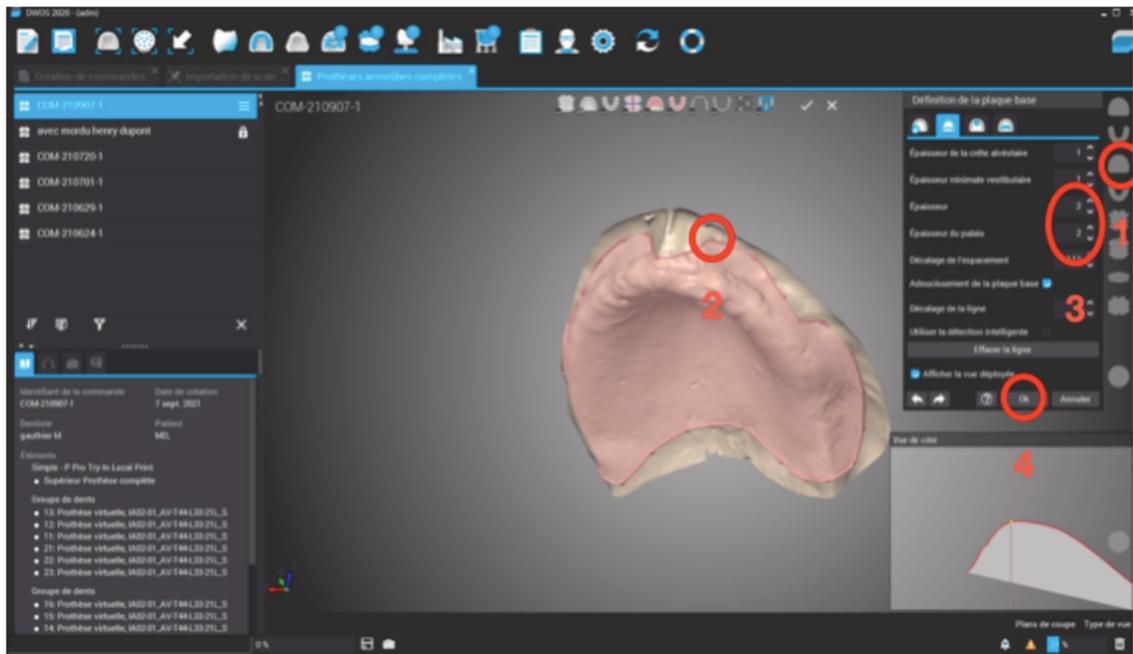


Figure 48 : conception de la plaque base résine maxillaire DWOS (illustration personnelle)(1) limite des bases résine, (2) position des limites, (3) réglage de l'épaisseur des bases, (4) OK

L'étape suivante se situe sur la figure 49. Les dents se positionnent automatiquement en occlusion. Il suffit de générer la fausse gencive et de valider (Fig.49).

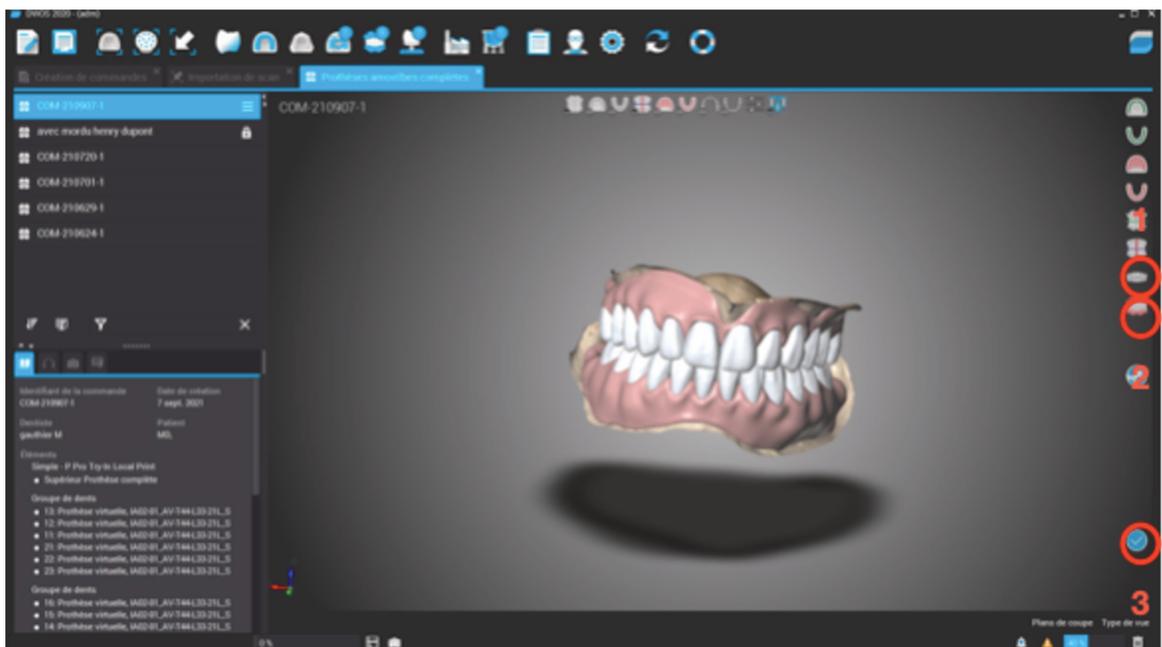


Figure 49 : conception de la base résine du futur PEI (1) position dentaire, (2) « fausse gencive », (3) valider

Dans le menu supérieur, l'outil « gestion de commande » va permettre d'extraire les maquettes au format STL. La sélection de la commande voulue permet de visualiser cette dernière avant de l'exporter en faisant un clic droit sur la commande et « exporter au format STL » (Fig.50).

Cette partie du protocole est décrite dans l'annexe 3 en version simplifiée.

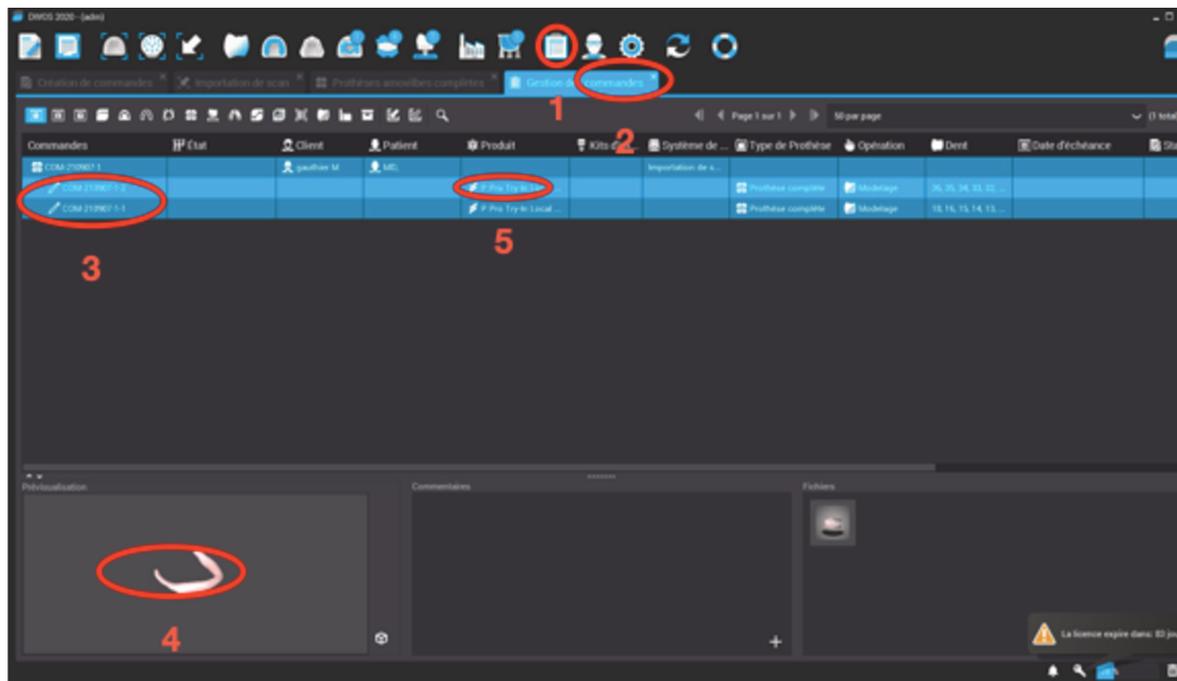


Figure 50 : finalisation de la commande et exportation au format STL DWOS (illustration personnelle) (1) menu récapitulatif de commande, (2) gestion de commande, (3) commandes haut et bas, (4) visualisation du fichier, (5) type de fichier

3.2.2.2 Deuxième étape : modification des maquettes résine en PEI et porte-gnathomètre

Comme sur la figure 51, dans un premier temps, il faut ouvrir le fichier STL du maxillaire avec Windows 3D Builder, puis sélectionner le scan dans la barre latérale. Une barre horizontale s'affiche en bas de l'écran (Fig. 51).

Le modèle est placé horizontalement à l'axe à damiers (Fig. 52). Les cuspides doivent effleurer ce plan. Ce positionnement se réalise à l'aide des outils de rotation et de translation (Fig. 52).

Ensuite, cliquer sur « extruder vers le bas » et placer le plan vert qui s'affiche au 1/3 apical coronaire pour obtenir un PEI plan, aux bonnes dimensions. Le PEI est tourné de 180°, bourrelet de préhension visible.

Le porte-gnathomètre est inséré dans la modélisation. Il est à placer plan

sur le PEI comme sur la figure 53. La position des trois ergots est à vérifier. Trop vestibulaires, des bascules peuvent apparaître puisqu'ils ne seront pas sur le bourrelet.

Une couleur peut être ajoutée sur le porte-gnathomètre et sur le PEI pour faciliter la visualisation en cliquant sur « pinceau » (Fig. 53).

Enfin, le porte-gnathomètre est sélectionné. Un clic sur la commande « soustraire » permet de faire disparaître l'objet en obtenant le PEI perforé pour accueillir le porte-gnathomètre (Fig. 54).

Les fichiers des porte-gnathomètre sont disponibles en annexe 4 via un QRcode.

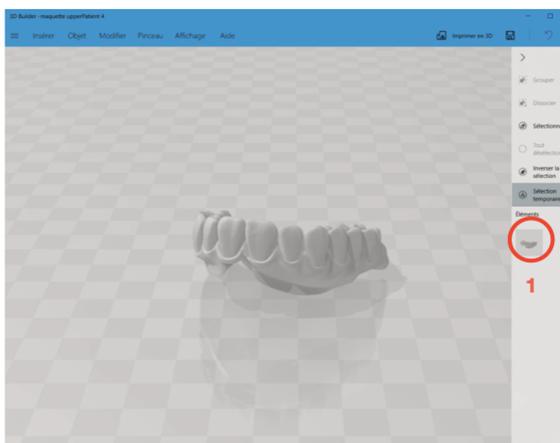


Figure 51 : insertion du scan dans le logiciel Windows 3D Builder (illustration personnelle) (1) sélection du scan

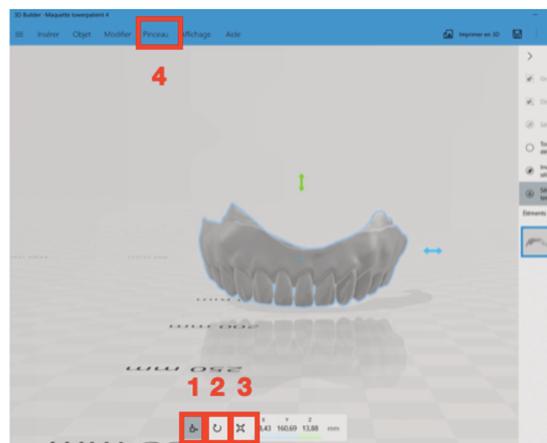


Figure 52 : positionnement du scan selon l'axe de référence à damier logiciel Windows 3D Builder (Illustration personnelle)(1) translation, (2) rotation, (3) Zoom, (4) Outil pinceau

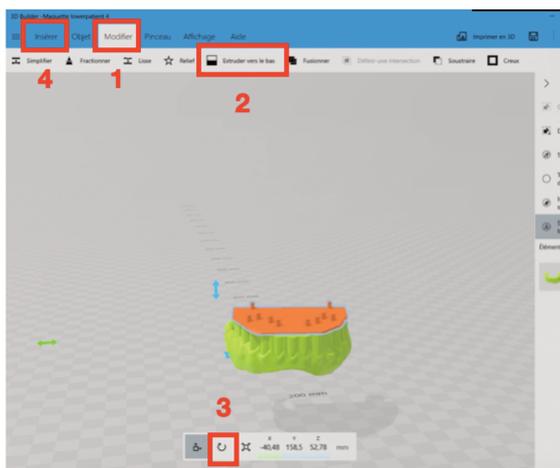


Figure 53 : mise en place du porte-gnathomètre sur le PEI créé, logiciel Windows 3D Builder (illustration personnelle) (1) modifier, (2) extruder vers le bas, (3) rotation, (4) insérer

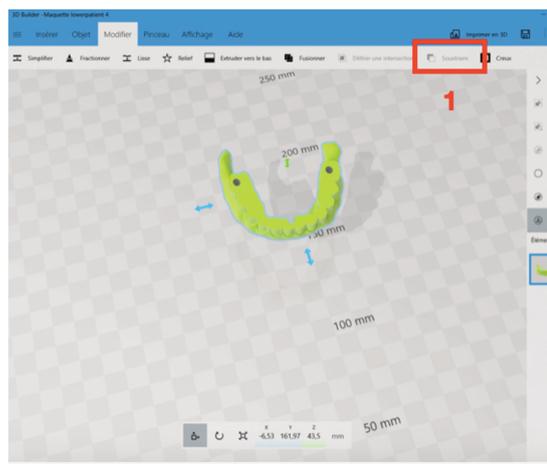


Figure 54 : vue du résultat final avec les perforations du porte-gnathomètre dans le PEI, logiciel Windows 3D Builder (illustration personnelle) (1) outil soustraire

3.2.2.3 Troisième étape : mise en place dans le logiciel slicer en vue de l'impression

Le logiciel slicer permet de donner à l'imprimante la séquence d'impression mais aussi de positionner le modèle en fonction du type d'imprimante. En effet, il est préférable, dans le cas d'une imprimante laser à résine liquide, de positionner les objets creux de telle sorte que le liquide s'écoule et ne stagne pas ce qui entrainerait des surépaisseurs. Les objets sont donc à placer en position semi-inclinée pour permettre cet écoulement.

Les supports d'impression sont à privilégier sur les faces occlusales des PEI puisqu'il sera très facile de polir ces derniers.

La résine PMMA utilisée doit être une résine biocompatible.

Une polymérisation complète et un rinçage à l'acétone respectant scrupuleusement les recommandations du fabricant sont indispensables pour la sécurité des patients (Fig. 55, 56).

À l'aide d'une pince coupante, les bases sont coupées en premier pour éviter de casser les détails des modèles (Fig. 57). Les supports sont séparés des modèles à l'aide d'une lame de bistouri. L'intégrité des modèles est vérifiée (Fig.58). Les puits des PEI sont ajustés pour accueillir le porte-gnathomètre à l'aide d'une fraise finition.



Figure 55 : vue du PEI mandibulaire en sortie d'imprimante après photopolymérisation et trempage dans un bain d'alcool (illustration personnelle)



Figure 56 : vue de l'ensemble des éléments imprimés, sur leur socle, nécessaires à la seconde étape clinique (illustration personnelle)



Figure 57 : retrait partiel du socle d'impression sur le porte-gnathomètre maxillaire (illustration personnelle)



Figure 58 : vue du PEI maxillaire après retrait du socle d'impression (illustration personnelle)

3.2.3 Réalisation des empreintes secondaires et enregistrement de la relation intermaxillaire

3.2.3.1 Matériel

- Sonde / Miroir / Précelle
- Matériaux de marginage et de surfacage pour empreinte secondaire
- PEI Imprimé
- Porte-gnathomètre imprimé
- Gnathomètre
- Cire / flamme / spray d'occlusion
- Silicone de mordu prise rapide
- Papier à poncer grain 80
- Fraise résine / pièce à main
- Fraise prothèse fixée / contre-angle bague rouge
- Scanner intra-oral
- Chlorhexidine 0,12%

3.2.3.2 Méthode

Les modèles sont passés dans un bain de chlorhexidine 0,12%. Ensuite, les modèles sont essayés en bouche, la hauteur des bourrelets est validée. Un passage au taille plâtre ou sur un papier à poncer grain 80 permet d'ajuster la hauteur (Fig. 59).

Les zones de surextension sont corrigées à la fraise résine. Aucune mobilité du PEI ne doit être observée lorsque les mouvements de Herbst sont réalisés. Une fois validé, le marginage et le surfaçage sont entrepris.

Une fois les deux empreintes réalisées, elles sont scannées via le scanner intra-oral.

Les bourrelets de préhension sont alors limés pour ne laisser que 2 mm de hauteur. Cette hauteur permet d'accueillir l'espace pour le porte-gnathomètre et le gnathomètre. L'ensemble est placé en bouche et la dimension verticale est validée à l'aide de la vis de réglage du point d'appui central (Fig. 60, 61).



Figure 59 : PEI maxillaire sur la pierre du taille plâtre pour son ajustage en hauteur (illustration personnelle)



Figure 60 : vérification de l'occlusion après prise des empreintes secondaires et scan optique (illustration personnelle)



Figure 61 : appréciation de l'occlusion gnathomètre en bouche pour le réglage de la vis centrale (illustration personnelle)

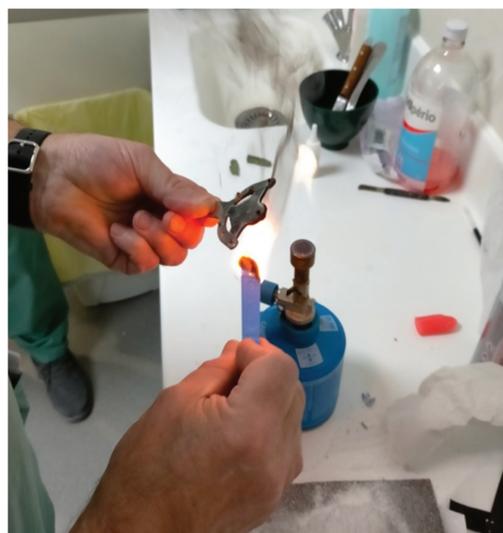


Figure 62 : création d'une flamme noire pour marquer le gnathomètre (illustration personnelle)

Les éléments sont alors retirés de la bouche et la partie maxillaire du gnathomètre est marquée. Plusieurs solutions sont possibles :

- Utilisation d'un crayon gras qui marque le métal.
- Utilisation d'une flamme noire pour marquer le métal (Fig. 62 et 63).
- Utilisation du spray d'occlusion de chez Bausch®, pour ajuster les contacts des intrados. Il permet de pulvériser une fine couche de couleur sur le métal (Fig. 64).

Une préférence est portée sur le spray d'occlusion qui est moins salissant, plus rapide à mettre en œuvre et plus précis.

L'ensemble est repositionné en bouche.

Il est demandé au patient de faire une latéralité gauche et de revenir en position de repos. Cette opération est à renouveler 2 fois avant de réaliser une ouverture/fermeture de bouche.

L'opération suivante est de demander au patient de faire une latéralité droite et de revenir en position de repos. Cette opération est à renouveler 2 fois avant de réaliser une ouverture/fermeture de bouche.

Enfin le patient fait une propulsion et revient en position de repos. Cette opération est à renouveler 2 fois.

L'ensemble des éléments est retiré de la bouche et l'enregistrement est vérifié visuellement (Fig. 63 et 64).

Un plastique de repositionnement est fixé en son centre sur le point le plus haut de l'arc dessiné (Fig. 65).

L'ensemble des éléments est repositionné en bouche. Il est vérifié le bon repositionnement, dans l'encoche du plastique en occlusion, du point d'appui central. L'ensemble est fixé en position par la mise en place d'un silicone d'occlusion (Fig. 66).

Après retrait de la bouche, ce montage fixé est scanné via un scanner intra-oral.



Figure 63 : tracé du point d'appui central via le procédé de la flamme noire (illustration personnelle)



Figure 64 : tracé du point d'appui central via la mise en place d'un spray d'occlusion vert (illustration personnelle)



Figure 65 : mise en place du repère plastique pour valider la position enregistrée (illustration personnelle)



Figure 66 : vue du montage après validation de la relation intermaxillaire enregistrée et mise en place d'un silicone d'occlusion pour valider la position (illustration personnelle)

Discussion

Depuis quelques années, de plus en plus de publications apparaissent, démontrant une volonté d'intégrer le patient édenté total dans la dentisterie numérique. Pour le chirurgien-dentiste, au cabinet dentaire, le coût est peu important puisque la majorité des outils sont déjà disponibles. Le temps clinique nécessaire est quant à lui conséquent mais le nombre de séances cliniques nécessaires est moindre. Les protocoles proposés par les grandes firmes, tel que celui d'Avadent®, semblent plus en adéquation avec la prise en charge d'un patient édenté total dans un cabinet de ville. En effet, ces protocoles sont optimisés pour la clinique et laissent le travail de traitement des empreintes et de conception au laboratoire. Il est cependant noté que ces protocoles ne respectent pas tous les impératifs de la prothèse amovible complète. De ce fait, ils ne sont pas recommandés pour ce type de prise en charge.

Au CHRU de Lille, un scanner intra-oral est utilisé chez un patient édenté total pour la première fois selon un protocole défini. Les outils à disposition, non spécifiques à cette prise en charge, sont un scanner de table DentalWings7, le logiciel de conception DentalWings, une imprimante laser et le gnathomètre de chez Ivoclar®. L'écosystème le plus abouti pour ce type de prise en charge est celui de 3shape®. Ce système n'est pas disponible au CHRU de Lille. Il a donc fallu aménager et créer des stratégies comme l'adaptateur porte-gnathomètre. Ce dernier a révélé une réelle efficacité à travers sa simplicité de mise en place. Toutefois, il nécessite encore des améliorations pour stabiliser au mieux le gnathomètre.

Pour simplifier toutes ces étapes, une mise à jour spécifique du logiciel DentalWings serait un vrai avantage pour réaliser cette thérapeutique.

Le logiciel 3shape® propose la réalisation d'un bourrelet intégrant le gnathomètre. Ce bourrelet ne possède pas de porte-gnathomètre mais intègre directement la forme du gnathomètre. Ainsi, une modification en hauteur de ce bourrelet lime les détails. Le gnathomètre ne peut plus s'intégrer à celui-ci. Dans le protocole proposé dans cette thèse, le bourrelet peut être limé sans soucis puisque les trous des ergots de rétention du porte-gnathomètre seront toujours présents. Cela donne l'avantage de réaliser une empreinte secondaire avec des bourrelets aux bonnes dimensions mais aussi de pouvoir régler en hauteur ce bourrelet pour intégrer le gnathomètre. Le gain d'une étape clinique est réalisé

puisque dans cette même séance les empreintes secondaires et la relation intermaxillaire sont enregistrées.

L'absence de possibilité d'enregistrer la position du plan d'occlusion par rapport au plan de référence fait défaut dans ce protocole. Un articulateur virtuel est disponible sur DentalWings mais aucun outil permettant d'obtenir une valeur chiffrée en bouche, exploitable par le logiciel, n'a été conçu. L'UTS CAD de chez Ivoclar® permet d'obtenir une valeur chiffrée de l'orientation du maxillaire par rapport au plan de référence. L'acquisition de cet outil permettrait de futures recherches sur cette problématique afin de compléter ce dispositif.

Pour la question du soutien de la lèvre, enregistrée lors de la séance de relation intermaxillaire, des travaux en liens avec le prothésiste doivent se poursuivre. Dans ce protocole, cet enregistrement est réalisé lors de l'empreinte secondaire puis détruit lorsque le bourrelet de préhension modelé aux bonnes dimensions est réduit pour positionner le gnathomètre. Ainsi, le prothésiste perd cette information et se voit contraint de placer le bloc antérieur sans tenir compte des spécificités du patient. Une solution est de réaliser l'empreinte optique du porte-empreinte individuel avec un bourrelet aux bonnes dimensions avant de réaliser l'empreinte secondaire. Le prothésiste possèdera donc l'information du soutien de la lèvre et de la position des dents antérieures. Sur ce même bourrelet, la position des ailes du nez et de la ligne du sourire peuvent être retranscrites par le retrait de matière en fraisant à la fraise boule sur turbine ces informations sur le bourrelet. Cependant, il n'est pas encore possible de lier ces informations de montage sur le logiciel de conception.

Le scanning facial peut être un plus dans la prise en charge numérique du patient édenté total. Cette technologie permet de réaliser une maquette virtuelle et de proposer au patient une visualisation 3D de sa future prothèse en bouche. L'impression d'une maquette en résine semble plus évocatrice de la situation pour le patient. Le CHU de Clermont-Ferrand propose au patient d'essayer sa maquette pendant une semaine avant la livraison de la prothèse définitive.

Le travail de communication et de mise en place de stratégie avec le laboratoire de prothèse doit faire l'objet d'une poursuite des tâches. À ce jour, des contacts avec la société Dondiatechne à Wambrechies laissent envisager une future collaboration dans ce sens.

Enfin, comme alternative aux techniques traditionnelles, le scanner intra-oral trouve ici sa place lors des empreintes primaires et secondaires. Cependant, le scanner intra-oral possède de nombreuses limites dans le traitement du patient

édenté total. En effet, la dépressibilité muqueuse, les zones de réflexions linguales, les fonds de vestibules et la présence constante de fluide salivaire rendent ce scanner impossible à utiliser directement en bouche. L'apport du scanner intra-oral est intéressant et permet une approche différente de la prise en charge classique. Le concept Gerber, utilisé dans un premier temps dans un schéma « traditionnel », trouve dans ce protocole, une place centrale et permet grâce à sa modularité, de réaliser une étape d'empreinte secondaire et une étape de relation intermaxillaire dans la même séance sans altérer l'empreinte.

Conclusion

Au cabinet dentaire, l'apport du scanner intra-oral dans la prise en charge du patient édenté total est limité. Peu de protocoles existent. Ces protocoles nécessitent des logiciels de traitement spécifiques, comme le logiciel 3shape®. Ainsi, le praticien souhaitant proposer cette stratégie à son patient se doit de maîtriser parfaitement son scanner intra-oral, et d'établir, avec son prothésiste, une excellente communication. L'indication de cette thérapeutique doit être définie en accord avec le patient. En effet, l'adaptation des protocoles nécessite des temps cliniques plus longs. Ensuite, le choix du patient éligible est primordial. L'étape de première consultation permet de s'assurer de la bonne indication anatomique du patient. Il s'agira donc, au cabinet dentaire, d'une ouverture d'esprit, d'une modification des pratiques sur des cas spécifiques et non d'une prise en charge universelle. Le CHRU a, quant à lui, une vocation de recherche. Le nombre d'instruments à disposition est plus conséquent. C'est dans cette optique qu'un protocole spécifique au CHRU de Lille est mis en place.

Ce protocole, adaptable au fur et à mesure de son utilisation clinique, permet d'intégrer le patient édenté total dans une prise en charge numérique. Ce protocole intègre également le concept Gerber qui permet de réaliser l'étape d'empreinte secondaire et l'étape de relation intermaxillaire dans la même séance clinique sans altérer l'empreinte. Ce protocole, disponible pour l'ensemble de la profession, nécessite d'être suivi chez plusieurs patients pour permettre des ajustements et le faire évoluer.

Références bibliographiques

1. Gobert B. L'enregistrement intra-oral Gerber : son champ d'application. *Oclusodontie Tech.* 2001 dec 11;12(4):171-81.
2. Descamp F. *La CFAO en odontologie: les bases, les principes et les systèmes.* Malakoff: Éditions CdP; 2016.
3. Osnes CA, Wu JH, Venezia P, Ferrari M, Keeling AJ. Full arch precision of six intraoral scanners in vitro. *J Prosthodont Res.* 2020 jan 1;64(1):6-11.
4. Lo Russo L, Caradonna G, Troiano G, Salamini A, Guida L, Ciavarella D. Three-dimensional differences between intraoral scans and conventional impressions of edentulous jaws: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2020 feb 1;123(2):264-8.
5. Enoki N, Kiyoshima T, Sakai T, Kobayashi I, Takahashi K, Terada Y, Sakai H. Age-dependent changes in cell proliferation and cell death in the periodontal tissue and the submandibular gland in mice: a comparison with other tissues and organs. *J Mol Histol.* 2007 aug 1;38(4):321-32.
6. Chen J, Ahmad R, Li W, Swain M, Li Q. Biomechanics of oral mucosa. *J R Soc Interface.* 2015 aug 6;12(109):15-30.
7. Aragón MLC, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2016 aug 1;38(4):429-34.
8. Braian M, Wennerberg A. Trueness and precision of 5 intraoral scanners for scanning edentulous and dentate complete-arch mandibular casts: A comparative in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2019 aug 1;122(2):129-136.e2.
9. Cao Y, Chen JK, Deng KH, Wang Y, Sun YC, Zhao YJ. Accuracy of three intraoral scans for primary impressions of edentulous jaws. *J Peking Univ Health Sci.* 2020 feb 18;52(1):129-37.
10. Waldecker M, Rues S, Rammelsberg P, Bömicke W. Accuracy of complete-arch intraoral scans based on confocal microscopy versus optical triangulation: A comparative in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2021 sep 1;126(3):414-20.
11. Jung S, Park C, Yang H-S, Lim H-P, Yun K, Zhai Y, Park S-W. Comparison of different impression techniques for edentulous jaws using three-dimensional analysis. *J Adv Prosthodont.* 2019 jun 1;11(3):179.
12. Zarone F, Ruggiero G, Ferrari M, Mangano F, Joda T, Sorrentino R. Accuracy of a chairside intraoral scanner compared with a laboratory scanner for the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis. *J Prosthet Dent.* 2020 dec 1;124(6):759-61.
13. McLaughlin JB, Ramos V, Dickinson DP. Comparison of Fit of Dentures Fabricated by Traditional Techniques Versus CAD/CAM Technology. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont.* 2019 apr 1;28(4):428-35.
14. Al-Fouzan AF, Al-Mejrad LA, Albarrag AM. Adherence of *Candida* to complete denture surfaces in vitro: A comparison of conventional and CAD/CAM complete dentures. *J Adv Prosthodont.* 2017 oct 1;9(5):402-8.
15. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl P-A. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig.* 2018 nov 1;22(8):28-35.
16. Punj A, Bompolaki D, Kurtz KS. Dentist-laboratory communication and quality assessment of removable prostheses in Oregon: A cross-sectional pilot study. *J Prosthet Dent.* 2021 jul 1;126(1):103-9.
17. Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Minakuchi S. Digital impression and jaw relation record for the fabrication of CAD/CAM custom tray. *J Prosthodont Res.* 2018 oct 1;62(4):509-13.
18. Perus C. Réalisation de PEI chez un patient édenté total en utilisant des logiciels open source : à propos d'un cas. [thèse de docteur en Chirurgie-Dentaire] Lille (FRA):

Université de Lille; 2017.

19. Fang J-H, An X, Jeong S-M, Choi B-H. Development of complete dentures based on digital intraoral impressions-Case report. *J Prosthodont Res.* 2018 jan 1;62(1):116-20.
20. Mizumoto RM, Alp G, Özcan M, Yilmaz B. The effect of scanning the palate and scan body position on the accuracy of complete-arch implant scans. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019 oct 25;21(5):987-94.
21. Zarone F, Ruggiero G, Ferrari M, Mangano F, Joda T, Sorrentino R. Comparison of different intraoral scanning techniques on the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis. *J Prosthet Dent.* 2020 dec 2;124(6):762-762.
22. Moura GF, Siqueira R, Meirelles L, Maska B, Wang H-L, Mendonça G. Denture scanning technique for computer-guided implant-supported restoration treatment of edentulous patients. *J Prosthet Dent.* 2021 may 1;125(5):726-31.
23. Lo Russo L, Caradonna G, Salamini A, Guida L. Intraoral scans of edentulous arches for denture design in a single procedure. *J Prosthet Dent.* 1 févr 2020;123(2):215-9.
24. Kattadiyil M, Goodacre C, Baba N. CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems. *J Calif Dent Assoc.* 2013 jun 1;41:407-16.
25. Sa Y, Morton D, Lin W-S. Using existing interim complete dentures as an aid for an interocclusal record to align edentulous intraoral scans for implant-retained overdentures. *J Prosthet Dent.* 2021 jun 1;125(6):854-7.
26. Lo Russo L, Salamini A, Troiano G, Guida L. Digital dentures: A protocol based on intraoral scans. *J Prosthet Dent.* 2021 apr 1;125(4):597-602.
27. Denneulin T. L'adhésion de deux couches d'alginate par le carbonate de sodium. [thèse de docteur en Chirurgie-Dentaire] Lille (FRA): Université de Lille; 2018.

Table des figures:

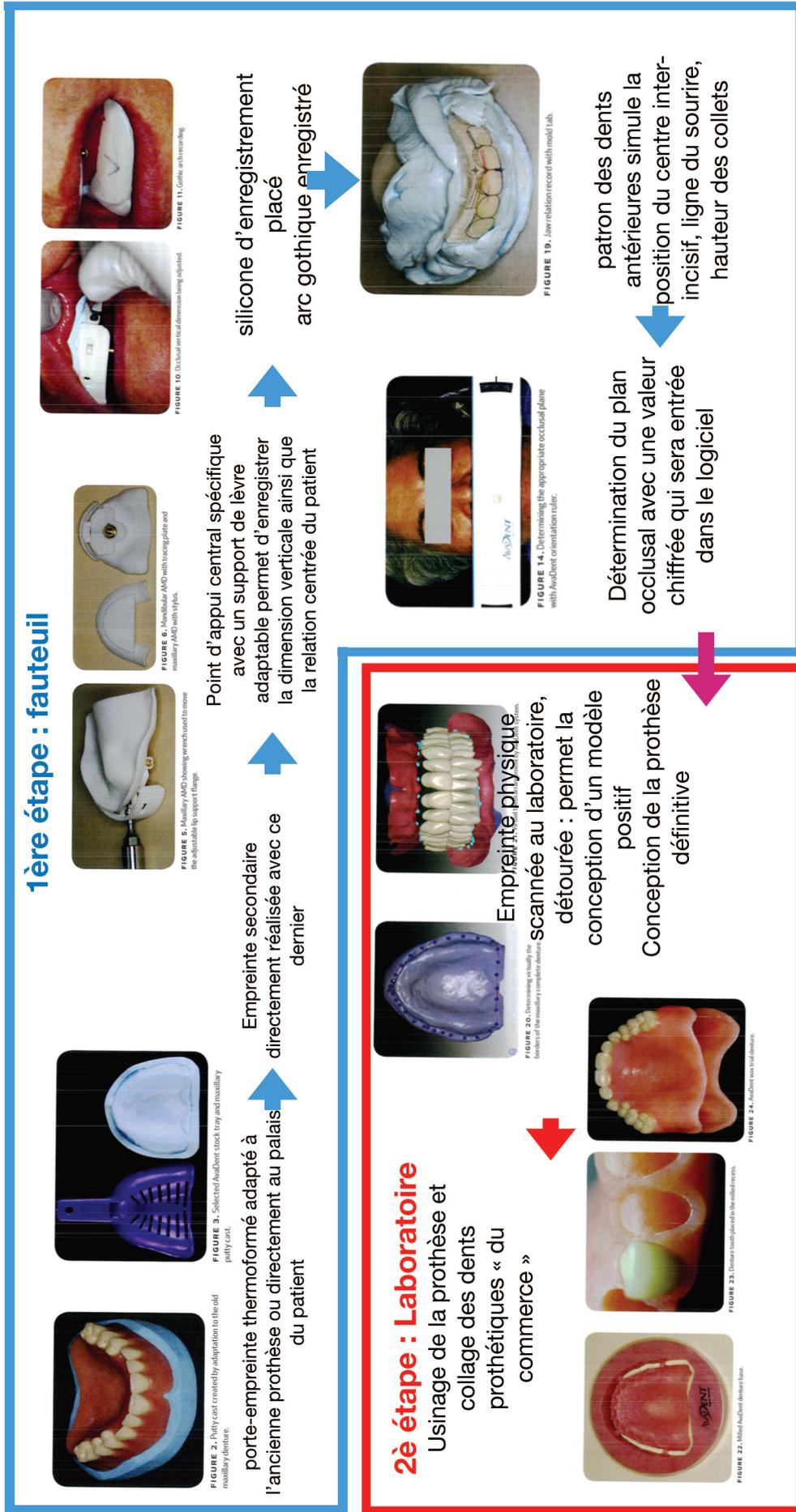
FIGURE 1 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES ELEMENTS OSSEUX DES ARTICULATIONS EN VUE LATERALE.	10
FIGURE 2 : MAQUETTE GERBER.....	11
FIGURE 3 : ILLUSTRATION DE LA SOCIETE CONDYLATOR SERVICE DE ZURICH, PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU GNATHOMETRE EN SITUATION SUR UNE PROTHESE COMPLETE IN SITU	11
FIGURE 4 : VARIABILITE DEPRESSION MUQUEUSE EN FONCTION DU SITE ANATOMIQUE.....	15
FIGURE 5 : JUSTESSE ET PRECISION COMPAREES ENTRE UN SCAN ISSU D'UN SCANNER INTRA-ORAL (DLOC), D'UNE EMPREINTE PHYSIQUE AVEC UN SCANNER LABORATOIRE (DEOC) ET DE CETTE EMPREINTE ISSUE DU SCANNER LABORATOIRE INVERSEE (DREC).....	16
FIGURE 6 : IMPRESSION DE BASE RESINE POUR ACCUEILLIR DES DENTS EN RESINES, CAS DU LABORATOIRE DONDIATECHNE.....	21
FIGURE 7: JIG EN SILICONE POUR ENREGISTREMENT DE LA DIMENSION VERTICALE D'OCCLUSION, CAS KANAZAWA ET AL. EN 2018	24
FIGURE 8 : SUPERPOSITION DES FICHIERS EMPREINTES ET JIG, CAS DE KANAWA ET AL.	24
FIGURE 9: PHOTOGRAPHIE INTRA-BUCCALE CENTREE SUR LE MAXILLAIRE DU PATIENT PRESENTE DANS CE CAS CLINIQUE.....	25
FIGURE 10 : SCHEMA SEQUENCE D'ENREGISTREMENT MAXILLAIRE PROPOSE PAR ZARONE F. ET COL (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	27
FIGURE 11 : SCHEMA SEQUENCE D'ENREGISTREMENT MANDIBULAIRE PROPOSEE PAR MIZUMOTO BM. ET COL (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	28
FIGURE 12 : PROTOCOLE D'ENREGISTREMENT PROPOSE PAR LE DR RUSSO POUR 3SHAPE®	29
FIGURE 13 : PROTOCOLE D'ENREGISTREMENT MAXILLAIRE PROPOSE PAR LE DR RUSSO POUR 3SHAPE®	29
FIGURE 14: EMPREINTE NUMÉRIQUE INTRAORALE.....	32
FIGURE 15: SCAN FACIAL REALISE AVEC L'APPLICATION BELLUS	32
FIGURE 16: BOURRELET D'OCCLUSION EN CIRE REALISE A PARTIR DU SCAN 3D INTRAORAL	32
FIGURE 17: ALIGNEMENT TRIDIMENSIONNEL DE L'EMPREINTE NUMERIQUE ET DU SCAN FACIAL VIA LE LOGICIEL 3SHAPE®	33
FIGURE 18: REPRESENTATION DU MONTAGE FINAL ISSUE DU PROTOCOLE (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	34
FIGURE 19: PHOTOGRAPHIE EXTRA-ORALE D'UNE SEANCE CLINIQUE DE SCAN INTRA-ORAL CHEZ UNE PATIENTE EDENTEE TOTALE VIA LE SCANNER INTRA-ORAL 3SHAPE® (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	36
FIGURE 20: PREPARATION DES INSTRUMENTS POUR LA REALISATION DE LA PREMIERE SEANCE PRECLINIQUE.....	37
FIGURE 21 : UTS CAD IVOCLAR® AVEC BOURRELET D'OCCLUSION.	38
FIGURE 22: GNATHOMETRE IVOCLAR® AVEC ADAPTATEUR UTS.....	39
FIGURE 23: MAQUETTE AVEC RELIEF CUSPIDIEN IMPRIME EN RESINE PAR IMPRIMANTE LASER FORMLABS (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	40
FIGURE 24: CONCEPT 1, PORTE-GNATHOMETRE MODELISE SUR LE LOGICIEL MESHMIXER® (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	41
FIGURE 25: GNATHOMETRE MAXILLAIRE, ENTOURE D'UN ADHESIF MAT POUR FACILITER LA PRISE DE VUE, PUIS FIXE SUR LE BRAS DE PREHENSION SUR SON SUPPORT DANS LE SCANNER DENTALWINGS7 (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	42
FIGURE 26: VUE LATERALE DU DEUXIEME CONCEPT MODELISE SUR MESHMIXER® (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	43
FIGURE 27: VUE SUPERIEURE DU DEUXIEME CONCEPT DE PORTE-GNATHOMETRE, MODELISATION SUR MESHMIXER® (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	43
FIGURE 28: PORTE-GNATHOMETRE APRES RETRAIT DU GABARIT (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	44
FIGURE 29: SCAN DU GNATHOMETRE SERVANT DE GABARIT A LA CONCEPTION DU PORTE-GNATHOMETRE, SUR LE LOGICIEL 3DBUILDER (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	44
FIGURE 30: TROISIEME CONCEPT, PORTE-GNATHOMETRE MAXILLAIRE MODELISE SUR MESHMIXER® (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	45
FIGURE 31: TROISIEME CONCEPT, PORTE-GNATHOMETRE MANDIBULAIRE MODELISE SUR MESHMIXER® (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	45
FIGURE 32 : MAQUETTE AVEC RELIEF CUSPIDIEN ET PORTE-GNATHOMETRE IMPRIME	46
FIGURE 33 : VUE LATERALE DROITE MAXILLAIRE AVEC PORTE-GNATHOMETRE ET GNATHOMETRE EN PLACE	46

FIGURE 34 : VUE LATÉRALE GAUCHE MAXILLAIRE AVEC PORTE-GNATHOMETRE ET GNATHOMETRE EN PLACE	46
FIGURE 35 : PORTE-EMPRESSE STYLE ASTEK® THERMOFORMABLE DISPONIBLE EN 3 TAILLES.....	47
FIGURE 36 : EMPRESSE MAXILLAIRE ET MANDIBULAIRE SANS LE BRAS DE PREHENSION (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	48
FIGURE 37 : EMPRESSE PRIMAIRE MANDIBULAIRE ET PINCE COUPANTE (ILLUSTRATION PERSONNELLE)....	48
FIGURE 38 : REMISE EN BOUCHE DE L'EMPRESSE MAXILLAIRE ET MANDIBULAIRE POUR APPRECIER LES INTERFERENCES EN POSITION DE REPOS, 1 : ERGOT DE PREHENSION (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	49
FIGURE 39 : PATIENTE PLACEE EN ESTIMATION DE LA DIMENSION VERTICALE, LES INTERFERENCES SONT RETIREES ET UN SILICONE BLEU DE MORDU EST MIS EN BOUCHE (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	49
FIGURE 40 : PAGE DE CREATION DE COMMANDE DWOS (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	50
FIGURE 41 : IMPORTATION DES SCANS ET PRETRAITEMENT DWOS (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) IMPORTATION DES SCANS, (2) ONGLET IMPORTATION, (3) FICHER DE COMMANDE	51
FIGURE 42 : ONGLET D'IMPORTATION, (4) FICHER DE SCAN, (5) APERÇU, (6) INVERSER LES NORMALES, (7) OUVRIR.....	51
FIGURE 43 : MISE EN OCCLUSION DWOS (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) REPOSITIONNEMENT PRECIS, (2) POINTS D'AJUSTEMENT COMPLEMENTAIRE (3) SELECTION ARCADES, (4) OK.....	52
FIGURE 44 : ORIENTATION DES SCANS, (5) POSITION DE LA CRETE EDENTEE, (6) VALIDATION	52
FIGURE 45 : ONGLET DE NETTOYAGE, (4) OUTIL PINCEAU, (5) EFFACEMENT DE LA SELECTION, (6) OK	53
FIGURE 46 : NETTOYAGE DES SCANS DWOS (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) SELECTION DE PROTHESE COMPLETE, (2) CHOIX DE LA COMMANDE,	53
FIGURE 47 : SELECTION DES ELEMENTS PLAQUE BASE RESINE ET DENTS PROTHETIQUES DANS LE MENU DEROLANT DROIT (1) DWOS (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) SELECTION DES ETAPES DE CONCEPTION, (2) VALIDER.....	54
FIGURE 48 : CONCEPTION DE LA PLAQUE BASE RESINE MAXILLAIRE DWOS (ILLUSTRATION PERSONNELLE)(1) LIMITE DES BASES RESINE, (2) POSITION DES LIMITES, (3) REGLAGE DE L'ÉPAISSEUR DES BASES, (4) OK	55
FIGURE 49 : CONCEPTION DE LA BASE RESINE DU FUTUR PEI (1) POSITION DENTAIRE, (2) « FAUSSE GENCIVE », (3) VALIDER	55
FIGURE 50 : FINALISATION DE LA COMMANDE ET EXPORTATION AU FORMAT STL DWOS (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) MENU RECAPITULATIF DE COMMANDE, (2) GESTION DE COMMANDE, (3) COMMANDES HAUT ET BAS, (4) VISUALISATION DU FICHER, (5) TYPE DE FICHER	56
FIGURE 51 : INSERTION DU SCAN DANS LE LOGICIEL WINDOWS 3D BUILDER (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) SELECTION DU SCAN	57
FIGURE 52 : POSITIONNEMENT DU SCAN SELON L'AXE DE REFERENCE A DAMIER LOGICIEL WINDOWS 3D BUILDER (ILLUSTRATION PERSONNELLE)(1) TRANSLATION, (2) ROTATION, (3) ZOOM, (4) OUTIL PINCEAU	57
FIGURE 53 : MISE EN PLACE DU PORTE-GNATHOMETRE SUR LE PEI CREE, LOGICIEL WINDOWS 3D BUILDER (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) MODIFIER, (2) EXTRUDER VERS LE BAS, (3) ROTATION, (4) INSERER	57
FIGURE 54 : VUE DU RESULTAT FINAL AVEC LES PERFORATIONS DU PORTE-GNATHOMETRE DANS LE PEI, LOGICIEL WINDOWS 3D BUILDER (ILLUSTRATION PERSONNELLE) (1) OUTIL SOUSTRAIRE.....	57
FIGURE 55 : VUE DU PEI MANDIBULAIRE EN SORTIE D'IMPRIMANTE APRES PHOTOPOLYMERISATION ET TREMPAGE DANS UN BAIN D'ALCOOL (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	58
FIGURE 56 : VUE DE L'ENSEMBLE DES ELEMENTS IMPRIMES, SUR LEUR SOCLE, NECESSAIRES A LA SECONDE ETAPE CLINIQUE (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	58
FIGURE 57 : RETRAIT PARTIEL DU SOCLE D'IMPRESSION SUR LE PORTE-GNATHOMETRE MAXILLAIRE (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	59
FIGURE 58 : VUE DU PEI MAXILLAIRE APRES RETRAIT DU SOCLE D'IMPRESSION (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	59
FIGURE 59 : PEI MAXILLAIRE SUR LA PIERRE DU TAILLE PLATRE POUR SON AJUSTAGE EN HAUTEUR (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	60
FIGURE 60 : VERIFICATION DE L'OCCLUSION APRES PRISE DES EMPRESSES SECONDAIRES ET SCAN OPTIQUE (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	60
FIGURE 61 : APPRECIATION DE L'OCCLUSION GNATHOMETRE EN BOUCHE POUR LE REGLAGE DE LA VIS CENTRALE (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	60
FIGURE 62 : CREATION D'UNE FLAMME NOIRE POUR MARQUER LE GNATHOMETRE (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	60
FIGURE 63 : TRACE DU POINT D'APPUI CENTRAL VIA LE PROCÉDE DE LA FLAMME NOIRE (ILLUSTRATION PERSONNELLE).....	62

FIGURE 64 : TRACE DU POINT D'APPUI CENTRAL VIA LA MISE EN PLACE D'UN SPRAY D'OCCLUSION VERT (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	62
FIGURE 65 : MISE EN PLACE DU REPERE PLASTIQUE POUR VALIDER LA POSITION ENREGISTREE (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	62
FIGURE 66 : VUE DU MONTAGE APRES VALIDATION DE LA RELATION INTERMAXILLAIRE ENREGISTREE ET MISE EN PLACE D'UN SILICONE D'OCCLUSION POUR VALIDER LA POSITION (ILLUSTRATION PERSONNELLE)	62

Annexes

Annexe 1 : étapes de conception, résumé du système AVADENT® (montage personnel)



Photographies issues de Kattadiyil, Mathew, et al. "CAD/CAM Complete Dentures: A Review of Two Commercial Fabrication Systems." *Journal of the California Dental Association*, vol. 41, June 2013, pp. 407-16.

Annexe 2 : Séance clinique, protocole simplifié (illustration personnelle)

Séance clinique 1 :

Matériel

- Alginate / bol / spatule / eau / verre doseur
- Porte-empreintes thermoformable
- Pince coupante / fraise résine / pièce à main
- Solution Carbonate de Sodium 0,7%
- Bistouri lame 11 / Brosse à dent / crayon aniline
- Silicone de mordu prise rapide

Étape 1 : empreinte primaire 2 temps/2 viscosités

- Choix des porte-empreintes avec compas bout mousse
- Réalisation des empreintes primaires à l'alginate 1er lé (dosage eau/alginate : 1/1)
- Mise en condition des empreintes avec lame 11
- Application carbonate de sodium 0,7% à la brosse à dent
- Réalisation des empreintes primaires à l'alginate 2nd lé (dosage eau/alginate : 3/2)

Étape 2 : adaptation des porte-empreintes

- Retrait des zones d'alginate non soutenues
- Retrait du bras de préhension du porte-empreinte avec pince et fraise résine
- Mise en bouche et évaluation des interférences
- Retrait des zones d'interférence à la fraise résine
- Mise en évidence du fond de vestibule avec crayon aniline

Étape 3 : Estimation de la dimension verticale

- Mise en bouche des 2 empreintes
- Patient en Relation centrée
- Patient en dimension verticale estimée
- Mise en vestibulaire du silicone de mordu pour figer la situation

Étape 4 : scan des empreintes

- Scan du modèle maxillaire
- Scan du modèle mandibulaire
- Scan de l'occlusion



Séance clinique 2 :

Matériel

- Pâte de Kerr / Permadyne / Adhésif polysulfure
- PEI imprimé
- Gnathomètre
- Crayon gras / cire
- Flamme noire ou spray d'occlusion
- Silicone de mordu prise rapide
- Plan de fox / papier à poncer

Étape 1 : Adaptation porte-empreinte et gnathomètre

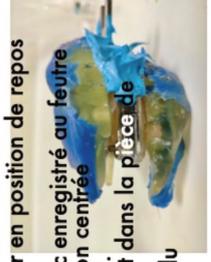
- Vérification de l'adaptation des portes empreintes en bouche
- Vérification de la dimension verticale gnathomètre en bouche
- Verrouillage de la dimension verticale en bloquant la vis centrale avec de la cire

Étape 2 : empreinte secondaire

- Retrait du gnathomètre et du porte gnathomètre
- Marginage Pâte de Kerr
- Mise en place d'adhésif sur les porte-empreintes
- Surfaçage à la permadyne
- Élimination des excès
- Prise d'empreinte optique

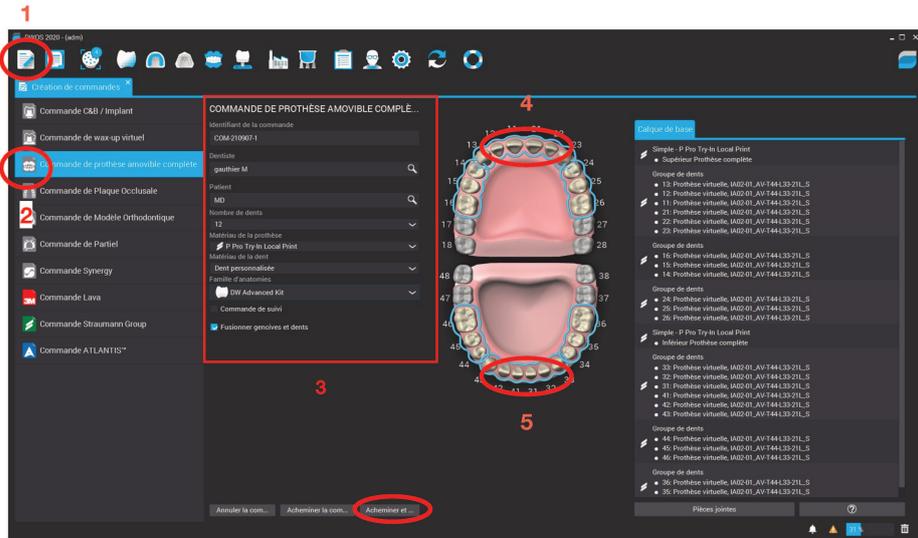
Étape 3 : enregistrement de la relation centrée

- Mise en place du porte-gnathomètre et du gnathomètre sur les empreintes
- Mettre du crayon gras ou du spray d'occlusion sur la table d'enregistrement
- Mise en bouche des 2 empreintes
- Demander au patient de faire une latéralité gauche et de revenir en position de repos (faire 3 fois cette opération) puis réaliser une ouverture/fermeture de bouche
- Demander au patient de faire une latéralité droite et de revenir en position de repos (faire 3 fois cette opération) puis réaliser une ouverture/fermeture de bouche
- Demander au patient de faire une propulsion et de revenir en position de repos (faire 3 fois cette opération)
- Retirer empreinte maxillaire et marquer le sommet de l'arc enregistré au feutre
- Placer la pièce de repositionnement pour valider la relation centrée
- Replacer en bouche et effectuer une fermeture de bouche.
- Le point d'appui central doit se repositionner parfaitement dans la pièce de repositionnement
- Enregistrer la relation à l'aide d'un silicone lourd de mordu



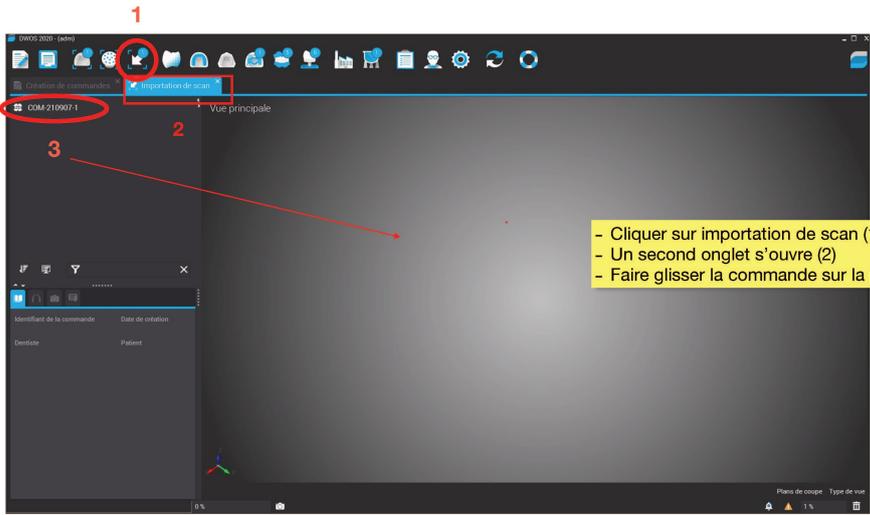
Conception du porte-empreinte individuel : logiciel DentalWings

Annexes 3 : Protocole conception des maquettes sur DentalWings



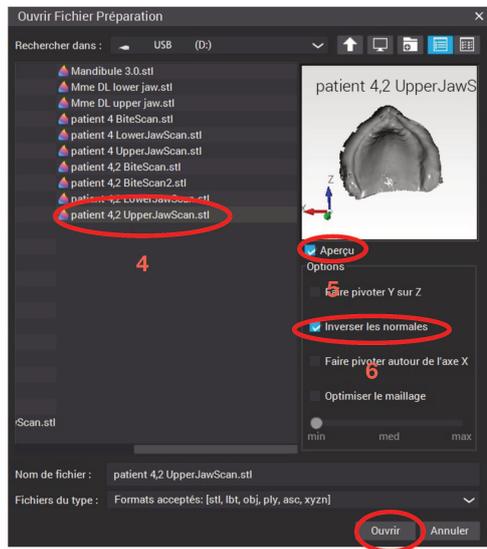
- Ouvrir DentalWings et se connecter à son compte
- Créer une commande (1)
- Ouvrir « commande de prothèse amovible complète » (2)
- Remplir les informations et choisir une anatomie (DW par défaut) puis cocher « fusionner gencives et dents » (3)
- Cliquer sur les dents maxillaires et mandibulaires (5)
- Cliquer sur acheminer et suivre (6)

1



- Cliquer sur importation de scan (1)
- Un second onglet s'ouvre (2)
- Faire glisser la commande sur la page de droite (3)

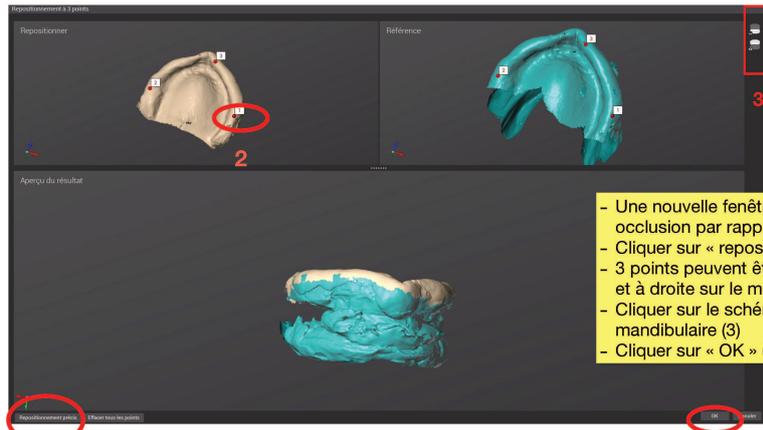
- Une fenêtre s'ouvre
- Choisir upper jaw
- Rechercher son fichier STL de scan de l'empreinte maxillaire (4)
- Cocher aperçu pour s'assurer qu'il s'agit du bon fichier (5)
- Cocher « inverser les normales » pour obtenir un modèle positif (6)
- Puis « ouvrir » (7)
- Répéter l'opération pour le mandibulaire et pour le mordu (Attention de ne pas inverser les normales pour le mordu)



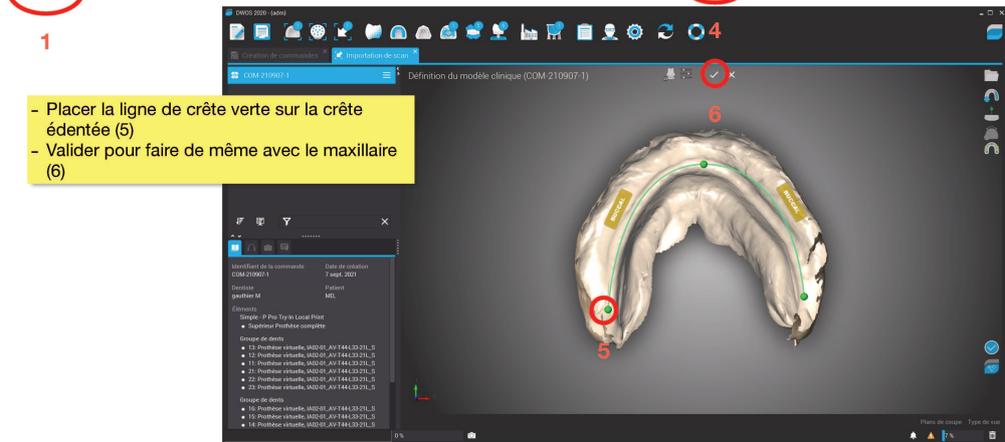
7

2

Conception du porte-empreinte individuel : logiciel DentalWings

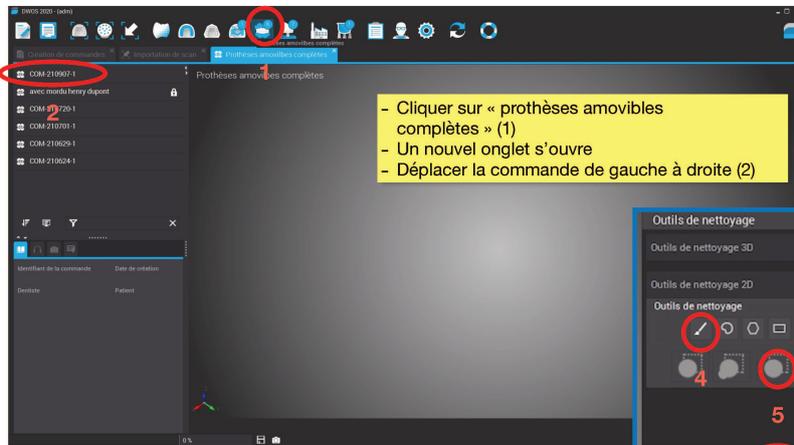


- Une nouvelle fenêtre s'ouvre et permet la mise en occlusion par rapport au mordus réalisés
- Cliquer sur « repositionnement précis » (1)
- 3 points peuvent être ajoutés (à gauche sur le modèle et à droite sur le mordus) pour préciser le montage (2)
- Cliquer sur le schéma pour faire de même avec le mandibulaire (3)
- Cliquer sur « OK » (4)



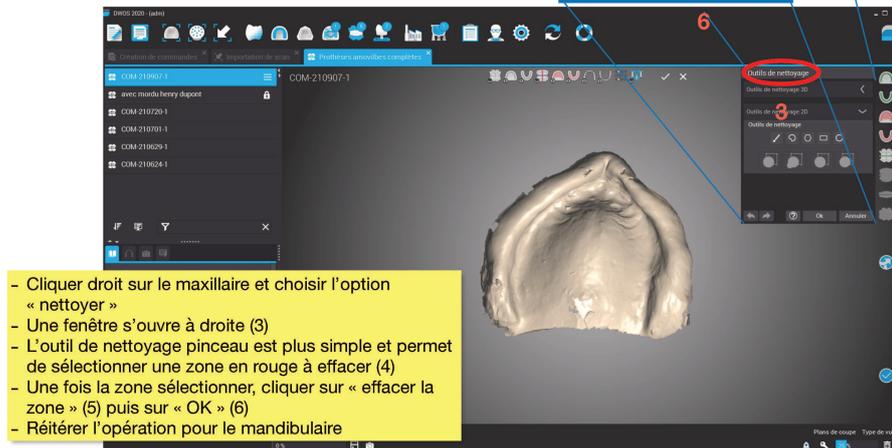
- Placer la ligne de crête verte sur la crête édentée (5)
- Valider pour faire de même avec le maxillaire (6)

3



- Cliquer sur « prothèses amovibles complètes » (1)
- Un nouvel onglet s'ouvre
- Déplacer la commande de gauche à droite (2)

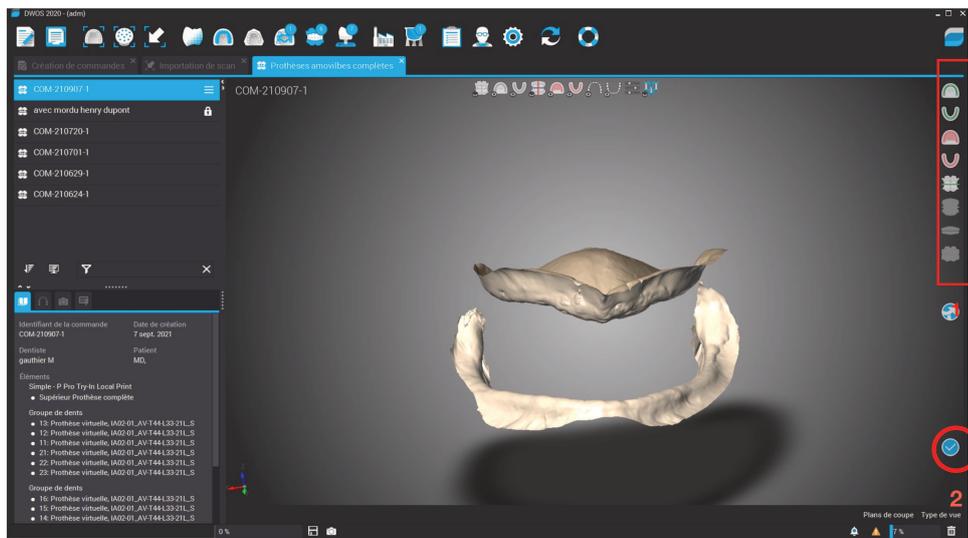
(Zoom)



- Cliquer droit sur le maxillaire et choisir l'option « nettoyer »
- Une fenêtre s'ouvre à droite (3)
- L'outil de nettoyage pinceau est plus simple et permet de sélectionner une zone rouge à effacer (4)
- Une fois la zone sélectionnée, cliquer sur « effacer la zone » (5) puis sur « OK » (6)
- Répéter l'opération pour le mandibulaire

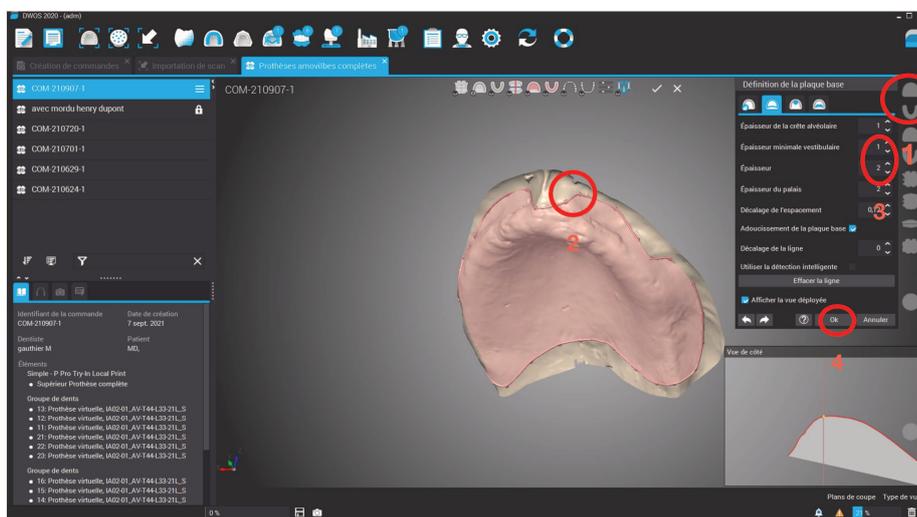
4

Conception du porte-empreinte individuel : logiciel DentalWings



- Une fois les modèles nettoyés, suivre les instructions dans l'ordre d'apparition (1)
- les étapes de positionnement du plan d'occlusion se font automatiquement mais peuvent être modifiées
- A chaque étape terminée, cliquer sur le bouton validé (2)

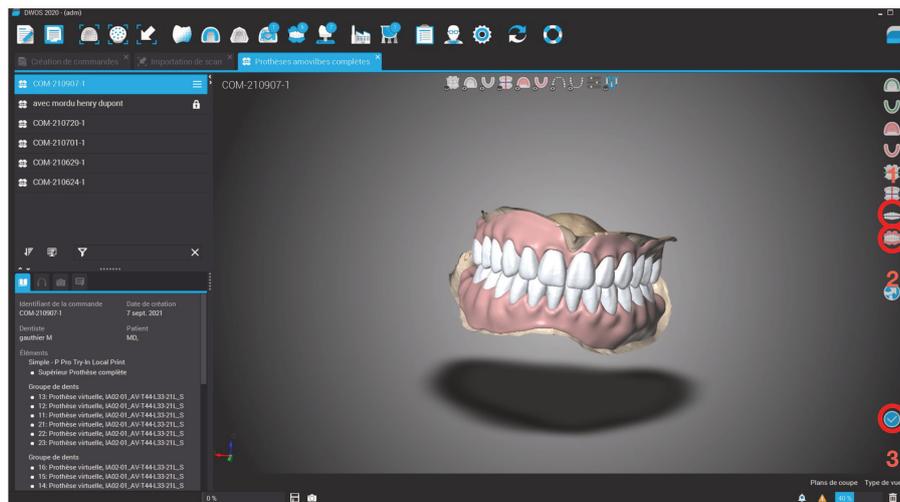
5



- Conception des bases résine, cliquer sur l'icône maxillaire puis mandibulaire (1)
- Cliquer pour positionner la limite du futur porte-empreinte symbolisé par un point, faire une suite de point pour afficher les limites complètes (2)
- Régler l'épaisseur souhaitée (2mm) (3)
- Cliquer sur « OK » (4)

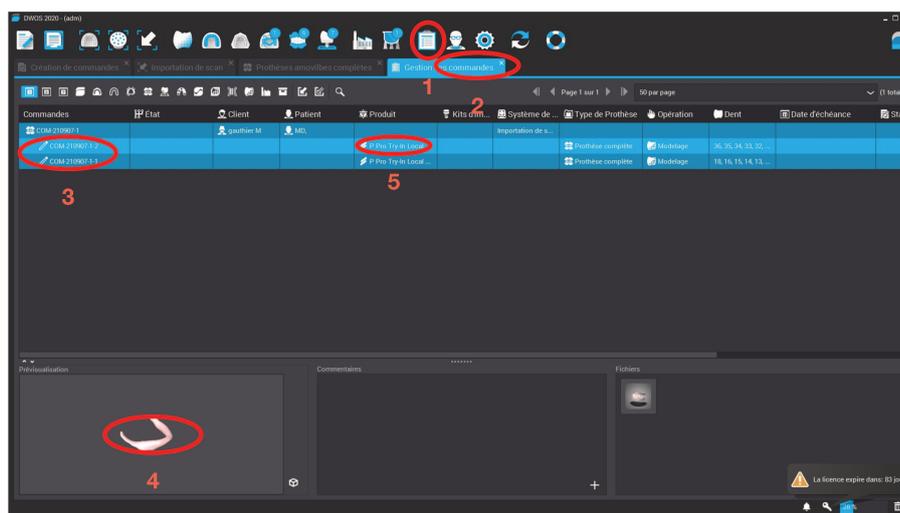
6

Conception du porte-empreinte individuel : logiciel DentalWings



- Afficher les dents (1)
- Générer la fausse gencive (2)
- Valider (3)

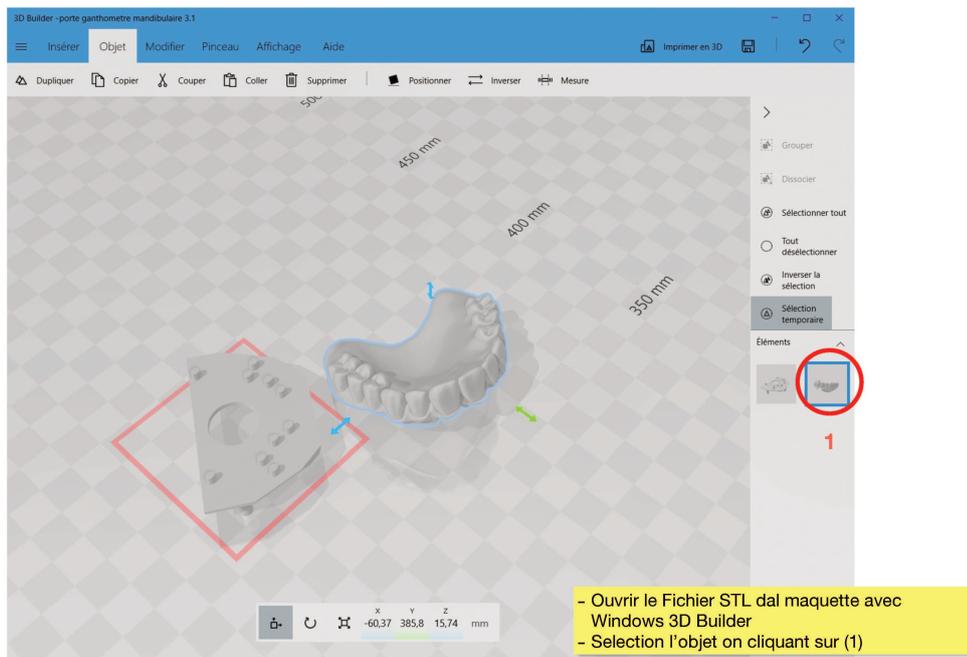
7



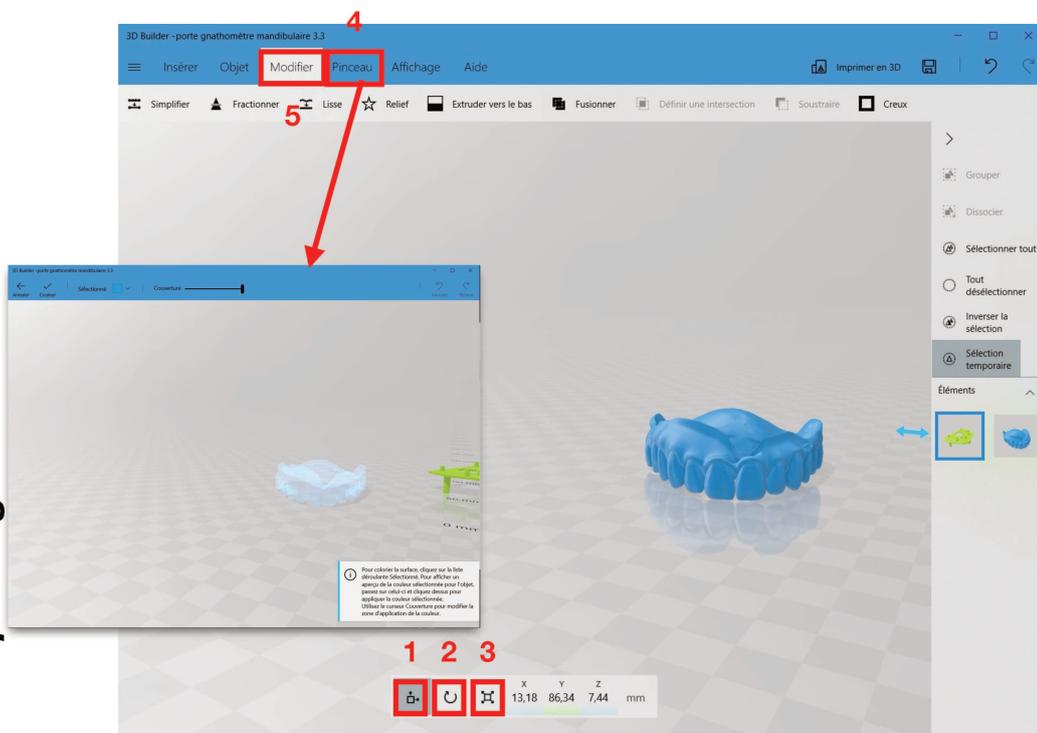
- Cliquer sur l'icône « gestion des commandes »(1)
- Un nouvel onglet s'ouvre (2)
- Sélectionner la commande du maxillaire ou du mandibulaire (3)
- Une visualisation est possible en double cliquant sur la page « prévisualisation » (4)
- Cliquer droit sur la commande et enregistrer en STL (5)

8

Intégration du porte gnathomètre : logiciel Windows 3DBuilder



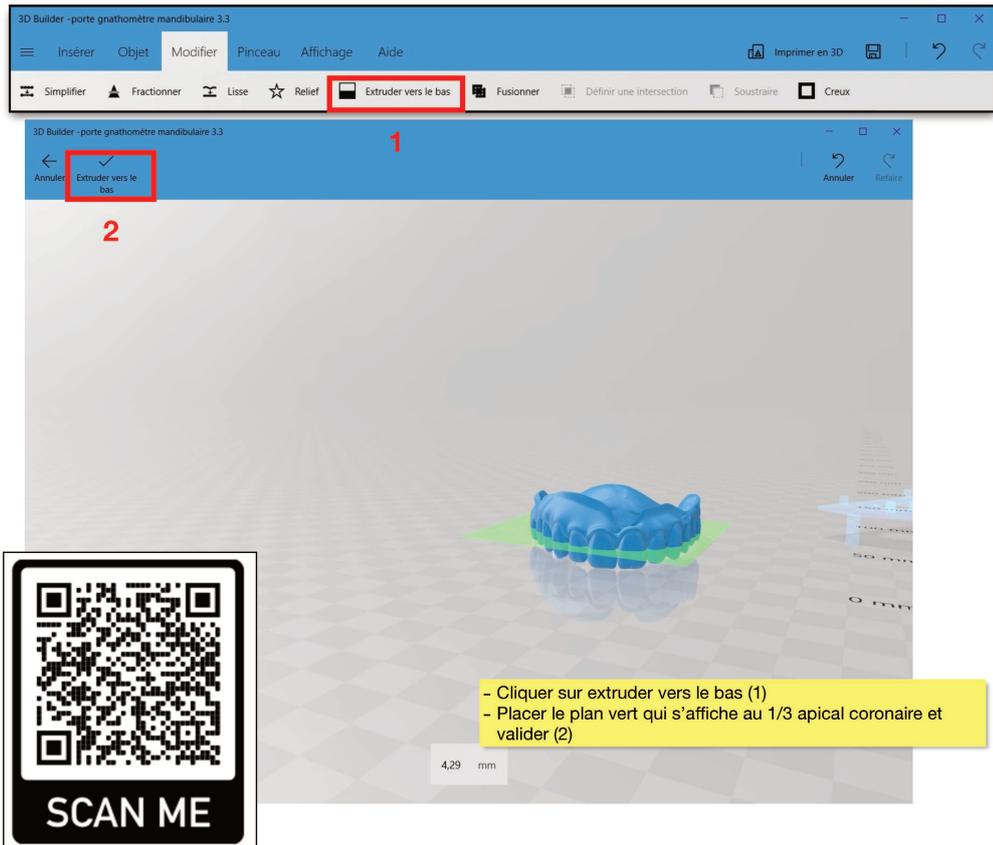
1



- Placer la maquette horizontal par rapport au plancher schématisé par les pointillés. Les cuspides de toutes les dents doivent effleurer cet axe à damier
- S'aider des outils translation (1) et rotation (2)
- ATTENTION : ne jamais utiliser le grossissement (3) au risque de ne plus pouvoir utiliser le fichier STL
- Une couleur peut-être ajouter pour aider au repérage dans pinceau (4)
- Cliquer sur modifier (5)

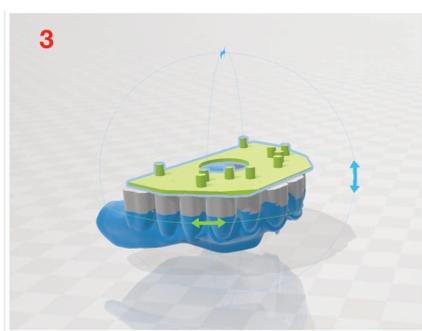
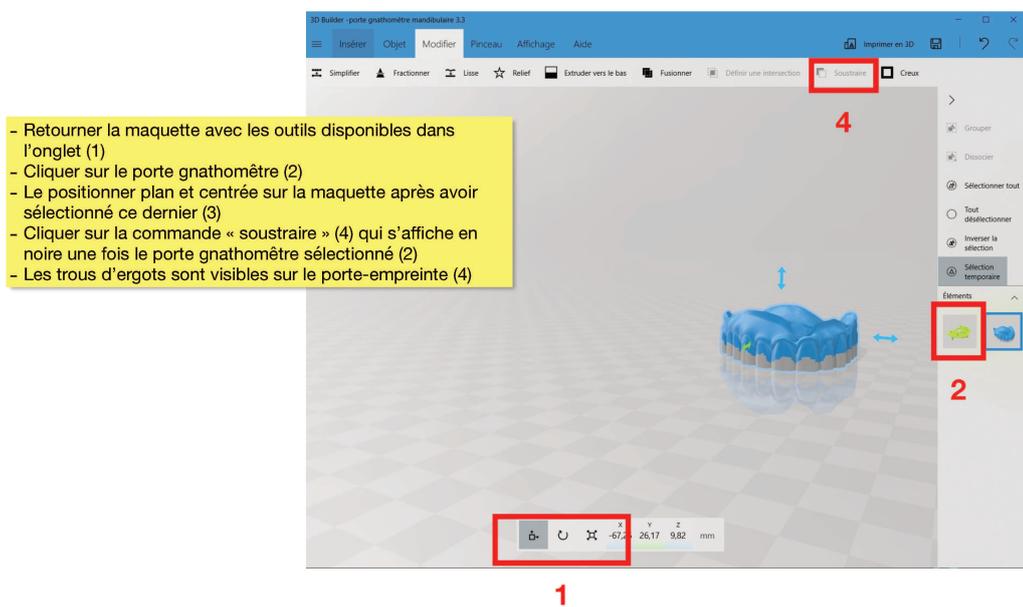
2

Intégration du porte gnathomètre : logiciel Windows 3DBuilder



Fichier STL des Portes gnathomètres

3



4

Empreintes et relation intermaxillaire numériques en prothèse amovible complète associée au concept Gerber : essais cliniques et protocoles spécifiques au CHRU de Lille

/ **MERLEVEDE Gauthier**.- p. (80) : ill. (66) ; réf. (27).

Domaines : PROTHESE ADJOINTE PARTIELLE ET COMPLETE, INFORMATIQUE

Mots clés Rameau : Prothèses dentaires complètes, Empreintes dentaires

Mots clés FmeSH : Prothèse dentaire complète, Technique de prise d'empreinte

Mots clés libres : Edenté, prothèse amovible complète, conception assisté, ordinateur, caméra optique, concept Gerber

Résumé de la thèse :

L'intégration du patient édenté total dans la conception moderne de la dentisterie exige l'utilisation du numérique. C'est pourquoi il faut comprendre les difficultés rencontrées chez ce type de patient et les solutions qu'offre l'apport de cette technologie. En se concentrant sur le scanner intra-oral, plusieurs protocoles proposent des stratégies diverses avec plusieurs inconvénients. La majorité d'entre eux est proposée par des firmes dentaires étrangères dont les protocoles s'écartent des standards actuels. Ce travail lie le concept Gerber, qui se traduit en clinique par le point d'appui central, et le scanner intra-oral pour traiter le patient édenté total. Le point d'appui central possède des caractéristiques spécifiques permettant d'intégrer rapidement le patient dans le flux numérique. Ainsi, un nouveau protocole d'empreinte et de prise de relation intermaxillaire, en lien avec les instruments disponibles au CHRU de Lille, est établi. Plusieurs essais cliniques sont réalisés pour intégrer au mieux les impératifs de conception des prothèses amovibles complètes tout en gagnant une séance clinique. Des fiches cliniques récapitulatives sont disponibles en annexes pour faciliter la mise en pratique.

JURY :

Président : Professeur Pascal BEHIN

Assesseurs :

Docteur Claude LEFEVRE

Docteur Thierry DELCAMBRE

Docteur Thomas DENNEULIN

Membres invités :

Adresse de l'auteur :