



UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2021

N°:

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 7 septembre 2021

Par Guillaume Merregaert

Né le 2 Octobre 1995 à Lille - France

Elaboration de supports pédagogiques pour la planification implantaire et la conception de guides chirurgicaux assistées par ordinateur en prothèses implantoportées postérieures de moyennes étendues à la faculté de chirurgie dentaire de Lille (DentalWings[®], coDiagnostiX[®] de Straumann et BlueSkyPlan[®] de BlueSkybio[®])

JURY

Président :	Monsieur le Professeur BEHIN Pascal
Assesseurs :	Monsieur le Docteur BOSCHIN François
	Monsieur le Docteur DENIS Corentin
	Madame le Docteur DEHURTEVENT Marion





Président de l'Université :	Pr. J-C. CAMART
Directeur Général des Services de l'Université :	M-D. SAVINA
Doyen :	E. BOCQUET
Vice-Doyen :	A. de BROUCKER
Responsable des Services :	S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité :	M. DROPSIT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
C. DELFOSSE	Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique
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
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

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.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Pascal BEHIN

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur en Odontologie de l'Université Paris Descartes (Paris V)
- Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)
- Certificat d'Etudes Supérieures de Biomatériaux dentaires (Paris V)
- Certificat d'Etudes Supérieures de Prothèse Fixée (Paris V)

Responsable Unité Fonctionnelle de Prothèses

Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant le présidence de ce jury.

Soyez assuré de toute ma gratitude et veuillez trouver l'expression de mon profond respect.

Merci pour la transmission de votre savoir qui est pour nous une très grande satisfaction au sein de notre cursus.

Monsieur le Docteur François BOSCHIN

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

Département Parodontologie

- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur en Odontologie de l'Université de Lille 2
- Diplôme d'Etudes Approfondies de Génie Biologiques et Médicales
- Certificat d'Etudes Supérieures de Technologie des Matériaux utilisés en Art Dentaire
 - Certificat d'Etudes Supérieures de Parodontologie

Responsable du Département de Parodontologie

Je vous remercie d'avoir accepté de siéger au sein de ce jury.

Vous m'avez apporté une grande aide dans la réalisation de cette thèse grâce à vos conseils et votre implication.

Le partage de vos connaissances, votre implication et votre grande expérience vous font honneur.

Je suis très reconnaissant de l'intérêt que vous avez bien voulu porter à ce travail.

Monsieur le Docteur Corentin DENIS

Maître de Conférences des Universités (Associé) – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

• Docteur en Chirurgie Dentaire

Master II « Sciences du médicaments » - Parcours « Dispositifs Médicaux
Biomatériaux » - Université Lille 2

 Certificat d'Etudes Supérieures en Prothèse Fixées – Université d'Aix-Marseille

Assesseur Relations aux étudiants

C'est un grand honneur pour moi que tu sois présent dans mon jury de thèse.

Un grand merci pour tous tes conseils et le partage de tes connaissances depuis la deuxième année.

Tu es toujours présent pour les étudiants et nous en sommes reconnaissant, ne change pas reste comme tu es.

Je te souhaite le meilleur tant au niveau personnel que professionnel.

Madame le Docteur Marion Dehurtevent

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Section Réhabilitation Orale

Département Prothèses

• Docteur en Chirurgie Dentaire

Assesseur aux Nouvelles Technologies

Je vous remercie infiniment d'avoir accepté d'être ma directrice de thèse.

Vous êtes une praticienne et une enseignante qui a tout le temps été disponible pour moi.

Merci pour le partage de vos connaissances au sein des TP, des cours et lorsque que je vous assisté le mardi matin (avant que la COVID-19 fasse son arrivé...).

Sans vous cette thèse n'aurait jamais aboutie et ne serait pas ce qu'elle est aujourd'hui.

Veuillez trouver en ces quelques mots l'expression de ma plus grande reconnaissance envers vous et si cela était à refaire sans aucune hésitation je travaillerai de nouveau avec vous.

Table des abréviations

- CAO : conception assistée par ordinateur ;
- CFAO : conception et fabrication assistées par ordinateur ;
- FAO : fabrication assistée par ordinateur ;
- CBCT : cone beam computed tomography ;
- DICOM : Digital Imaging and Communications in Medicine ;
- STL : Stereo-Lithography ;
- SLA : stéréo-lithographie avancée ;
- DLP : digital light processing ;
- UE : unité d'enseignement ;
- ADEE : association for dental education in europe ;
- UELC : unité d'enseignement librement choisie ;
- DU : diplôme universitaire ;
- CES : certificat d'étude supérieur ;
- DESU : diplôme d'étude supérieur universitaire ;
- AEU : attestation d'étude universitaire ;
- AUCI : attestation universitaire commune d'implantologie ;
- AUIO : attestation universitaire d'implantologie orale ;
- EPA : european prosthodontic assocation ;
- CHU : centre hospitalier universitaire ;
- UFR : unité de formation et de recherche.

Table des matières

I.	INTRODUCTION	13
II.	PLANIFICATION IMPLANTAIRE ET GUIDE CHIRURGICAL ASSISTES PAR	
OR	DINATEUR	15
1	. PLANIFICATION IMPLANTAIRE ASSISTEE PAR ORDINATEUR	15
	1.1. Généralités	15
	1.2. Le projet prothétique dans la planification implantaire assistée par	
	ordinateur	16
	1.2.1. Planification sans CAO du projet prothétique	16
	1.2.2. Planification avec CAO du projet prothétique	18
	1.3. Acquisition des données du patient lors d'une planification implantaire	
	assistée par ordinateur et une CAO du projet prothétique	20
	1.3.1. Acquisition radiologique	20
	1.3.2. Réalisation du modèle virtuel	21
	1.3.3. Couplage des données	21
	1.4. La planification assistée par ordinateur	22
2	2. GUIDE CHIRURGICAL REALISE PAR CFAO	22
	2.1. Les différents types de guides chirurgicaux	22
	2.2. La fabrication des guides chirurgicaux réalisés par CFAO	24
	2.2.1. Technique soustractive	24
	2.2.2. Technique additive	24
III.	L'ENSEIGNEMENT DE L'IMPLANTOLOGIE DANS LA FORMATION	
UN	IIVERSITAIRE	27
1	LES OBJECTIFS PEDAGOGIQUES	27
2	2. Les approches pedagogiques	30
	2.1. Méthodes pédagogiques	30
	2.2. Méthodes d'apprentissages	34
	2.3. Méthodes d'évaluations	35
З	3. Les supports pedagogiques	36
	3.1. Documents bibliographiques, polycopiés	37
	3.2. Documents photographiques et films vidéos	37
	3.3. Matériel informatique et logiciels spécifiques d'implantologie	37
	3.4. Matériel pédagogique spécifique pour l'apprentissage de pose d'implants	; et
	la réhabilitation prothétique sur implants	38
	3.5. Pièces anatomiques humaines pour pose d'implants et dissections	38
IV.	REALISATION DU CAS CLINIQUE POUR L'ELABORATION DU	
τU		39
1	. CAHIER DES CHARGES DU TUTORIEL	39
2	2. REALISATION DU TUTORIEL	40
	2.1. Présentation du cas clinique	40

	2.2. Réalisation des 2 tutoriels de la numérisation des modèles jusqu'à la	
	conception du guide chirurgical	42
	2.2.1. DentalWings® et coDiagnostiX® de Straumann®	42
	2.2.2. BlueSkyPlan® de BlueSkyBio®	44
V.	DISCUSSION	46
v	CONCLUSION	47
VI.		47
vi. VII.	BIBLIOGRAPHIE	47 48
VI. VII. VIII	BIBLIOGRAPHIE	47 48 52
VI. VII. VIII IX.	BIBLIOGRAPHIE	47 48 52 54

I. Introduction

La planification implantaire découle de l'analyse de l'ensemble des éléments collectés par le chirurgien-dentiste lors de la sémiologie, de la réalisation du projet prothétique et des examens complémentaires radiographiques. C'est une étape primordiale qui conditionne le succès de la thérapeutique implantaire. Elle permet de déterminer le site implantaire, la longueur, le diamètre, la morphologie ainsi que la position de l'implant [1]. La planification implantaire peut être réalisée par une technique conventionnelle à l'aide de calques ou par une technique assistée par ordinateur. Cette dernière peut être couplée à la conception assistée par ordinateur (CAO) du projet prothétique afin d'éliminer l'utilisation du guide radiologique. Bien que cette technique soit plus chronophage, elle permet de modéliser et modifier le *wax-up* conjointement à l'axe implantaire et ainsi augmenter la fiabilité du positionnement de l'implant avec le compromis entre « là où il doit être » et « là où il peut être » [2].

La chirurgie guidée permet de guider le forage lors de la pose d'implant afin de limiter les risques chirurgicaux. Elle permet d'être moins invasive, plus précise, d'optimiser le volume osseux disponible pour limiter les greffes osseuses ou les soulevés de sinus et de réaliser la prothèse avant la chirurgie si la prise en charge indique une mise en charge immédiate [3]. Cette chirurgie guidée peut être statique en utilisant un guide chirurgical ou dynamique à l'aide de la robotique et navigation chirurgicale par ordinateur. Ces derniers suivent le principe de la réalité augmentée et permettent une visualisation en temps réel de la planification implantaire et de l'implant dans sa position réelle. Les guides statiques plus conventionnels peuvent être réalisés depuis le guide radiologique ou par conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO). La CFAO augmente la précision chirurgicale comparé à un guide radiologique. Toutefois, lors d'une chirurgie sans lambeau, ces guides réalisés par CFAO nécessitent une analyse rigoureuse de l'épaisseur des tissus kératinisés et sont limités par un risque d'échauffement du site implantaire. En effet, malgré des fenestrations supplémentaires, l'irrigation au travers des cuillères reste complexe [4]. Ces guides réalisés par CFAO sont destinés aux praticiens expérimentés pouvant s'adapter à la situation clinique si un aléa thérapeutique venait à intervenir. Ils sont particulièrement indiqués pour la prise en charge des cas complexes et esthétiques associé à la CAO du projet prothétique et une mise en charge immédiate.

Différents logiciels de planification sont disponibles sur le marché. Certains logiciels proposent une facturation à l'exportation sans engagement tandis que d'autres ont un accès payant par une licence annuelle. La fréquence d'utilisation, l'interopérabilité avec le prothésiste et les compétences du praticien en CFAO influencent le choix du logiciel. Les chirurgiens-dentistes ayant une activité en implantologie simple et une appétence pour la CAO s'orienteront le plus souvent vers l'utilisation de logiciels sans licence dont le chef de file est BlueSkyPlan[®] de BueSkyBio[®]. Ce dernier propose des vidéos tutoriels sur son site internet ainsi qu'un logiciel automatisé de conversation pour une aide en direct. A l'inverse, les praticiens souhaitant réaliser une planification pour la réhabilitation oro-faciale d'un cas complexe en « aller-retour » avec le prothésiste choisiront alors un logiciel plus complet comme coDiagnostiX[®] de Straumann[®]. Celui-ci propose de nombreux outils et dispose d'un service d'aide en *hotline*.

L'enseignement de la planification implantaire assistée par ordinateur est primordial dans la formation continue en implantologie. Cependant, l'utilisation de ces logiciels est complexe. La mise à disposition d'un tutoriel pour la réalisation d'un cas clinique simple permet d'envisager une utilisation autonome du logiciel par les étudiants. Le choix d'un édentement postérieur de moyenne étendue est un cas clinique couramment rencontré et permet une première approche plus simple en comparaison à un secteur antérieur esthétique.

Cette thèse a pour but la création de tutoriel sur 2 logiciels différents (BlueSkyPlan[®] et coDiagnostiX[®]) pour guider les étudiants lors de la CAO du projet prothétique et de la planification implantaire jusqu'à la conception du guide chirurgical pour la prothèse fixée implanto-portée postérieure de moyenne étendue.

II. Planification implantaire et guide chirurgical assistés par ordinateur

1. Planification implantaire assistée par ordinateur

1.1. Généralités

La planification implantaire doit suivre un protocole rigoureux afin de répondre aux exigences anatomiques et prothétiques. En effet, l'examen des tissus osseux, muqueux et dentaires ainsi que la validation du projet prothétique sont nécessaires avant la mise en place d'un implant. La planification implantaire permet de vérifier la corrélation entre le projet prothétique et les impératifs anatomiques. Le positionnement, la longueur et la largeur implantaires doivent tenir compte du volume, de la densité et de la qualité osseuse, de la hauteur gingivale, des distances dent-implant et inter-implants, du parallélisme entre les implants, de l'axe et du type de la future prothèse. Le praticien peut réaliser différentes simulations avec différents diamètres implantaires et peut indiquer si nécessaire le recours à une greffe osseuse.

La planification conventionnelle consistait à utiliser des calques représentant la morphologie des implants commercialisés (Figure 1). Ces calques étaient superposés sur plusieurs coupes d'imagerie centrées sur le site implantaire. Ils permettaient d'analyser le volume disponible et la proximité des éléments anatomiques en adéquation avec le projet prothétique représenté à l'aide du guide radiologique. Cette méthode statique présentait un risque d'erreur lié à son imprécision.



Figure 1 : planification implantaire à l'aide de calques [5].

Aujourd'hui, la CAO permet de réaliser une planification implantaire depuis des bibliothèques d'implants (SimPlant[®] de Dentsply Sirona[®], NobelGuide[®] de Nobel Biocare[®]). D'autres logiciels comme coDiagnostiX[®] couplé à DentalWings[®] de Straumann[®] ou Cerec[®] couplé à Galileos Galaxis[®] de Dentsply Sirona[®] permettent de planifier la chirurgie en fonction du projet prothétique modélisé et fusionné à l'examen radiologique. Cette méthode améliore la précision de la planification par une navigation tridimensionnelle dans toutes les coupes disponibles et minimise les risques anatomiques associés.

1.2. Le projet prothétique dans la planification implantaire assistée par ordinateur

La planification implantaire assistée par ordinateur peut être réalisée avec ou sans guide radiologique. Si la planification n'inclut pas la CAO de la restauration prothétique alors le guide est nécessaire.

1.2.1. Planification sans CAO du projet prothétique

Les logiciels comme SimPlant[®] et NobelGuide[®] permettent la planification implantaire assistée par ordinateur sans couplage de la CAO du projet prothétique. Le projet prothétique doit donc être confectionné à partir de cires de diagnostiques, d'un montage directeur, d'une prothèse amovible ou encore de la prothèse fixée provisoire ou d'usage du patient adaptée à la situation clinique. L'intégration esthétique et fonctionnelle du projet est validée sur le patient. Le projet est ensuite dupliqué en guide radiologique et stabilisé sur les dents présentes comme une gouttière ou une prothèse partielle amovible [6]. L'axe, la position, la dimension, le rapport intra- et inter-arcade des dents à remplacer sont visualisés à l'aide d'un matériau radio-opaque (gutta-percha) introduit après forage (Figure 2) [7].



Figure 2 : guide radiologique avec gutta percha [7].

La technique de réalisation des guides varie selon la nature du support : dentaire, muqueux ou osseux (Figure 3) [6-7]. Les fournisseurs du logiciel SimPlant[®] préconisent la préparation d'un guide radiologique radio-opaque tandis que la société Nobel Biocare[®] propose l'utilisation des prothèses existantes (Figure 4) [8]. Ce guide est donc radio-clair avec des repères radio-opaques disséminés sur l'intrados de la prothèse.



Figure 3 : guide à support muqueux avec une dent radio-opaque [6].



Figure 4 : guide radiologique réalisé à partir d'une prothèse amovible complète [8].

1.2.2. Planification avec CAO du projet prothétique

Les logiciels coDiagnostiX[®] de Straumann[®] (Figure 5) et Galileos Galaxis[®] de Dentsply Sirona[®] (Figure 6) peuvent être combinés respectivement aux logiciels de CAO du projet prothétique DentalWings[®] et Cerec[®]. Les deux logiciels sont sensiblement identiques dans leurs fonctionnalités et leur utilisation. La principale différence concerne la FAO du guide chirurgical. Le logiciel Galileos Galaxis[®] est directement connecté à l'unité de fabrication Cerec[®] alors que le logiciel coDiagnostiX[®] nécessite l'utilisation d'un logiciel spécifique à la machine-outil. Il faut donc exporter le projet en .stl pour ensuite l'ouvrir dans le logiciel concerné.



Figure 5 : coDiagnostiX[®] de Straumann (illustration personnelle).



Figure 6 : Galileos Galaxis[®] de Dentsply Sirona [9].

La CAO du projet prothétique peut-être issue :

- de la numérisation du projet prothétique. Un *wax-up* est réalisé sur le modèle en plâtre puis numérisé pour permettre la planification ;
- d'une bibliothèque d'anatomie dentaire issue du logiciel ;
- d'une conception en miroir dans le logiciel. Le projet est le duplicata en miroir de la dent sélectionnée sur l'arcade du patient.

Le couplage de la CAO du projet prothétique avec le logiciel de planification implantaire a de nombreux avantages [2], il permet :

- de s'affranchir du guide radiologique ;
- de réaliser le projet prothétique en tenant compte des contraintes osseuses et chirurgicales ;
- de choisir le pilier le plus adapté à la situation clinique : droit ou angulé. Ces derniers permettent de rattraper légèrement l'axe lors d'une importante résorption où la greffe n'est pas envisageable ou encore afin d'éviter un obstacle anatomique ;
- d'appréhender les difficultés lors de la chirurgie ;
- de se familiariser avec le site opératoire ;
- d'améliorer la communication avec le patient ;
- de réduire la durée de réalisation du plan de traitement ;
- d'avoir la possibilité de réaliser une prothèse immédiate.

Selon la situation clinique, la planification implantaire associée à la CAO du projet prothétique peut être chronophage. De plus, les cas complexes nécessitent la mise en forme du projet prothétique par fabrication assistée par ordinateur (FAO) et la réalisation d'une étape clinique supplémentaire d'essayage afin de valider ce dernier avec le patient.

1.3. Acquisition des données du patient lors d'une planification implantaire assistée par ordinateur et une CAO du projet prothétique

La planification implantaire assistée par ordinateur impose de réaliser en amont un examen radiologique centré sur le futur site implantaire du patient ainsi que la réalisation d'un modèle virtuel de la situation buccale initiale avant l'intervention.

1.3.1. Acquisition radiologique

Concernant le choix de l'examen radiologique, l'imagerie volumique (Cone Beam Computed Tomography (CBCT), Scanner) est plus fiable que l'imagerie bidimensionnelle (rétro-alvéolaire et radiographie panoramique). L'acquisition d'un volume tridimensionnel permet de visualiser le site implantaire à taille réelle sans déformation, de coupler l'imagerie avec le modèle virtuel de la situation buccale initiale, de fournir des informations précises sur la quantité et la qualité du tissu osseux, de délimiter les structures anatomiques à éviter, de visualiser l'axe radiculaire des dents voisines et d'être une preuve médico-légale [10].

Le CBCT est particulièrement utilisé en implantologie. Il permet une émission d'irradiation inférieure et une acquisition plus rapide comparé au scanner médical. De plus le CBCT peut être installé au sein du cabinet dentaire et sa résolution est suffisante pour une utilisation clinique [11].

Les logiciels de planification permettent un affichage sélectif des différentes structures anatomiques à l'aide d'une variation du niveau de gris. Le tissu osseux et les dents peuvent être différenciés par un niveau de gris corrélé à leur densité. CoDiagnostiX[®], Simplant[®] ou encore NobelClinician[®] permettent d'individualiser et de masquer les structures identifiées [12].

1.3.2. Réalisation du modèle virtuel

La numérisation des arcades du patient peut être réalisée par méthode directe via une empreinte optique intra-buccale du site implantaire, de l'antagoniste et de l'occlusion ou par méthode indirecte à l'aide d'un scanner de table. Selon ce procédé, les moulages coulés en plâtre sont éventuellement montés sur articulateur puis sont scannés afin de restituer le modèle virtuel sur l'ordinateur.

La technique du double scannage peut également être envisagée (NobelGuide[®]). Un premier CBCT du patient est réalisé avec la prothèse amovible transformée en guide radiologique en bouche et un second sans le patient. La modélisation des tissus mous est issue de l'intrados du guide radiologique. Cette technique peut donc être limitée par la qualité de la prothèse.

1.3.3. Couplage des données

Le couplage des données de l'examen radiologique tridimensionnel du patient (fichier au format .DICOM) avec le modèle virtuel et éventuellement la CAO de la restauration prothétique (fichiers au format .stl) est ensuite réalisé dans le logiciel de planification implantaire. Cette corrélation spatiale des fichiers augmente ainsi la précision de la planification implantaire [7].

Les protocoles de couplage peuvent être manuels, semi-automatiques (coDiagnostiX[®], Simplant[®], Dentsply Sirona[®]) ou automatiques (NobelClinician[®]) à l'aide d'un algorithme utilisant les surfaces communes. Concernant le couplage semi-automatique, l'utilisateur du logiciel doit sélectionné les zones communes aux 2 fichiers (modèle virtuel et examen radiologique). En cas de déviation, un repositionnement manuel est conseillé [12].

1.4. La planification assistée par ordinateur

L'adjonction de la CAO du projet prothétique à la planification implantaire permet de positionner l'implant dans sa situation idéale. CoDiagnostiX[®] permet d'effectuer un aller-retour avec DentalWings[®] de manière à positionner les implants dans le même axe que les *wax-up*. Le projet prothétique peut ainsi être constamment modifié.

Les logiciels disposent d'une base de données d'implants différentes. En effet coDiagnostiX[®] dispose d'une soixantaine de systèmes implantaires et 11 en chirurgie guidée. Simplant[®] dispose de 26 systèmes implantaires et 45 pour Implant Studio[®] en chirurgie guidée. Enfin, le logiciel NobelBiocare[®] permet uniquement la planification avec le système implantaire de la marque [12].

2. Guide chirurgical réalisé par CFAO

2.1. Les différents types de guides chirurgicaux

La chirurgie guidée peut être distinguée en 2 techniques chirurgicales statique ou dynamique dont la précision est comparable [13-14].

La technique de navigation chirurgicale dynamique permet une visualisation du foret en temps réel [13]. Cette technique supprime l'utilisation du guide chirurgical, elle permet de dégager le site opératoire et de visualiser en direct la position de l'implant. Elle fonctionne sur le principe de la télémétrie à l'aide d'un dispositif repérable (Navident[®], IPPpharma[®]). Cette technique impose une planification implantaire assistée par ordinateur couplé si nécessaire à la CAO d'un projet prothétique. La chirurgie dynamique est particulièrement adaptée pour les zones postérieures et permet, si nécessaire, une modification de la position de l'implant en direct lors de la chirurgie. Cependant, comme tout acte chirurgical, elle nécessite une courbe d'apprentissage.

La chirurgie guidée statique nécessite l'utilisation d'un guide chirurgical. Le guide peut être réalisé à partir du guide radiologique duplicata du projet prothétique

ou réalisé par CFAO. La méthode par CFAO est plus précise. Elle permet l'utilisation de douilles adaptées aux différents forets mais impose la planification implantaire assistée par ordinateur. Les guides chirurgicaux peuvent utiliser 3 appuis différents [3]:

- guide à appuis dentaires, pour le traitement de l'édenté partiel. Il se positionne sur les dents à la manière d'une gouttière. Le guide chirurgical à appui dentaire est le plus précis. Cette précision est liée au nombre restant de dents sur l'arcade et leur position. De plus, un appui sur les dents postérieures augmente la précision du guide comparativement aux dents antérieures [15];
- guide à appui muqueux, pour le traitement de l'édenté total avec une chirurgie sans lambeau. Le guide est positionné directement sur la muqueuse gingivale [16]. La bascule induite par une pression inhomogène sur le guide peut être limitée par l'utilisation de vis de stabilisation ;
- guide à appui osseux, pour le traitement de l'édenté total avec un lambeau lors de la chirurgie. Ce dernier est au contact osseux et peut être fixé à l'os à l'aide de vis de stabilisation. Il présente une stabilité intermédiaire entre les 2 guides précédents et nécessite un soulèvement de lambeau de pleine épaisseur.

CoDiagnostiX[®], Simplant[®] proposent les 3 types d'appuis et NobelBiocare[®] les appuis dentaires et muqueux [12].

La conception du guide peut être réalisée par l'utilisateur du logiciel de planification (coDiagnostiX[®], Simplant[®], Implant Studio[®]) ou dans un centre délocalisé (Simplant[®], NobelClinician[®]).

Le logiciel permet de renseigner le type d'appui, l'épaisseur du matériaux, la friction entre les dents et le guide. La limite du guide est déterminée automatiquement en fonction des dents sélectionnées (Simplant[®], NobelClinician[®]). Tandis que pour coDiagnostiX[®] l'utilisateur positionne la limite manuellement, ce qui lui donne plus de flexibilité. Une ou plusieurs fenêtres sont ajoutées dans le guide pour s'assurer de l'insertion correcte lors de la chirurgie (proposition automatique dans le logiciel pour coDiagnostiX[®] et Implant Studio[®]) [12].

2.2. La fabrication des guides chirurgicaux réalisés par CFAO

2.2.1. Technique soustractive

La FAO soustractive du guide chirurgical est réalisée à partir d'un bloc de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) à l'aide d'une usineuse 5 axes. Ce procédé permet :

- une précision de mise en forme ;
- l'utilisation d'un matériau très rigide et biocompatible ;
- l'absence de post-traitement ;
- une finition lisse et autolubrifiante. Celle-ci permet éventuellement de s'affranchir des douilles de forage métalliques.

Cependant l'épaisseur maximum des disques (20mm) n'est pas toujours suffisante pour réaliser des guides à appui muqueux pour les patients ayant un palais et un vestibule profond. De plus, l'usinage entraine une perte importante de consommable ce qui limite son utilisation par les prothésistes [17].

2.2.2. Technique additive

Les guides chirurgicaux mis en forme par CFAO sont précis quel que soit la technique utilisée. Parmi les différents procédés additifs, la stéréolithographie (SLA) permet l'obtention de pièces avec les meilleures propriétés mécaniques et un meilleur état de surface. Elle est la technique la plus couramment utilisée en odontologie et plus spécifiquement en implantologie pour la réalisation de guides chirurgicaux.

La SLA est basée sur le principe de la photo-polymérisation sélective d'une résine photosensible en couche par couche (Figure 7). Les équipements de la marque Formlabs[®] utilisent le procédé du faisceau de rayons ultraviolets qui polymérise sélectivement un bain de résine [18]. D'autres marques comme DWS[®] avec la X Fab 2500 PD[®] et X Fab 3500 PD[®], utilisent la technique du *Digital Light*

Processing (DLP). Ce procédé permet de polymériser l'ensemble de la couche à l'aide d'un masque dynamique de micro-miroirs (Figure 8).



Figure 7 : principe de la stéréolithographie [19].



Figure 8 : principe du Digital Light Processing (illustration personnelle).

Les pièces mises en forme doivent ensuite être nettoyées dans un bain d'alcool isopropylique, afin d'éliminer la résine non polymérisée. Suite au nettoyage, une post-polymérisation dans un four à ultraviolet permet d'augmenter le taux de conversion des monomères et les propriétés mécaniques des pièces mises en forme. Les supports de mise en forme sont éliminés et les douilles métalliques pour le passage des forets sont éventuellement fixées dans le guide. Enfin, une stérilisation au cycle prion doit être réalisée avant son utilisation clinique.

Les matériaux utilisés pour la mise en forme de guides chirurgicaux réalisés par SLA sont composés de résine époxyde et d'acrylate photopolymérisable. Ces matériaux sont stérilisables, biocompatibles et permettent l'obtention de propriétés mécaniques et d'un état de surface lisse compatibles avec une utilisation clinique [20]. Ils respectent la norme ISO 10993-18 :2020 concernant l'évaluation biologique des dispositifs médicaux.

III. L'enseignement de l'implantologie dans la formation universitaire

1. Les objectifs pédagogiques

Les objectifs pédagogiques par année d'étude et la méthode d'enseignement de l'implantologie dans la formation initiale varient d'une faculté à l'autre (Tableau 1). A Lille l'enseignement théorique de l'implantologie débute en 5^{ème} année. En 6^{ème} année la formation à la fois théorique et pratique s'intègre dans l'Unité d'Enseignement (UE) « axe d'approfondissement disciplinaire ». Inversement, à Strasbourg, l'enseignement théorique de l'implantologie est plus précoce dans la formation initiale, elle débute dès la 2^{ème} année. Elle est ensuite associée à l'enseignement pratique dès la 3^{ème} année. Toutefois les objectifs généraux de la formation initiale en implantologie restent identiques pour toutes les facultés : les étudiants doivent avoir acquis des bases fondamentales cliniques et théoriques et être capable d'élaborer un plan de traitement avec l'insertion de l'implantologie. Selon *l'Association for Dental Education in Europe* (ADEE), l'étudiant doit être capable [21]:

- « d'établir un diagnostic concernant une possibilité de traitement des patients avec des implants dentaires » ;
- « d'expliquer aux patients les risques et les bénéfices ainsi que la durée de survie des traitements de réhabilitation avec des implants dentaires » ;
- « d'expliquer aux patients les principes et les techniques ainsi que les aspects biologiques du traitement de réhabilitation avec des implants dentaires » ;
- « de donner les indications et les contre-indications des implants dentaires » ;
- « d'expliquer les principes de l'ostéointégration et de pouvoir décrire les techniques chirurgicales des implants dentaires ».

Nom de l'université	Année d'étude	Méthode l'apprent	s d'enseignem issage de l'imp	ents pour plantologie	Volume horaire	UELC/option	Nombre d'ECTS	
		СМ	TD/ED	TP	-			
Aix-Marseille	5 ^{ème} / 6 ^{ème}	V		v	28h (5 ^{ème} A) / 18h (6 ^{ème} A)	-	3 (5 ^{ème} A) / 2 (6 ^{ème} A)	
Bordeaux	4 ^{ème} / 5 ^{ème}	V	v		12h (4 ^{ème} A) / NR (5 ^{ème} A)	-	2 (4 ^{ème} A) / NR (5 ^{ème} A)	
Brest	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
Clermont-Ferrand	5 ^{ème}		v	v	26h	-	5	
Lille	5 ^{ème} / 6 ^{ème} (TP)	V		v	36h (5 ^{ème} A) / NR (6 ^{ème} A)	-	3 (5 ^{ème} A) / NR (6 ^{ème} A)	
Lyon	4 ^{ème} / 5 ^{ème} / 6 ^{ème}	v		v	30h (4 ^{ème} A) / 36h (5 ^{ème} A) / 20h (6 ^{ème} A)	NR	7 (* ; 4 ^{ème} A) / 18 (* ; 5 ^{ème} A) / NA (6 ^{ème} A)	
Montpellier	5 ^{ème} / 6 ^{ème}	v		v	NR	v (5 ^{ème})	4 (5 ^{ème} A) / 2 (6 ^{ème} A)	
Nancy	4 ^{ème} / 5 ^{ème}	V		v	18h (4 ^{ème} A) / 27h (5 ^{ème} A)	-	2 (4 ^{ème} A) / 2 (5 ^{ème} A)	
Nantes	4 ^{ème} / 5 ^{ème}	V			NR	NR	3 (4 ^{ème} A) / 6 (5 ^{ème} A)	
Nice	5 ^{ème} / 6 ^{ème}	V	v	v	NR	-	10 (5 ^{ème} A) / 6 (6 ^{ème} A)	
Paris - René Descartes	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
Paris - Diderot	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
Reims	5 ^{ème} / 6 ^{ème}	v	v		NR	NR	NR	
Rennes 1	5 ^{ème}	v			15h	NR	1,5	
Strasbourg	2 ^{ème} / 3 ^{ème} / 4 ^{ème} / 5 ^{ème} (avec prothèse sur implant) / 6 ^{ème}	v	V	v	6h (2 ^{ème} A) / 16h (3 ^{ème} A) / 33h (4 ^{ème} A) / 48h (5 ^{ème} A) / 12h (6 ^{ème} A)	V (6 ^{ème})	3 (* ; 2 ^{ème} A) / 16 (* ; 3 ^{ème} A) / 8 (* ; 4ème) / 25 (* ; 5 ^{ème} A) / 14 (* ; 6 ^{ème} A)	
Toulouse	4 ^{ème} / 5 ^{ème} / 6 ^{ème}	v	v	v	10h (4 ^{ème} A) / 34h (5 ^{ème} A) / 18h (6 ^{ème} A)	-	NR	

CM : Cours Magistraux ; TD : Travaux Dirigés ; ED : Enseignements Dirigés ; TP : Travaux Pratiques ; UELC : Unité D'enseignement Librement Choisie ; ECTS : European Credits Transfer System ; A : Année ; h : Heures ; NR : Non Renseigné ; * : avec d'autres disciplines ; NR : Non Renseigné Certaines facultés, comme Strasbourg, dépassent les objectifs généraux suggérés par l'ADEE et proposent des Unités d'Enseignement Librement Choisies (UELC), à un nombre limité d'étudiants dès la 4^{ème} année. La première année, l'objectif est l'acquisition des bonnes pratiques en salle opératoire pour l'implantologie orale. L'année suivante, les étudiants peuvent à nouveau s'inscrire dans l'UELC pour l'initiation à l'implantologie orale où ils acquièrent des connaissances supplémentaires concernant l'anatomie et la radiologie implantaire, les indications et contre-indications, les facteurs de risques en implantologie, les bilans cliniques et la planification des traitements implantaire. Ils peuvent également assister les enseignants lors des interventions en salle opératoire et réaliser eux même la mise en place d'implants chez au moins un patient.

Dans certains centre de soins, lors du stage clinique de participations aux fonctions hospitalières, certains étudiants peuvent être amenés à effectuer des vacations dans le service d'implantologie (Aix-Marseille, Lille, Lyon, Montpellier, Nice, Reims, Strasbourg et Toulouse). Ces vacations ont pour objectif de permettre aux étudiants d'assister les praticiens dans la prise en charge des patients et éventuellement d'effectuer des 1^{ères} consultations afin d'évaluer les possibilités implantaires et de les expliquer au patient.

La formation continue dans le domaine de l'implantologie orale peut être privée ou publique. Les formations privées d'implantologie sont dispensées par des associations de chirurgiens-dentistes ou des marques implantaires. La formation continue publique en milieu universitaire est proposée sous 3 formats [38].

- <u>Diplômes Universitaires</u> (DU). Le DU est une formation créée au sein d'une université, sans contrôle national. L'ensemble de son organisation est libre (programme, soins sur des patients ou non, nombre d'heures d'enseignement, nombre d'années, coût...). Le plus souvent, ils ont une durée de 2 ans avec des enseignements théoriques, pratiques et cliniques ;
- <u>Certificats d'Etudes Supérieurs</u> (CES). Le CES permet d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques. Actuellement 10 CES d'implantologie

sont disponibles en France. Ce nombre est fixé au national par le gouvernement et par décret. La formation s'étend sur une durée d'un an. Il n'y a pas de soins sur les patients et les frais sont fixés nationalement. Pour la faculté d'Aix-Marseille il est appelé <u>Diplôme d'Etude Supérieur Universitaire</u> (DESU) ;

 <u>Attestation d'Etude Universitaire</u> (AEU), <u>Attestation Universitaire Commune</u> <u>d'Implantologie</u> (AUCI), <u>Attestation Universitaire d'Implantologie Orale</u> (AUIO). Ces formations permettent d'accéder à certains DU d'implantologie en France. Elles ont une durée d'environ 2 semaines.

Les objectifs de l'enseignement du DU d'implantologie sont communs aux 16 facultés de Chirurgie Dentaire de France et en accord avec l'ADEE et *l'European Prosthodontic Association* (EPA) [22-37] :

- pratiquer l'implantologie au quotidien dans sa pratique ;
- diversifier son activité professionnelle ;
- élaborer un plan de traitement avec l'insertion de l'implantologie ;
- acquérir des bases fondamentales radiologiques et cliniques (pour celles qui proposent une méthode pédagogique expérientielle clinique);
- être capable d'aménager des tissus pré-implantaires et traiter des infections péri-implantaires.

2. Les approches pédagogiques

2.1. Méthodes pédagogiques

La méthode pédagogique décrit le moyen pédagogique adopté par l'enseignant, en accord avec l'Université, pour favoriser l'apprentissage et atteindre son objectif pédagogique. Il existe 5 méthodes pédagogiques pouvant être adaptées à l'implantologie [39]:

- <u>méthode expositive, transmissive passive ou magistrale</u>. Celle-ci est basée sur la transmission d'un savoir sous la forme d'un exposé. Cette méthode correspond à la présentation d'un cours par un enseignant en salle de classe ou amphithéâtre ;
- <u>méthode démonstrative</u>. Cette méthode consiste en l'intégration d'un savoir par imitation comme la réalisation de travaux pratiques par l'étudiant suite à la démonstration par l'enseignant ;
- <u>méthode interrogative ou maïeutique</u>. La méthode interrogative correspond à une présentation orale par l'étudiant. Suite à la question d'un enseignant, l'étudiant mobilise ses notions de départ pour construire des liens et développer ses connaissances afin de répondre à cette question ;
- <u>méthode active ou de découverte</u>. Selon cette méthode, l'enseignant pose un problème aux étudiants qui cherchent une solution à partir de leurs expériences personnelles et leurs connaissances. Cette méthode peut être basée sur la réflexion à partir d'un cas clinique proposé par l'enseignant;
- <u>méthode expérientielle</u>. Cette méthode, basée sur l'expérimentation, est un compagnonnage. Elle peut être utilisée en clinique lorsque l'enseignant aide l'étudiant pas à pas et lui montre les techniques.

La combinaison de ces 5 méthodes améliore l'efficacité d'apprentissage [40]. Quatorze des 16 DU proposent une méthode d'apprentissage expérientielle lors de stages cliniques réalisés sous l'encadrement des praticiens hospitaliers spécialisés en implantologie (Tableau 2). L'aide d'un sénior au début du cursus est primordiale pour la prise en charge de patients. De nombreux éléments cliniques doivent être analysés (volume et densité osseuse, nécessité d'aménagement au préalable, type d'implant). Cette méthode expérientielle est primordiale pour une formation médicale et particulièrement en implantologie.

Nom de l'université		Durée	e Coût total	Prérequis	Méthodes de Recrutement	Méthodes o	l'enseignem	nent	Volume horaire	Méthodes d'évaluation		
						Théorique	Pratique	Clinique	-	Contrôle continu	Mémoire et soutenance	Evaluation écrite
Aix-Marseill	е	2 ans	6200€	DESU d'Implanto	Dossier	V	V	V	NR	v	V	V
Bordeaux	DU chirurgie implantaire et parodontale	1 an	2239,1€	Formation en anatomie crânio- facile ou AEU en Implanto	Dossier	V	v		80h		V	V
	DU d'Implanto orale	1 an	2877,1€	CES ou DESCO ou DES de chirurgie maxillo- faciale	Dossier	V	V		112h		V	
Brest		2 ans	NR	NR	NR	V	v	v	NR		V	V
Clermont - Ferrand		3 ans	1600€	Formation attestante en Implanto	Dossier	V	V	V	72h (cours & TP)	Epreuve finale en fin de 1 ^{ère} A qu donne droit aux 3 meilleurs selon le classement de passer en 2 ^{ème} A		
Lille		2 ans	5600€	AUCI	Classement de l'AUCI	e v	V	V	20j de cours + 1j/s de C		V	V
Lyon	DU de parodontolo gie et d'Implanto orale	2 ans	8200€	AEU d'Implanto ou de parodontologie	Dossier	V	v		480h		V	v
	DU Implanto- parodontolo gie	1 an	5950€	AEU d'Implanto ou de parodontologie	Dossier	V	v		2-3j/2 mois	V	V	V
	DU de chirurgie implantaire	1 an	3600€	AEU d'Implanto	Dossier & entretien	& V		V	240h	V		V
Montpellier		3 ans	2200€	CES de parodontologie	Dossier	V		V	1 ^{ère} A: 2j/mois de cours 2 ^{ème} et 3 ^{ème} A: 1j/s de C			V
Nancy	Nancy 3 ans 12729€ CES de Dossier & v v v 1500h v				V	V	V					

Nantes		2 ans	6000€	AUIO	Dossier & entretien	V	V	V	120h de cours + 630h de C		V	
Nice		2 ans	4500€	CES de parodontologie ou autre DU	Dossier	v	V	V	1 ^{ère} A : 1j/s (cours + C) 2 ^{ème} A : 1,5j/s (C)		V	
Paris - René	Descartes	3 ans	13800€	DESCO ou DES de chirurgie maxillo-faciale	Dossier	v	V	V	301h (cours + TP) & 900h de C	V	V	
Paris - Diderot	DU d'I chirurgicale et prothétique DU de chirurgie implantaire avancée	2 ans	NR	CES de 3 ^{ème} cycle & 1 formation postuniversitaire en Implanto d'une durée d'1 A DU d'Implanto	Dossier & examen	NR			NR	v	V	v
Reims		2 ans	7000€	AEU d'Implanto ou autre ou Master 1 et inscrit en Master 2 ou 1 CES	Dossier & entretien	V	V	V	790h	v	v	v
Rennes 1		2 ans	NR	NR	Examen écrit & entretien	V	V	V	1j/s	NR	·	
Strasbourg	DU d'acquisitio ns des bases fondament ales en Implanto orale	1 an	3843€/an		Dossier	V	v		20j		v	v
	DU d'Implanto orale	2 ans		DU d'acquisition des bases fondamentales en Implanto orale		V	V	V	6h/s de C		v	V
Toulouse		2 ans	5340€	AEU médico- chirurgical	Dossier, examen écrit & entretien	V	V	V	550h		V	V

DESU: diplôme d'étude supérieur universitaire; Implanto: implantologie; NR: non renseigné; AEU: attestation d'étude universitaire; CES: certificat d'étude supérieur; DESCO : diplôme d'étude supérieur en chirurgie orale ; DES: diplôme d'étude supérieur; c: cours; TP: travaux pratiques; AUCI: attestation universitaire commune d'implantologie; AUIO: attestation universitaire d'implantologie orale ; C: clinique; h: heures; j: jours; s: semaine; A: année

2.2. Méthodes d'apprentissages

La méthode d'apprentissage correspond à la manière dont l'étudiant utilise ses sens pour apprendre de nouvelles choses. 3 méthodes d'apprentissage peuvent être utilisées en implantologie :

- <u>la méthode visuelle</u> qui utilise la mémoire photographique. Celle-ci recommande d'utiliser les images, les schémas ou encore les photos pour aider l'étudiant à mémoriser plus facilement ;
- <u>la méthode auditive</u> qui consiste à dire et répéter les informations à plusieurs reprises pour que l'étudiant puisse les retenir ;
- <u>la méthode kinesthésique</u> qui associe la mémoire à des sensations (odeur, goût ou encore touché). Suivant cette méthode, la pratique sur patient ou simulateur est utilisée afin d'aider l'étudiant à retenir les informations.

Edgar Dale a décrit la relation entre l'efficacité et l'efficience des méthodes d'apprentissage sous la forme du cône d'expérience. Il peut être également appelé cône de l'apprentissage, cône de Dale ou encore triangle de l'apprentissage. La base de cette pyramide représente les enseignements nécessitant le plus d'investissement. Celui-ci augmente la quantité et la qualité de rétention de l'information transmise. Cette pyramide met en évidence l'importance des enseignements pratiques et du stage clinique pour l'enseignement de l'implantologie [41].

Les personnes se souviennent généralement de ... (activité d'apprentissage)

Les personnes sont capable de... (résultat de l'apprentissage)



Figure 9 : cône d'expérience d'Edgar Dale [41].

2.3. Méthodes d'évaluations

La méthode d'évaluation en implantologie peut être sommative, formative ou prédictive :

- <u>l'évaluation sommative :</u> elle permet de faire un bilan à la fin du semestre ou de l'année avec un contrôle noté. Elle peut être représentée par un examen écrit sur une question théorique ;
- <u>l'évaluation formative</u> : cette évaluation dresse un constat des compétences acquises par l'étudiant. Elle peut être un contrôle continu en clinique avec un

suivi de patient. Cette évaluation se réfère à une théorie dite « constructiviste » de l'apprentissage, elle est donc plus adaptée au domaine médical. Cependant elle est plus difficile à mettre en place. En effet il faut fournir aux étudiants les bons outils et les mettre dans de bonnes situations pédagogiques [42] ;

 <u>l'évaluation prédictive</u>: celle-ci consiste à évaluer les connaissances acquises par les étudiants avant de débuter la formation. Elle permet de regrouper les étudiants par niveau ou d'évaluer si les connaissances correspondent aux capacités requises.

Les méthodes d'évaluation doivent être en adéquation avec les méthodes d'apprentissage ainsi que les objectifs pédagogiques. C'est pourquoi, les évaluations en implantologie sont sommatives par un examen écrit en formation initiale, tandis qu'en formation continue elles sont le plus souvent sommatives et/ou formatives par un contrôle continu, une soutenance de mémoire et/ou un examen écrit.

Chaque établissement valide l'inscription en formation continue suivant ses propres exigences (Tableau 2). Une évaluation prédictive peut être réalisée en addition des différents prérequis [42].

3. Les supports pédagogiques

Différents types de supports pédagogiques sont mis à disposition des étudiants en formation initiale ou continue afin de parfaire leur formation. Actuellement, seule la Faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg informe sur son site internet des supports pédagogiques mis en place au sein de leur DU en formation continue.
3.1. Documents bibliographiques, polycopiés

Les documents bibliographiques ou polycopiés sont mis à disposition pour les étudiants et sont sélectionnés par l'enseignant ou parfois écrit par lui-même. Ces documents peuvent être des supports de cours, des articles scientifiques ou encore des livres.

3.2. Documents photographiques et films vidéos

Le texte seul peut être insuffisant pour décrire un concept dentaire ou une intervention chirurgicale spécifique. Aujourd'hui, la démocratisation des appareils photographiques, caméras et logiciels de traitement d'images permet de fournir aux étudiants des représentations visuelles de haute qualité [43]. Elles permettent d'encourager la participation des élèves et facilitent la communication particulièrement dans l'enseignement médical [41]. L'apprenant "voit" ainsi une grande partie de la réalité physique plutôt que de l'entendre décrite par des mots.

3.3. Matériel informatique et logiciels spécifiques d'implantologie

Ces logiciels spécifiques à l'implantologie comme (codiagnostiX[®] de Straumann[®], Romexis 3D implantology[®] de Planmeca[®] ou encore Simplant[®] de Dentsply Sirona[®]) permettent un gain de temps pour le praticien et le prothésiste, de nouvelles possibilités de gestion des cas cliniques comme la chirurgie guidée et une amélioration de la communication avec le patient et le prothésiste [25-26]. Leur mise à disposition permet à l'étudiant de se familiariser avec ces outils qu'il pourra être amené à utiliser au sein de son cabinet dentaire ou que son prothésiste utilisera en laboratoire. De plus, la planification d'actes chirurgicaux avec ces logiciels permet une nouvelle approche dans la pose d'implants pour les praticiens novices en formation [44]. Ces logiciels sont complexes d'utilisation, des tutoriels peuvent être mis à disposition des étudiants afin de les aider dans leur utilisation.

3.4. Matériel pédagogique spécifique pour l'apprentissage de pose d'implants et la réhabilitation prothétique sur implants

La chirurgie implantaire sur une fausse pièce anatomique permet à l'étudiant d'appréhender l'acte chirurgical. Cette méthode d'apprentissage kinesthésique lui permet d'utiliser le matériel d'implantologie et d'avoir une sensation tactile de l'instrumentation proche de la réalité.

La réalité mixée ou mixte (mêlant le réel et le virtuel) à l'aide des simulateurs virtuels est particulièrement adaptée pour l'implantologie. En effet, la combinaison du rendu visuel et de la force de rétroaction de la pièce à main rend ces simulateurs de chirurgie de plus en plus réalistes auprès des étudiants. Leur popularité est croissante comme une alternative à la simulation sur fantôme ou sur pièces anatomiques [27-28].

3.5. Pièces anatomiques humaines pour pose d'implants et dissections

En implantologie, les praticiens ont besoin d'une connaissance approfondie de l'anatomie pour assurer la sécurité des procédures chirurgicales [45]. Par conséquent, le développement de méthodes d'apprentissages efficaces est essentiel pour l'enseignement de l'anatomie. De nombreux débats portent sur les méthodes appropriées de transmission de ces connaissances auprès des chirurgiens-dentistes. Auparavant, la méthode kinesthésique par la dissection était considérée comme l'outil pédagogique principal. Cependant de nombreuses facultés ne peuvent fournir l'accès à la salle de dissection ou ne peuvent proposer qu'un accès limité. Des méthodes alternatives ont alors été proposées telles que l'apprentissage visuel avec l'analyse d'imagerie médicale et des ressources multimédias ou encore l'apprentissage avec les modèles tridimensionnels imprimés ou usinés. Aujourd'hui, la combinaison de ces différentes ressources est recommandée [46].

IV. Réalisation du cas clinique pour l'élaboration du tutoriel

Deux tutoriels ont été réalisés à partir d'un cas clinique pris en charge dans le service d'Odontologie du CHU (Centre Hospitalier Universitaire) de Lille dans l'UFR (Unité de Formation et de Recherche) d'Implantologie. Le premier est basé sur l'utilisation des logiciels DentalWings[®] et coDiagnostiX[®] et concerne la modélisation des *wax-up* jusqu'à l'élaboration du guide chirurgical en passant par la planification implantaire (annexe 1). Le second tutoriel concerne l'utilisation du logiciel BlueSkyPlan[®], il a été conçu après la réalisation du cas clinique (annexe 2).

Un second cas clinique a également été réalisé dans le service d'Odontologie du CHU de Lille dans l'UFR d'Implantologie (annexe 3). La CAO concerne le compensation d'un édentement postérieur terminal avec une perturbation des courbes occlusales. La prise en charge de ce second cas plus complexe est disponible sous la forme de cas exercice afin d'aider l'étudiant à s'entrainer sur les logiciels. Un tutoriel de la prise en charge du cas clinique est disponible pour l'étudiant si nécessaire.

1. Cahier des charges du tutoriel

La prise en charge d'un édentement encastré de moyenne étendue a été choisie pour la réalisation du tutoriel. Toutes les étapes ont été détaillées pour la réalisation du cas en autonomie, depuis la conception des *wax-up* jusqu'à la conception du guide chirurgical. Ce support peut être utilisé pour la réalisation de TP mais également comme exemple pour la prise en charge d'un patient.

La présentation des fiches suit la trame des tutoriels précédemment réalisés sur le logiciel DentalWings[®] dans le cadre de la thèse de Doctorat en Chirurgie Dentaire de Nicolas Benez. Cette standardisation permet de faciliter la compréhension du tutoriel par les étudiants. Les fiches suivent donc la maquette de présentation de l'université de Lille. Le nom de l'étape est noté en haut à droite avec une numérotation chronologique. L'utilisation des verbes à l'infinitif permet de s'adresser d'une manière générale à un groupe de personne.

2. Réalisation du tutoriel

2.1. Présentation du cas clinique

Madame B.F. âgée de 53 ans a consulté en février 2021 au sein de l'UFR d'implantologie du CHU de Lille pour la restauration par implant du secteur 1 et 2 postérieurs.

L'anamnèse médicale révèle une épilepsie soignée par de la lamotrigine et une consommation de tabac à raison de 10 cigarettes par jour soit 35 paquets année. Concernant l'historique de l'édentement, le secteur 1 était initialement restauré par des implants. La perte des implants est due à une parodontite et date de janvier 2021. Selon les dire de la patiente, la pose des implants ainsi qu'un *sinus lift* avaient été réalisés il y a une dizaine d'années dans un cabinet de ville. L'avulsion de la 26 a été réalisée dans l'UFR de chirurgie du service d'Odontologie en février 2021 pour raison carieuse.

La palpation des articulations temporo-mandibulaires ne révèle aucune symptomatologie. L'examen clinique exobuccal a mis en évidence l'absence de 15, 16, 17 et 26 (Figure 10). L'espace prothétique mésio-distal entre la 14 et la 18 est de 21 mm. La percussion axiale des dents n'a provoqué aucune douleur et les tests de vitalités ont été positifs. Une alvéolyse entre 15 et 33% a été observée sans perte d'attache gingivale (Figure 12). Des modèles d'études ont été réalisés et montés sur articulateur à l'aide d'un arc facial (SAM[®], RMO[®]). L'examen des rapports interarcades montre une dimension verticale d'occlusion correcte et les courbes occlusales fonctionnelles.



Figure 10 : photo intra-buccale en vue occlusale de l'arcade maxillaire sans la prothèse amovible (A) et mandibulaire (B) (illustration personnelle).



Figure 11 : photo intra-buccale de l'arcade maxillaire avec la prothèse amovible (illustration personnelle).



Figure 12 : radiographie panoramique avant la perte implantaire et l'extraction de la 26 datant du 10/12/2020 (illustration personnelle).

La patiente présente une parodontite de stade 2 grade B ainsi qu'un édentement maxillaire encastré postérieur bilatéral de classe III modification 1 de Kennedy. La crête secteur 1 est une classe III de Cawood et Howell et une classe II au niveau de la 26 (post-extractionnel).

Le traitement pré-prothétique proposé à la patiente repose sur la compensation de l'édentement avec une prothèse amovible partielle résine 4 dents. Cette prothèse devra être conservée la durée nécessaire pour la cicatrisation de la 26, la stabilisation de sa parodontite chronique avec le traitement parodontal et l'élimination des facteurs de risque (Figure 11). Deux plans de traitement prothétiques ont été proposés pour la compensation des édentements : prothèse amovible partielle métallique ou une solution implantaire avec bridge implanto-portée de 3 dents sur 2 implants (14, 15, 16) et 1 couronne sur implant pour la 26. Trois prémolaires seront positionnées au vue du faible espace prothétique mésio-distal entre la 14 et la 18. Le plan de traitement implantaire a été retenu par la patiente.

La prothèse de transition a été réalisée dans l'UFR de prothèse et la patiente est actuellement suivie dans l'UFR de parodontologie pour la prise en charge de sa parodontite. Le sevrage tabagique est en cours.

2.2. Réalisation des 2 tutoriels de la numérisation des modèles jusqu'à la conception du guide chirurgical

2.2.1. DentalWings® et coDiagnostiX® de Straumann®

L'empreinte optique de la patiente a été réalisée avec la caméra CS3600[®] (Carestream[®]). La première étape de la planification sur le logiciel de Straumann[®] est la création de commande du projet prothétique avec le chargement des modèles (.stl) du patient dans DentalWings[®] (Figure 13). Le projet prothétique est ensuite modélisé. Les wax-up sont d'abord positionnés, la morphologie est ajustée puis réglée en occlusal (Figure 14). Suite à la validation des wax-up, le CBCT est couplé avec le projet prothétique dans coDiagnostiX[®]. La planification implantaire est réalisée depuis une bibliothèque d'implants (Figure 15) afin d'aboutir à la création du guide chirurgical (Figure 16). Les implants choisis sont des Bone Level Tapered

Roxolid SLActive Guided de longueur 10mm et diamètre 3,3mm pour la dent 15, de longueur 10mm et diamètre 4,1mm pour la dent 17 et pour la 26 une longueur de 10mm et un diamètre de 4,8mm.



Figure 13 : création de commande avec DentalWings[®] (A); modèles numérisés DentalWings[®] (B) (illustration personnelle).



Photo 14 : projet prothétique avec DentalWings[®] (A); résultat avec wax-up avec DentalWings[®] (B) (illustration personnelle).



Figure 15 : planification implantaire avec coDiagnostiX[®] (A); résultat final de la planification implantaire avec coDiagnostiX[®] (B) (illustration personnelle).



Figure 16 : conception du guide chirurgical avec coDiagnostiX[®] (A); guide chirurgical avec coDiagnostiX[®] (B) (illustration personnelle).

2.2.2. BlueSkyPlan® de BlueSkyBio®

La planification implantaire sur BlueSkyPlan[®] de BueSkyBio[®] débute par le chargement du fichier DICOM et la sélection de la zone d'intérêt sur celui-ci (Figure 17). Les fichiers .stl des modèles du patient sont ensuite chargés afin de réaliser un alignement (Figure 18 et 19). Suite à la sélection de l'implant, le projet prothétique est modélisé. Les *wax-up* sont d'abord positionnés, la morphologie est ajustée puis réglée en occlusal. Suite à la validation du projet prothétique l'implant est positionné à son tour (Figure 20). Enfin, dès la planification terminée, le guide chirurgical est créé (Figure 21) et peut être exporté.





Figure 17 : importation du DICOM et sélection de la zone d'intérêt avec BlueSkyPlan[®] (A) ; importation du .stl avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).



Figure 18 : alignement DICOM et .stl avec BlueSkyPlan[®] (A) ; sélection de l'implant avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).



Figure 19 : projet prothétique avec BlueSkyPlan[®] (A) ; positionnement de l'implant avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).



Figure 20 : conception du guide chirurgical avec BlueSkyPlan[®] (A) ; guide chirurgical avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).

V. Discussion

La chirurgie guidée améliore la précision lors de la pose d'implant postérieur. Ces guides statiques ou dynamiques imposent une planification assistée par ordinateur pouvant éventuellement être couplée à la CAO du projet prothétique.

Les logiciels de planification implantaire en chirurgie dentaire permettent de réaliser une multitude d'action : l'importation des modèles par scan ou chargement des fichiers .stl, la modélisation des prothèses avant la planification implantaire, la conception des prothèses (à partir de *wax-up* scannés ou de la situation clinique initiale ou encore totalement individualisées), le traitement des artefacts d'imagerie qui peuvent être réduits, la planification implantaire avec un choix presque illimité d'implant, l'exécution d'une pose d'implant entièrement guidée, la conception individualisée et la fabrication en interne du guide et de la restauration [12-47].

Ce travail s'inscrit dans un projet global de création d'une base de données de cas cliniques pour l'enseignement de la conception assistée par ordinateur en formation initiale et continue. La prise en charge d'un édentement postérieur de moyenne étendue est fréquente et a donc été choisie pour la réalisation du tutoriel.

Le premier tutoriel réalisé sur coDiagnostiX[®] a été évalué par les 10 étudiants de la promotion 2020 du DU d'implantologie de Lille. Un questionnaire (annexe 4) leur a été remis à la fin de la séance. A l'unanimité, les objectifs, les notions et les différentes étapes de ce tutoriel sont clairs, bien structurés et bien développés. Les points forts de celui-ci ont été la clarté et la précision. Cependant certains d'entre eux (3 étudiants sondés sur 10) auraient aimé : une vidéo tutorielle afin de la suivre en même temps qu'ils réalisent les étapes ou qu'un interlocuteur réalise le cas en même temps qu'eux. Enfin la grande majorité (6 étudiants sondés sur 10) trouve le logiciel compliqué mais complet. Un apprentissage avec plusieurs cas cliniques est nécessaire pour maitriser l'utilisation du logiciel. C'est dans cet objectif qu'un deuxième cas clinique a été réalisé sur un édentement terminal de moyenne étendue. Les « solutions » des cas cliniques sont présentées aux étudiants à la fin du TP. La prochaine étape est la réalisation de deux TP avec les étudiants en UELC CFAO au sein de la Faculté de chirurgie dentaire de Lille.

VI. Conclusion

L'enseignement de l'implantologie dans la formation universitaire montre une grande disparité selon les différentes facultés de France. Les approches (méthodes pédagogiques, méthodes d'apprentissages et méthodes d'évaluation) et les différents supports pédagogiques utilisés varient mais les objectifs restent similaires.

Ce travail s'intègre dans un projet global de création d'une base de données pour l'enseignement de la CAO. Il a pour objectif de fournir 2 tutoriels et 2 cas cliniques pour aider à l'utilisation des logiciels de planification implantaire assistée par ordinateur associé à la CAO du projet prothétique dans le cadre de la formation initiale et continue des étudiants. Les patients ont été pris en charge dans le service d'odontologie du CHR de Lille. Les 2 supports pédagogiques concernent la prothèse implanto-portée postérieure de moyenne étendue et ont été élaborés depuis la conception de *wax-up* jusqu'aux guides chirurgicaux assistés par ordinateur. Ces supports ont été conçus sur le logiciel coDiagnostiX[®], proposant de nombreux outils et le logiciel BlueSkyPlan[®], plus simple d'utilisation.

VII. Bibliographie

[1] Simonet P, Missika P, Pommarède P. Recommandations de bonnes pratiques en odonto-stomatologie. Paris: Espace ID; 2014.

[2] Pascual D, Vaysse J. Chirurgie implantaire et prothèse guidées et assistées par ordinateur : le flux numérique continu. Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale. 2016;117:28–35.

[3] Davarpanah K, Demurashvili G, Daas M, Rajzbaum P, Capelle-Ouadah N, Szmukler-Moncler S, Davarpanah M. Implantologie assistée par ordinateur. Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale. 2012;113:259–75.

[4] Deeb JG, Bencharit S, Loschiavo CA, Yeung M, Laskin D, Deeb GR. Do implant surgical guides allow an adequate zone of keratinized tissue for flapless surgery? J Oral Maxillofac Surg. 2018;76:2540–50.

[5] Leize-Zal E, Santucci J, Agossa K. Imagerie en implantologie orale : étude pré-implantaire et planification. Real Clin. 2014;2:169-83.

[6] Margossian P, Mariani P, Laborde G. Guides radiologiques et chirurgicaux en implantologie. Encyclo Méd Chir, Odontologie [23-330-A-05], 2009.

[7] Hossein Shahrasbi A, Hansen CA. Surgical oral radiographic guide with a removable component for implant placement. J Prosth Dent. 2002;87:330-2.

[8] Laboratoire Arcad - laboratoire de prothèses dentaires. Guides implantaires. [en ligne]. http://www.labo-arcad.com/article-10--guides-implantaires.html. (page consultée le 27/01/21).

[9] Galileos Viewer Download. Galileos Viewer. [en ligne]. https://galileos-viewer.software.informer.com/. (page consultée le 27/01/21).

[10] Cavézian R, Pasquet G. Imagerie Cone Beam et implants. Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale. 2012;113:245–58.

[11] Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. Dentomaxillofacial Radiol. 2014;44:20-4.

[12] Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flügge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. BMC Oral Health 2020;20:251.

[13] D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. Periodontol. 2000 2017;73:121–33.

[14] Block MS, Emery RW, Lank K, Ryan J. Implant placement accuracy using dynamic navigation. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017;32:92–9.

[15] El Kholy K, Lazarin R, Janner SFM, Faerber K, Buser R, Buser D. Influence of surgical guide support and implant site location on accuracy of static Computer-Assisted Implant Surgery. Clin Oral Implants Res. 2019;30:1067–75.

[16] Seo C, Juodzbalys G. Accuracy of guided surgery via stereolithographic mucosa-supported surgical guide in implant surgery for edentulous patient: a systematic review. J Oral Maxillofac Res. 2018;9:10-1.

[17] Henprasert P, Dawson DV, El-Kerdani T, Song X, Couso-Queiruga E, Holloway JA. Comparison of the accuracy of implant position using surgical guides fabricated by additive and subtractive techniques. J Prosthodont. 2020;29:534–41.

[18] Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X. Photo-curing 3D printing technique and its challenges. Bioact Mater. 2020;5:110–5.

[19] Laverne F, Segonds F, Dubois P. Fabrication additive - Principes généraux [en ligne]. In: Techniques de l'ingénieur. Référence BM7017 v2. Paris: Techniques de l'ingénieur, 2016. Disponible sur: https://www.techniques-ingenieur.fr/basedocumentaire/mecanique-th7/procedes-de-fabrication-additive-42633210/fabricationadditive-bm7017/principe-de-la-fabrication-additive-bm7017v2niv10001.html (Consulté le 21/06/2021).

[20] Formlabs. Guides chirurgicaux imprimés en 3D. [en ligne]. https://dental.formlabs.com/fr/indications/surgical-guides/guide/. (page consultée le 21/06/2021).

[21] ADEE - Association for Dental Education in Europe. Learning together to improve oral health and quality of life. [en ligne]. https://adee.org/. (page consultée le 17/10/20).

[22] Université de Lille - Faculté de Chirurgie Dentaire. Formation continue. [en ligne]. http://chirdent.univ-lille.fr/formation-continue/. (page consultée le 13/02/20).

[23] Université de Rennes - UFR d'Odontologie. Formation continue. [en ligne]. https://odonto.univ-rennes1.fr/implantologie-orale. (page consultée le 30/01/20).

[24] Université de Nantes - Odontologie. UFR d'Odontologie. [en ligne]. https://odontologie.univ-nantes.fr/formation-continue-3eme-cycle/du-implantologieorale-2019913.kjsp?RH=1308573402112. (page consultée le 30/01/20).

[25] Université de Paris. DU Implantologie orale. [en ligne]. https://odf.parisdescartes.fr/fr/formations/feuilleter-le-catalogue/sciencestechnologies-sante-STS/diplome-d-universite-1/du-implantologie-orale-DU14_111.html?search-keywords=implantologie#programContent082aba73-369f-4522-9465-1e3ac0d0ce9e-1. (page consultée le 30/01/20).

[26] Université de Reims - UFR d'Odontologie. Chirurgies et Prothèses Implantaires. [en ligne]. https://www.univ-reims.fr/ufrodontologie/diplomesuniversitaires-du/chirurgie-et-protheses-implantaires/chirurgies-et-prothesesimplantaires,23418,38845.html. (page consultée le 13/02/20).

[27] Université de Bordeaux. DU / DIU Odontologie. [en ligne]. http://sante.ubordeaux.fr/Formation-continue/Diplomes-d-universite/DU-DIU-Odontologie. (page consultée le 30/01/20).

[28] Université de Nice Sophia Antipolis. Diplôme Universitaire (DU) de Parodontologie et d'Implantologie Clinique. [en ligne].http://unice.fr/formation/formation-initiale/odupic. (page consultée le 13/02/20).

[29] Université de Paris - Odontologie Garancière. Diplôme universitaire clinique d'implantologie chirurgicale et prothétique. [en ligne]. http://ufr-paris-garanciere.fr/dipl%C3%B4me-universitaire-clinique-dimplantologie-chirurgicale-et-proth%C3%A9tique. (page consultée le 30/01/20).

[30] Université Clermont Auvergne - UFR d'Odontologie. Diplômes Universitaires. [en ligne]. https://odontologie.uca.fr/diplome-d-universite-certificats-d-etudessuperieures/diplomes-universitaires-102730.kjsp?RH=1505375299655. (page consultée le 13/02/20).

[31] Faculté d'Odontologie - Université Lyon 1. Les Diplômes de 3ème cycle (AEU - DU). [en ligne]. https://odontologie.univ-lyon1.fr/formation/les-diplomes-de-3e-cycle-aeu-du-/les-diplomes-de-3eme-cycle-aeu-du-581703.kjsp. (page consultée le 13/02/20).

[32] Université de Toulouse 3 - Faculté de chirurgie dentaire. DU / DIU. [en ligne]. https://dentaire.univ-tlse3.fr/diplome-d-universite. (page consultée le 13/02/20).

[33] Faculté d'odontologie Aix Marseille Université. Formation continue. [en ligne]. https://odontologie.univ-amu.fr/faculte/formation-continue. (page consultée le 13/02/20).

[34] Université de Brest - UFR Odontologie. Formation continue. [en ligne] https://www.univ-brest.fr/ufr-odontologie/menu/Formations/Formation-continue. (page consultée le 13/02/20).

[35] Faculté d'odontologie de Montpellier. Formation permanente. [en ligne]. https://odontologie.edu.umontpellier.fr/formation-continue/. (page consultée le 13/02/20).

[36] Odontologie université de lorraine. DU de parodontologie et d'implantologie clinique. [en ligne]. https://odonto.univ-lorraine.fr/content/du-de-parodontologie-et-dimplantologie-clinique. (page consultée le 13/02/20).

[37] Faculté de chirurgie dentaire - Université de Strasbourg. Implantation orale appliquée. [en ligne]. http://chirurgie-dentaire.unistra.fr/formation-continue-et-3eme-cycle/diplomes-universitaires/implantation-orale-appliquee/. (page consultée le

13/02/20).

[38] Union Nationale des Etudiants En Chirurgie Dentaire. Formation postuniversitaire. [en ligne]. /formation-post-universitaire/. (page consultée le 21/09/20).

[39] Competice. Enseignement supérieur. [en ligne].

https://eduscol.education.fr/bd/competice/superieur/competice/libre/qualification/q3b. php. (page consultée le 19/08/20).

[40] Enabulele JE, Omo JO. Teaching of dental implantology to undergraduate dental students: The Nigerian experience. Eur J Dent Educ. 2020;23:476-482.

[41] Sprawls P. Evolving models for medical physics education and training: a global perspective. Biomed Imaging Interv J. 2008;4:12-8.

[42] Petitjean B. Formes et fonctions des différents types d'évaluation. Pratiques. 1984;44:5–20.

[43] Kalpana D, Rao SJ, Joseph JK, Kurapati SKR. Digital dental photography. Indian J Dent Res. 2018;29:507–12.

[44] Golob Deeb J, Bencharit S, Carrico CK, Lukic M, Hawkins D, Rener-Sitar K, Deeb GR. Exploring training dental implant placement using computer-guided implant navigation system for predoctoral students: A pilot study. Eur J Dent Educ. 2019;23:415–23.

[45] Ghosh SK. Cadaveric dissection as an educational tool for anatomical sciences in the 21st century. Anat Sci Educ. 2017;10:286–99.

[46] Estai M, Bunt S. Best teaching practices in anatomy education: A critical review. Ann Anat. 2016;208:151–7.

[47] Greenberg AM. Advanced dental implant placement techniques. J Istanb Univ Fac Dent. 2017;51:S76–89.

VIII. Table des illustrations

Figure 1 : planification implantaire à l'aide de calques [5].

Figure 2 : guide radiologique avec gutta percha [7].

Figure 3 : guide à support muqueux avec une dent radio-opaque [6].

Figure 4 : guide radiologique réalisé à partir d'une prothèse amovible complète [8].

Figure 5 : CoDiagnostiX[®] de Straumann (illustration personnelle).

Figure 6 : Galileos Galaxis[®] de Dentsply Sirona [9].

Figure 7 : principe de la stéréolithographie [18].

Figure 8 : principe du Digital Light Processing (illustration personnelle).

Figure 9 : cône d'expérience d'Edgar Dale [40].

Figure 10 : photo intra-buccale en vue occlusale de l'arcade maxillaire sans la prothèse amovible (A) et mandibulaire (B) (illustration personnelle).

Figure 11 : photo intra-buccale de l'arcade maxillaire avec la prothèse amovible (illustration personnelle).

Figure 12 : radiographie panoramique avant la perte implantaire et l'extraction de la 26 datant du 10/12/2020 (illustration personnelle).

Figure 13 : création de commande avec DentalWings[®] (A); modèles numérisés DentalWings[®] (B) (illustration personnelle).

Photo 14 : positionnement des wax-up avec DentalWings[®] (A); résultat avec wax-up avec DentalWings[®] (B) (illustration personnelle).

Figure 15 : projet prothétique avec coDiagnostiX[®] (A); résultat final de la planification implantaire avec coDiagnostiX[®] (B) (illustration personnelle).

Figure 16 : conception du guide chirurgical avec coDiagnostiX[®] (A); guide chirurgical avec coDiagnostiX[®] (B) (illustration personnelle).

Figure 17 : importation du DICOM et sélection de la zone d'intérêt avec BlueSkyPlan[®] (A) ; importation du .stl avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).

Figure 18 : alignement DICOM et .stl avec BlueSkyPlan[®] (A) ; sélection de l'implant avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).

Figure 19 : projet prothétique avec BlueSkyPlan[®] (A) ; positionnement de l'implant avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).

Figure 20 : conception du guide chirurgical avec BlueSkyPlan[®] (A) ; guide chirurgical avec BlueSkyPlan[®] (B) (illustration personnelle).

IX. Annexes

Annexe 1 :



Tutoriel pour la conception d'un guide chirurgical en implantologie



me Merregaert & Dr. Dehurte

Clic gauche : modifier orientation du modèle (rotation 3D) Image: Clic molette : translater le modèle en conservant son orientation du modèle dans un plan (rotation 2D) Image: Clic molette +/- Clic molette +/- Caston des points : Moletaris no de point déjà créé le supprime de despace			Utilisatio généralit	n de dental wings : és	
Zoom : molette +/- Gestion des points : • Cliquer sur un point déjà créé le supprime • Maintonir aliqué aur un point parmet de la déplacer		Clic gauche : modifier orientation du modèle (rotation 3D) + Ctrl Modifier orientation du modèle dans un plan (rotation 2D)		Clic molette : translater le modèle en conservant son orientation	
Gestion des points : Cliquer sur un point déjà créé le supprime Maintonir eliqué aur un point normat de la déplacer		Zoom : molette +/-			
	•	Gestion des points : Cliquer sur un point déjà créé le supprime Maintenir cliqué sur un point permet de le dépla	acer		2

Création de commande

- •
- Sélectionner le 1^{er} onglet en haut à gauche : création de commande. Sélectionner le 1^{er} onglet à gauche : Commande C&B / implant. •

Création de commandes ×					
Commande C&B'/ Implant	COMMANDE C&B / IMPLANT				
Commande de wax-up virtuel	Identifiant de la commande CDM-210426-1		12 11 21 22	Calque de base + Ø	
Commande de prothèse amovible complète	Dentiste guillaume merregaert		13 23 23	veuwez ciiquer sur une dent pour ajouter un element.	
Commande de Plaque Occlusale	Patient Mme B F		15 25		
Commande de Modèle Orthodontique	Familie de prothèses	<u> </u>	16 26		
💢 Commande de Partiel	Matériau				
Commande Synergy	EUROMAX ZIRCONE CNB	~ 7	18 28		
Commande coDiagnostiX					
Commande Lava	Sous-type de protivise		48 🛃 38		
💋 Commande Straumann Group	Familie d'anatomies		47 57 37		
Commande ATLANTIS*	Crifer to briege Crifer and barre	_	40 45 41 43 47 41 31 57 33		
	Annuler le bridge				
	Arinule la commande Achemine la commande	Achemina et acher		Pièces jointes	Ø

Création de commande

- Remplir la commande :
 - Identifiant de la commande : votre nom
 - Dentiste : votre nom
 - Patient : nom du patient
 - Famille des prothèses : Wax-up
 - Matériau : Euromax zircone
 - Sous-type de prothèse : Wax-up sans pilier
 - Famille d'anatomie : V07 Natural 4 L (diffère selon l'âge, le sexe, la forme des dents)

COMMANDE C&B / IMPLANT		
Identifiant de la commande		
COM-210426-1		
Dentiste		
guillaume merregaert		9
Patient		
Mme B F,		Q,
Famille de prothèses		
Max-up		\sim
Matériau		
EUROMAX ZIRCONE CnB	~	Y
Couleur		
99 -		~
Sous-type de prothèse		
🕅 Wax-up sans pilier		\sim
Famille d'anatomies		
V07 Natural 4 L		~

Création de commande

- Sélectionner les dents 15 à 17 sur le schéma dentaire. .
- Sélectionner « acheminer la commande ». .
- Sélectionner « Importation de scan ».

Commande C&B / Implant	COMMANDE C&B / IMPLANT				
Commande de wax-up virtuel	Identifiant de la commande COM-210426-1		12 11 21 22 22 23	Calque de base + (2) Simple (15) - FURDMAX ZIRCONE CoB (-)	
Commande de prothèse amovible complète	Dentiste			 15: Pilier Synergy, Euromax, Conique 	
Commande de Plaque Occlusale	ganoune nerregeer. Patient	~	15 🖉 💆 25	Simple (16) - EUROMAX ZIRCONE CnB (-)	
Commande de Modèle Orthodontique	Mme B F,		16 🞽 况 26	Simple (17) - EUROMAX ZIRCONE CnB (-)	
Commande de Partiel	Waxup			17: Pilier Synergy, Euromax, Conique	
Commande Synergy	Matériau	~ 7		26: Pilier Synergy, Euromax, Conique	
Commande oplicagy	Couleur		10 20		
Commande couragnostix			48 🚱 👸 38		
Commande Lava	Wax-up sans piler		47 😭 37		
Commande Straumann Group	V07 Natural 4 L				
Commande ATLANTIS™					
			45 O 35		
			44 ₄₃ A AAA ³ 34		
	Créer le bridge				
	Créer une barre				
	Annuler le bridge				

12

Importation des fichiers .stl

• Dans l'onglet d'importation de scan, trouver la commande créée précédemment et la faire glisser au centre de la fenêtre vide à droite.

7	i 📃 🖉 😻 ピ 💕	
12	Création de commandes × 🔀 Importation de	scan ×
۵	63. – dobrenel – 12 janv 2021	\$ VL
۵	63. – dobrenel – 12 janv. 2021	
۵	64. – dobrenel – 12 janv. 2021	
۵	65. – dobrenel – 12 janv. 2021	
-	nul. — jerome — 25 févr. 2021 🔒	
-	Nom du patient, — NIEUWJAER — 9 mars 20	
-	Sophie. – Sophie – 9 mars 2021	
⊘	pei. – pei – 30 mars 2021	
⋒	pei. – pei – 30 mars 2021	
=	pei. – pei – 30 mars 2021	
ø	pei. — pei — 6 avr. 2021	
ø	pei. — pei — 6 avr. 2021	
ø	pei. — pei — 6 avr. 2021	
ø	pei, — pei — 6 avr. 2021	
-	victoire, – allart – 15 avr. 2021 🔒	
-	Mme B F, – guillaume merregaert – 22 avr	

Importation des fichiers .stl

Une nouvelle fenêtre s'ouvre et permet de charger les fichiers 3D:

- Fichier de scan « Maxillary.stl ».
- Fichier d'arcade de l'antagoniste « Mandibular_Normal Bite.stl ».

Dérouler le volet:

- Cocher « Wax-up virtuel complet » car nous ne disposons pas de wax-up déjà réalisés.
- Fichier de scan de l'occlusion « BiteAverage_Normal Bite.stl ».
 Cliquer sur « OK ».

Charger les fichiers 3D	×	Charger les fichiers 3D	
Préparation	~	Wax-up	
		Fichier de wax-up (non obligatoire) []	🛛 Wax-up virtuel complet
Maxillary.stl	ā	Fichier de wax-up (non obligatoire) []	🦉 Wax-up virtuel complet
		Fichier de wax-up (non obligatoire) []	Wax-up virtuel complet
Mandibular_Normal Bite.stl	面		
		Fichier de la numérisation de la clé d'occlusion	
		Fichier de scan de l'occlusion (facultatif)	
riche de wax-up diagnosique (lacultatil)			
		BiteAverage_Normal Bite.stl	â
	\sim		
Fichier de wax-up (non obligatoire) []	Wax-up virtuel complet	Autres	
) Ok Annuler		Ok Annuler

<section-header><section-header><text><text><image><image><image>



Importation des fichiers .stl

Positionner les 3 points verts de la manière suivante:En antérieur le centre inter-incisif.

- En postérieur des molaires en suivant au maximum le sillon central.
- Cliquer sur « » en haut au centre de la fenêtre.



Importation des fichiers .stl



Positionnement des wax-up

- Cliquer sur l'outil de modelage en haut de la fenêtre.
- Attendre la fin du chargement de celle-ci puis glisser la commande à gauche au centre de la fenêtre vide à droite.
- Voici le résultat obtenu. Le logiciel propose une conception automatique des wax-up qu'il faudra retoucher.





Modelage des wax-up

Concevoir chaque wax-up jusqu'à l'obtention de l'anatomie souhaitée:

- Faire un clic gauche sur le wax-up souhaité.
- Cliquer sur l'un des 3 premiers icônes en haut à droite pour le modifier à souhait.
- Cliquer sur « OK » en bas de la fenêtre une fois les modifications faites.





Ajustage des points de contact

- Sélectionner un wax-up.
- Cliquer sur le 5^{ème} outil de la liste de droite « Ajuster les points de contact ».
- Cliquer sur « Projeter les zones proximales ».
- Cliquer sur « Ajustez l'occlusion » en bas de cette fenêtre.
- Cliquer sur « OK ».

Pour changer de wax-up, il faut fermer la fenêtre « Ajuster les points de contacts », sélectionner un autre wax-up et refaire la même manipulation.









Planification implantaire

- Augmenter la densité osseuse avec le curseur du bas afin de nettoyer l'image pour faciliter le repositionnement du modèle en .STL.
- Dans l'onglet « Segmentation » à gauche, cliquer sur le premier rond.
- Faire un clic droit et choisir « Maxillaire ».



Planification implantaire

- Dans l'onglet « Segmentation (V: ...ml) », cliquer sur le sceau au milieu à gauche.
 Cliquer au centre sur le maxillaire, tout ce qui est en contact avec le maxillaire va se colorer (d'où l'importance d'élever suffisamment la densité osseuse à l'étape précédente).
- Cliquer sur la porte en haut à gauche pour sortir de la page.



Planification implantaire

Sur la gauche de la page, toutes les étapes se répètent au fur et à mesure de la planification. A ce stade il n'y a que la segmentation de réalisée. Il est possible de cocher ou de décocher à souhait les onglets de manière à faire apparaître ce que l'on souhaite. Décocher la case « Par défaut ».



Planification implantaire

La deuxième étape.

Cliquer sur l'icône « 2 » intitulée « Aligner le système coordonné du patient ».



- Une nouvelle page s'ouvre. A l'aide du clic gauche de la souris, il faut positionner les 3 cadrans de couleur afin d'avoir la ligne verte dans le plan d'occlusion et l'axe interincisif. Pour suivre le plan d'occlusion prendre le cadran rouge à l'aide du clic droit de la souris et le réorienter.
- Cliquer sur « OK » en bas à droite.



Planification implantaire

Toutes les fenêtres sont ré-axées selon l'axe déterminé.



Planification implantaire

- La troisième étape.
- Cliquer sur l'icône « 3 » intitulée « Editer la courbe panoramique dans une fenêtre séparée ».

Une nouvelle page s'ouvre.

 Dans la nouvelle page, positionner les carrés oranges au niveau du centre inter-incisif, des pointes canines et en rétro-tubérositaire afin de faire apparaître la courbe panoramique. Il est possible d'ajouter des points en cliquant sur la courbe avec la molette de la souris.

• Cliquer sur « OK » en bas à droite.



Alignement STL & DICOM

La quatrième étape.

Correspond au canal du nerf alvéolaire inférieur (ici ne nous concerne pas). L'icône est grisée car au tout début de la planification nous avons choisi le maxillaire.

La cinquième étape.

Cliquer sur l'icône « 5 » intitulée « Ajouter scan de modèle ».



- Une première fenêtre s'ouvre, cliquer sur « Chargement du scan modèle ».
- Une seconde fenêtre s'ouvre, chercher les enregistrements des fichiers STL sans les wax-up.

hæger le fichter rullez chelsis un sam de modèle.	9	Regarder dans :	Fichiers sti modèle en plâtre	- 3 3 🕫 🛄	
issez l'emplacement du scan de modèle		(Pa)	Nom	Modifié le	Туре
hargement,du scan de modèle		Emplacements	BiteAverage_Normal Bite	21/04/2021 20:55	Fichier STL
sporter un scaliffde modèle à partir d'un fichier de CAO.		récents	Maxillary	21/04/2021 20:55 21/04/2021 20:55	Fichier STL Fichier STL
mporter une segmentation mporter une segmentation d'un patient.		Bureau	MODELISATION PLANIF	22/04/2021 12:09	Fichier STL
Importer vis à partir de DWOS Connect Importer vis sen à partir êtres commerée DWOS Cenect		Bibliothèques			
		Ordinateur	< [,
			Nom du fichier Maxillary	•	Quertir
			Types de fichiers : Tous les types de fichi	iers pris en charg 💌	Annuler
			Options Réduction Aucun(e)		



Alignement STL & DICOM

Une fenêtre s'ouvre et se divise en deux cadrans.

- A gauche le maxillaire isolé venant du DICOM.
 A droite le fichier STL venant de la modélisation.
- Sélectionner des surfaces à mettre en corrélation avec des zones données. Attention à toujours bien sélectionner des surfaces. Avec la molette de la souris réduire les zones bleues au niveau du fichier STL de manière à ce que celles-ci soient centrées sur les dents uniquement et non sur le reste du modèle en plâtre.
- Cliquer sur « Suivant » en bas à droite.



Alignement STL & DICOM

Le bandeau vert en bas informe que l'alignement semble correct mais il faut vérifier (prochaine étape).

• Cliquer sur « Fermer » dans la nouvelle fenêtre.

Recalage au	tomatique 📃
0	L'inscription semble correcte. Veuillez toutefois vérifier pour un alignement adéquat.
	Fermer

Alignement STL & DICOM

Les deux fichiers se superposent: la ligne jaune (fichier STL) suit la surface osseuse (fichier DICOM).

Cliquer sur « Terminer » en bas à droite.

Si le « matching » ne convient pas.

- Sélectionner et bouger manuellement la ligne rouge (non conseillé).
- Revenir à l'étape précédente et rajouter des surfaces entre les deux cadrans (conseillé).



Ajouter le projet prothétique

- Cliquer sur l'icône « 5 » intitulée « Ajouter scan du modèle ».
- Cliquer sur « Chargement du scan de modèle » dans la nouvelle fenêtre.
 Une seconde fenêtre s'ouvre, chercher les enregistrements des fichiers STL avec les
- wax-up fait au préalable à la fin de l'utilisation de DentalWings.
- Choisir le fichier « MODELISATION PLANIF » et cliquer sur « Ouvrir ».

U Chargeme	nt du scan de modèle				
Regarder da	ns : 🔋 Fichiers stl mo	dèle en plâtre	•	G 🟚 📂 🛄 -	
(Particular)	Nom	*		Modifié le	Туре
Emplacemer	ts BiteAverage_I	Normal Bite Normal Bite		21/04/2021 20:55 21/04/2021 20:55 21/04/2021 20:55	Fichier STI Fichier STI Fichier STI
Bureau	MODELISATIO	ON PLANIF		22/04/2021 12:09	Fichier STI
Bibliothègu Ordinateu	5	ш			Þ
	Nom du fichier : Types de fichiers :	Tous les types de fichie	vi⊦ ersprise	n charg 👻	Annuler
Subout - Armany	Options Réduction Aucun(e)	•			
	Chargeme Regarder da Emplacement écents Bureau Bibliotheque Ordinateur Ecci	Crdinateur Cordin	Chargement du scan de modèle Regarder dans : Periode en plâre Periode en plâre P	Chargement du scan de modèle	Chargement du son de modèle

Ajouter le projet prothétique

Cliquer sur « Aligner avec un autre objet » dans la nouvelle fenêtre.
 Puis cliquer sur « Suivant ».



Ajouter le projet prothétique

- Tourner le modèle de droite afin qu'ils soient tous les 2 dans le même plan de manière à positionner les mêmes points dans la fenêtre suivante.
- Positionner les zones dans les 2 cadrans au même endroit. Cependant attention de ne pas choisir la zone concernée par le bridge. Ici toute la zone de droite a été sélectionnée car il s'agit de la superposition des 2 mêmes fichiers STL. Donc ne pas sélectionné uniquement que les dents.
- Cliquer sur « Suivant » en bas à droite.



71



Ajouter le projet prothétique

Le premier fichier (STL+DICOM) et le second fichier (mock-up) doivent être superposés. • *Cliquer sur « Terminer » en bas à droite.*


Sélectionner l'implant

La sixième étape. • *Cliquer sur l'icône « 6 » intitulée « Ajouter implant ».*



Sélectionner l'implant

Une nouvelle fenêtre s'ouvre pour choisir la marque et le type d'implant. Sur la gauche dans « Fabricant », rechercher « Straumann ».

	1		_		_		_		_		_		
ncants et séries de modèles	amplants												= ==
Bone Level Rosobdol SLActive's (12)	Stratamann » Bor	re Level Rozolid® SLActive®											0
u den sen nandelle staatere oodere ju Den sen konstantie State (12) Den sen konstantie State (12) Den sen lagered Rooters Statere State Den sen lagered Rooters Statere State Den sen lagered Rooters State (13) Den sen lagered Rooters State (13)	0	Longueur: 8 mm et 3.3 mm Straumern Bone Level Rosold & La: Indee: 8.1 mm Port, dinester: 8 mn Befference: 021,200		Longueter: 8 mm gc 4.1 mm Brannann Bane Levri Rovold ()		Longueur: 8 mm d: 4.8 mm Strauman Eore Level Rocold () Ligr to Lelec 8.2 mm Prof. of services 1 mm Reference: 021.8338		Longueur: 30 mm sc.3.3 mm Struman Bone Lozel Rossid@ Ly folde: 30.1mm Pref. freeston: 30 mm Refisience: 021.2310		Longuesur: 10 mm pi: 4.1 mm Straumern Bonz (evol Resold () Lyt totals: 50.2 mm Prof. driser ton: 10 mm Reffrance: 021.4310		Longueur: 10 mm sc 4.5 mm Struumann Bane Loval Roual (d.) Lyr Itole: 10.2 mm Prof. (firserbar: 20 mm Rofference: 021.8310	- 5
Bone Level X Roxold® SLAdive® (22) Mini-screw (4)	ă.			IIOD O			ň.			IICD O	-	IIOD O	
van E caman canada (a) Jana Caman Canada (a) Pare Caman Canada (a) Pare Caman Canada (a) Pare Caman Canada (a) Pare Caman Canada (a) Sanada (filma Sanada (a))		Longueur: 12 mm et: 3.3 mm Straumen Bone Level Resold(g) Ligr tatike 12.1 mm Public dimensione 12.2mm Référence: 021.2012 Référence: 02		Longueer: 12 mm et.4.1 mm Stratmarn Bone Level Roseld S Lor totale: 12.2 mn Prof. driver force 12 mm Reference: 021.4012 Phateforme: RC d II © DD III		Longueur: 12 mm et 4.8 mm Stournern Eron Level Rosold'g Lig statie 12.2 mm Prof. d'ruse for: 12.4 mm Reference: 021.6312 Hateforme: RC		Longueer: 14 mm et 3.3 mm Straumen Bone Lenel Kozoldg, Lay totale: 16.1 nm Prof. diraseton: 14 mm Référence: 021.2314 Filatforme: INC		Longueur: 14 mm et 4.1 mm Staumern Bonn Level Roooldg (sr totalo: 14.2 mm Prof. drawton: 15 mm Reference: 021.4314 Rateforme: RC		Longueen: 14 mm et 4.8 mm Straumann Done Level Rosolidy Ly tobler 14.2 mn Prof. dirostilan: 14 mm Reference: 021.5314 Postformer.RC & III © DD ©	
Standard Revolutile SLAID (28) Standard Revolutile SLAID (20)	Straumann » Bo	Stummin & Bore Level Rosold St.Achive& Guided											
Senders Saladie S.Leitel (2) Sonder Saladie S.Leitel (2) Sonder (Termer S.Leitel (2)) Sonder (Termer S.Leitel (2)) Tarent (2) Termer		Longseur: 8 mm e: 1.3 mm Straumen Bone I evol Rosolid@ Lyr Istole: 8.1 mm Prof. Grosether: 8 mm Reférence: 0.2013.2005 Pableferme: NC		Longuear: 8 mm ar 4.1 mm Strammon Bone (uvil fibresidd) (ur toide: 2.1 mn Prof. Strambort 8 mm Référence: 201-0000 Plateforme: RC		Longueur: 8 mm e: 4.8 mm Straumen Lori talde: 8.2 mm Frid, dissettor: 8 mm Rifference: 02.183302 Plateforme: RC		Longueur: 10 mm et 3.3 mm Steuman: Bone Level Rosold () Lar totale: 51 mm Pref. direce: 0.1.22100 Pateforme: NC		Longueur: 10 mm et 4.1 mm Braumern Bron Level Rocold (), Let bulke: 20.1 mm Prof. direction: 30 mm Reference: RC		Longueur: 10 mm er 4.8 mm Strauman Bere Level Roselid Lyr toleise 30.2 mm Prof. elivsertion: 30 mm Reférence: 63.45 100 Plateforme: RC	
Template Frantien Pin, G Lämm (3)		Longweur: 12 mm g: 3.3 mm Straumern Bone Level Rosold(8)		Longueur: 12 mm o: 4.1 mm Straumann Baon Level Roceld (S		Longseur: 12 mm e: 4.8 mm Straumann Eons Level Rocold ()							
traumann 🔹 🔒	Position de la dett	Parties secondaires (52)											
Filtration de la longueur (de / à)													
00 mm v 60.00 mm v Fitnation du diamètre (de / à) 30 mm v 9.00 mm v				18	17 16	в н в р ц <u>и</u>	22 23 24	1 3 8 7 8	Indéfini				
Afficher sexiement les favois Afficher les implants obsolites aplants définis par l'utilisateur:						00000		VWaa	2				
minimer tous les implants *													-
urope 🔹													-
										Notation dentaire utilisée:	i systeme de la P	a prederation Dentaire Interi	ationale/
Alde										Ajouter à 16 p	sostion actuelle	OK At	nuler

39

Sélectionner l'implant

- Sélectionner l'implant désiré: un Bone Level Tapered Roxolid SLActive Guided de longueur 10mm et diamètre 3,3mm pour la dent 15, de longueur 10mm et diamètre 4,1mm pour la dent 17 et pour la 26 une longueur de 10mm et un diamètre de 4,8mm.
- Sélectionner la dent en question dans le schéma dentaire en bas de la page.
- Cliquer sur « OK » en bas de la fenêtre.



Positionner l'implant

- Dans l'onglet « Positions de la dent » sur la gauche , sélectionner l'implant à modifier.
- Cliquer sur l'icône

Cette manipulation permet de bouger l'implant dans toutes les fenêtres.

- Maintenir clic gauche pour faire bouger l'implant.
- Maintenir clic droit pour l'incliner.
- Faire un clic droit sur l'implant et sélectionner « Supprimer » pour supprimer l'implant.



Modifier la taille de l'implant

La taille de l'implant peut être modifiée directement sur la page principal.

- Dans l'onglet « Positions de la dent » sur la gauche, sélectionner l'implant à modifier.
- Ouvrir « Position de la 16 ».
- Sélectionner une autre taille d'implant dans le nouvel onglet.

Postion de la	i dent 15 e secretaria - Decita		÷				
	Longueur: 1 at 3.3 mm	0 mm					
	Streumann Bone Level Ta Lgr totale: 10. Prof. d'Insertis Référence: 02 Plateforme: N	Streumann Bone Level Tapered Roxold® SL Lor Istale: 10.1 mm Prof. d'insertion: 10 mm Référence: 021.3350G Plateforme: NC					
		1					
Diamètre:		1 3 41.mm					
100000000		A LAN DALLAND					





Résultat attendu UNE $\Delta \Delta$ Sélection des douilles du guide chirurgical La septième étape. • Cliquer sur l'onglet à gauche « Positions de la dent », cet onglet va passer en bleu. ns de la de || L 10 ø 4.1 Straumann Bone Level Tap 0 🛞 🚆 Couronne Court **V ()** 16 Couronne E Courc С L 10 # 4.8 Stra L 10 # 4.8 mann Bone Level Ta Cou Co Cliquer sur l'icône « 7 » intitulée « Editer les douilles ». • 500 0 0 Editer les douille

Systèmes de douilles recommandés	straumann
Straumann Korea Guided Surgery	straumann
Ouvrir les systèmes de douilles	
3D Diagnostix Inc.	3D Diagnostix
bredent medical	bredent
C.Hafner	CHAFNER (6)
Gäßler Zahntechnik	Gäßler
Implant Solutions	implant Solutions
Meisinger	Heisinger)
steco system-technik	steco
Système général de douilles	
Système général de douilles	

Position des douilles du guide chirurgical

Dans les 2 différentes vues en haut à gauche, il faut positionner les douilles.

• Maintenir le clic gauche de la souris et déplacer les douilles afin de les positionner correctement. Elles doivent être positionnées en supra-gingivale (les douilles de chez Straumann existent en 3 tailles différentes).





• En maintenant avec le clic gauche de la souris sur le modèle, donner l'axe d'insertion du guide, puis cliquer sur « Suivant ».



Sélectionner une dent restante sur le schéma dentaire du bas de la fenêtre et cliquer sur cette même dent sur le modèle.
Répéter cette opération pour toutes les dents (ici la 18, de la 14 à la 25, la 27 et la 28).



Augmenter, à l'aide de la molette, la zone d'appui du guide en bleu afin d'arriver à un résultat similaire à l'image ci-dessous.
 Cliquer sur « Suivant » en bas à droite.



Conception du guide chirurgical

- Indiquer les valeurs de friction entre le guide et les appuis : décalage de 0,10 mm (par défaut).
- Indiquer les valeurs d'épaisseur du guide : 4,5mm (il faut au minimum une épaisseur de 4 mm).
- Cocher la case « Utiliser des gros connecteurs » puis cliquer sur « Suivant » en bas à droite.

Conceven le gande chinnigral Agoster l'épaisseur de parei du guide et son décalage par rapport aux surfaces de contact.	•
	Décalage: 0.00 mm
	Épuisseur de la panoi : 4.50 mm
***	Epaisseur du connecteur Dillise des gros connecteurs Cette option renforre la stabilité globale des parties reltes automatiquement sur le guide Stratigue.
	<retour surget=""> Annuler</retour>

- Cliquer sur l'icône « Ajouter des fenêtres de contrôle » sur la droite, de manière à contrôler l'enfoncement du guide sur les dents.
- Positionner la fenêtre en la déplaçant et l'agrandissant à souhait avec la molette.
 Pour en ajouter une seconde cliquer à nouveau sur « Ajouter des fenêtres de
- Pour en ajouter une seconde ciquer a nouveau sur « Ajouter des renetres de contrôle », puis la positionner.
- Répéter cette opération autant de fois que de fenêtres désirées.
- Cliquer sur « Suivant » en bas à droite.



Conception du guide chirurgical

Le logiciel permet de rajouter des indexations.

- Cliquer sur « Préréglages » en bas à gauche.
- Cliquer sur le nom du patient, sur la gauche.
- Déplacer ce nom sur le guide, en utilisant la souris.
- Cliquer sur « Graver les marqueurs de rotation ».
- Valider en cliquant sur le « V » dans la barre où se situe le nom.
- Cliquer sur « Suivant » en bas à droite.



- Cliquer sur « Appliquer » en bas à droite.
 Concevoir le guide chirurgical Concevoir le guide chirurgical Tradication
 - Expertation du guide thirurgical.

 Expertation du guide thirurgical

 Retour au commencement

 Retour au commencement

 Retour

Conception du guide chirurgical

- Le guide chirurgical s'incrémente sur le fichier STL et le DICOM.
- Faire clic droit sur le « Guide chirurgical 1 ».
- Sélectionner « Exportation ».







Le fichier peut être imprimé ou enregistré au format PDF via les raccourcis en haut de la fenêtre.







Guillaume Merregaert & Dr. Dehurteve

Tutoriel pour la conception d'un guide chirurgical en implantologie









• Définir la zone d'intérêt dans les 3 plans de l'espace à l'aide des curseurs jaunes comme ci-dessous.







- sélectionner « Maxillaire »;
- Cliquer sur « OK ».





Sélection de l'implant

Implant Pilier Tub	e de guidage	Broche		Aperçu
Personnalisation Sélectionner implant Implant personnalisé	Orientation	de l'implant	e le	
Affichage des implant : Blue Sky Bio	- Fully Guided	Surgical Kit		
	Implant	ourgrow rut		
Nom	Libellé	Diamètre apical	Diamètre occlusa	
BIO Conus 12 (Compatible with Astra T.	IDH3010	2.16 mm	3.00 mm	
BIO Internal Hex (Zimmer Tapered Scr	IDH3011	2.16 mm	3.00 mm	
BIO Max (Compatible with NobelActive.	IDH3013	2.16 mm	3.00 mm	
BIO Max Mini (Compatible with NobelA.				
BIO One Stage (Compatible with Strau				
Plateforme				
Nom				
3.00				
3.50		111		
				BIO Conus 12 (Compatible with Astra Tech Dental®)

Positionnement des wax-up

• Faire un clic gauche sur le modèle afin de positionner la future couronne.







Résultat final de la modélisation

Résultat final des couronnes modifiées.



• Cliquer sur « Suivant » en haut à droite.



Positionnement des implants

- Dans la fenêtre de droite, faire un clic gauche sur l'implant que vous désirez bouger. L'implant se colore en rose. Dans la vue de gauche l'implant bouge simultanément.
- Selon la vue sélectionnée, le cercle violet permet de faire une rotation de l'implant dans le sens antéro-postérieur ou vestibulo-buccal,.
- A droite, monter ou baisser le curseur bleu afin de modifier la vue radiologique.
- Renouveler l'opération pour tous les implants afin de les positionner correctement.



Une fois terminé, cliquer sur « Suivant » en haut à droite.

• Maintenir la touche Shift du clavier et clic gauche afin de positionner les points qui définissent les contours du guide chirurgical. Les points se relieront automatiquement afin de contourner le modèle.



• Faire un clic droit sur le modèle et sélectionner « Ajouter fenêtre ».



Conception du guide chirurgical

• Positionner un nombre suffisant de fenêtre de contrôle d'insertion.



• Cliquer sur « Suivant » en haut à gauche.



Attendre le chargement de la fabrication du guide chirurgical

Fabrication de guide chirurgical	
9%	
Cancel	

Conception du guide chirurgical *Voici le résultat final obtenu.*



Conception du guide chirurgical

• Une nouvelle fenêtre s'ouvre et permet d'enregistrer le fichier du guide chirurgical dans le dossier souhaité.



Attendre l'enregistrement.

Un PDF est généré avec les coupes, les images ainsi que le protocole chirurgical avec les forets et les cuillères à utiliser. Il peut être imprimé ou enregistré.

Une nouvelle page permet d'envoyer le fichier au laboratoire pour la fabrication du guide.

Enfin, une page internet s'ouvre afin de passer la commande de l'accastillage nécessaire à la réalisation de l'acte chirurgical.

Annexe 3 :







Annexe 4 :



Quels sont les points forts de ce TP ?

Quels sont les points faibles de ce TP ?

Avez-vous des suggestions pour améliorer ce TP ?

Merci de votre participation

۵.

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2021

Elaboration de supports pédagogiques pour la planification implantaire et la conception de guides chirurgicaux assistés par ordinateur en prothèses implanto-portées postérieures de moyennes étendues à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Lille (DentalWings[®], coDiagnostiX[®] de Straumann et BlueSkyPlan[®] de BlueSkybio[®]) / **Guillaume MERREGAERT**. - p. (96); ill. (20); réf. (47)

Domaines : Prothèse, implantologie

Mots clés Rameau :

Mots clés FMeSH :

Mots clés libres : CFAO, guide chirurgical, stéréolithographie

Résumé de la thèse :

La CFAO a permis le développement de la planification implantaire, depuis la CAO du projet prothétique jusqu'à la FAO du guide chirurgical. L'enseignement de cet outil associé à l'implantologie varie au sein des 16 facultés de chirurgie dentaire de France, tant au niveau de la formation initiale que continue.

Cette thèse a pour but l'élaboration de supports pédagogiques afin d'aider l'étudiant à concevoir une planification implantaire et un projet prothétique assistés par ordinateur. Ces tutoriels guident de la conception du *wax-up* au guide chirurgical en prothèse implanto-portée postérieure de moyenne étendue. Ces supports ont été élaborés à l'aide des logiciels coDiagnostiX[®] (Straumann[®]) et BlueSkyPlan[®] (BueSkyBio[®]) à partir de cas cliniques réalisés au sein du service d'Odontologie du CHU de Lille.

JURY :		
Président :	Monsieur le Professeur BEHIN Pascal	
Assesseurs :	Monsieur le Docteur BOSCHIN François	
	Monsieur le Docteur DENIS Corentin	
	Madame le Docteur DEHURTEVENT Marion	