

# THÈSE

pour le

**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

présentée et soutenue publiquement

par

**Vincent BARNOUIN**

*le 19 Juin 2018*

---

**INTERETS DU CEREC GUIDE 2 DANS  
L'IMPLANTOLOGIE NUMERIQUE UNITAIRE OU DE  
PETITE ETENDUE AU CABINET DENTAIRE**

*Directeurs de thèse : Messieurs Rémi ESCLASSAN et Karim NASR*

---

**JURY**

Président  
Assesseur  
Assesseur  
Assesseur

Professeur Michel SIXOU  
Docteur Rémi ESCLASSAN  
Docteur Karim NASR  
Docteur Bertrand CHAMPION



## Faculté de Chirurgie Dentaire

### → DIRECTION

#### DOYEN

Mr Philippe POMAR

#### ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONJOT

#### CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR  
Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN  
Mr Franck DIEMER

#### PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

#### RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Muriel VERDAGUER

### → HONORARIAT

#### DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE +  
Mr Jean-Philippe LODTER +  
Mr Gérard PALOUDIER  
Mr Michel SIXOU  
Mr Henri SOULET

### → ÉMÉRITAT

Mr Damien DURAN  
Mme Geneviève GRÉGOIRE  
Mr Gérard PALOUDIER

### → PERSONNEL ENSEIGNANT

## Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

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

#### ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr. VAYSSE  
Maîtres de Conférences : Mme NOIRRIT-ESCLASSAN, Mme VALERA, Mr. MARTY  
Assistants : Mme DARIES, Mme BROUTIN  
Adjoint d'Enseignement : Mr. DOMINE, Mme BROUTIN, Mme GUY-VERGER

#### ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL, Mr. ROTENBERG,  
Assistants : Mme YAN-VERGNES, Mme ARAGON  
Adjoint d'Enseignement : Mme DIVOL,

### 56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mr. HAMEL)

Professeurs d'Université : Mr. SIXOU, Mme NABET, Mr. HAMEL  
Maître de Conférences : Mr. VERGNES,  
Assistant: Mr. ROSENZWEIG,  
Adjoints d'Enseignement : Mr. DURAND, Mlle. BARON, Mr LAGARD

## Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

### 57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (Mr. COURTOIS)

#### PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mr. BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN  
Maître de Conférences Associée : Mme VINEL  
Assistants: Mr. RIMBERT, Mr. ANDUZE-ACHER  
Adjoints d'Enseignement : Mr. CALVO, Mr. LAFFORGUE, Mr. SANCIER, Mr. BARRE, Mme KADDECH

**CHIRURGIE ORALE**

Maîtres de Conférences : Mr. CAMPAN, Mr. COURTOIS, Mme COUSTY  
 Assistants : Mme COSTA-MENDES, Mr. BENAT  
 Assistante Associée : Mme GEORG,  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. FAUXPOINT, Mr. L'HOMME, Mme LABADIE, Mr. RAYNALDI,

**BIOLOGIE ORALE**

Professeur d'Université : Mr. KEMOUN  
 Maîtres de Conférences : Mr. POULET, Mr BLASCO-BAQUE  
 Assistants : Mr. LEMAITRE, Mr. TRIGALOU, Mme. TIMOFEEVA, Mr. MINTY  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. PUISSOCHET, Mr. FRANC, Mr BARRAGUE

**Section CNU 58 : Réhabilitation Orale****58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX** (Mr ARMAND)**DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE**

Professeur d'Université : Mr. DIEMER  
 Maîtres de Conférences : Mr. GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE  
 Assistants : Mr. BONIN, Mme. RAPP, Mr. MOURLAN, Mme PECQUEUR, Mr. DUCASSE, Mr FISSE  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. BALGUERIE, Mr. MALLET, Mme FOURNIER

**PROTHÈSES**

Professeurs d'Université : Mr. ARMAND, Mr. POMAR  
 Maîtres de Conférences : Mr. CHAMPION, Mr. ESCLASSAN, Mme VIGARIOS, Mr. DESTRUHAUT  
 Assistants : Mr. EMONET-DENAND, Mme. SELVA, Mr. LEMAGNER, Mr. HENNEQUIN, Mr. CHAMPION,  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. BOGHANIM, Mr. FLORENTIN, Mr. FOLCH, Mr. GALIBOURG, Mr. GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mr. POGEANT, Mr. GINESTE, Mr. LE GAC, Mr. GAYRARD,  
 Mr. COMBADAZOU, Mr. ARCAUTE, Mme DE BATAILLE,

**FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr. NASR, Mr. MONSARRAT  
 Assistants : Mr. CANCEILL, Mr. OSTROWSKI, Mr. DELRIEU  
 Adjoints d'Enseignement : Mr. AHMED, Mme MAGNE, Mr. VERGÉ, Mme BOUSQUET

-----  
 Mise à jour pour le 23 avril 2018

## REMERCIEMENTS

---

A mes parents : Ma mère Murielle, pour son soutien infaillible pendant toutes ces années, pour sa patience, son courage et son abnégation, je te dédie ce travail.

Mon père, Jean-Daniel, pour son soutien inébranlable, sa rigueur, sa détermination et son éducation droite, je te dédie ce travail.

A mon grand-père, Dr Camille-Pierre Ouryoux, tu m'auras insufflé la médecine, la persévérance et la patience, je te dédie ce travail.

A mes petits frères, Jean-Baptiste, Thomas, Jean-Sébastien et Julien, je vous souhaite toute la réussite possible.

Au Dr Loïc Disdier, dont je saurai que trop bien faire la biographie, et que je place à l'interface de la famille et des amis, merci.

Au Dr Cadel Jean-Clément, dont le partage des souvenirs est un plaisir sans fin, pour ta brillance et ta discrétion, merci, limoncello.

A Mathieu Fabre, mon ami d'enfance, tu es toujours là, même si la communication se fait plus rare

A mes amis et camarades de promotion, Guillaume, Clémence, Simon, Benjamin, Arnaud, Pierre et bien d'autres que je devrai nommer, merci d'avoir rendu ces années si exceptionnelles.

Aux amis que j'ai pu me faire dans les autres facultés de France, merci à tous (à Marseille en particulier)

A l'équipe : Thibaut, Charles-Henri et Charles

Et à Savannah, pour son implication dans ce travail et dans ma vie, merci.

*A notre Président du Jury,*

**Monsieur le Professeur Michel SIXOU**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Doyen honoraire de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),
- Ancien Vice-Président Délégué à l'Université Paul Sabatier,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

Vous nous avez fait l'honneur de siéger dans  
ce jury

et c'est avec la plus grande sympathie à votre  
égard

que nous vous en remercions

Veillez trouver ici l'expression de notre  
gratitude et de notre respect sincère

*Nous vous remercions pour vos enseignements  
durant ces années, pour votre bonne humeur et  
votre bienveillance à notre égard.*

*A notre Directeur de thèse,*

**Monsieur le Docteur Rémi ESCLASSAN**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Praticien qualifié en Médecine Bucco-Dentaire (MBD),
- Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie),
- D.E.A. d'Anthropobiologie
- Ancien Interne des Hôpitaux,
- Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et Pharmacie (L1),
- Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS – UMR5288 – CNRS°)
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

Vous nous avez fait l'honneur de diriger ce travail et c'est avec la plus grande affection que nous vous en remercions.

Nous vous exprimons nos plus profonds remerciements pour la direction de ce travail, vos enseignements durant ces années et les échanges toujours passionnants que nous avons partagés.

*A notre Directeur de thèse,*

**Monsieur le Docteur Karim NASR**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.
- Master1 mention Biotechnologie-Biostatistiques
- Master 2 Recherche en Science des Matériaux
- certificat d'Etudes Supérieures de technologie des matériaux employés en Art Dentaire
- Certificat d'Etudes Supérieures de prothèse Dentaire (Option prothèse Scellée)
- Responsable du domaine d'enseignement Imagerie et Numérique
- Responsable de l'Attestation d'Etudes Universitaires d'Imagerie Maxillo-Faciale (CBCT).
- Responsable du Diplôme Universitaire de CFAO en Odontologie
- Chargé de mission à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse

Vous nous avez fait l'honneur de diriger ce travail et c'est avec la plus grande affection que nous vous en remercions.

Nous vous exprimons nos plus profond remerciements pour la direction de ce travail, vos enseignements durant ces années et le échanges toujours passionnants que nous avons partagés.

*A notre jury,*

**Monsieur le Docteur Bertrand CHAMPION**

- Assistant Hospitalo-Universitaire à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Certificat d'Etudes Supérieures Prothèses fixées
- Certificat d'Etudes Supérieures Maxillo-Faciales

Vous nous avez fait l'honneur de siéger dans ce jury  
et c'est avec la plus grande sympathie à votre égard  
que nous vous en remercions  
Veuillez trouver ici l'expression de notre gratitude  
et de notre respect sincère

## **Sommaire**

### **Introduction**

13

### **Premier Chapitre\_Généralités sur la chaîne numérique implantaire**

I.	Intérêts et apports de l'Implantologie Assistée par Ordinateur (IAO) unitaire au cabinet .....	14
1.	Planification du plan de traitement.....	14
2.	Chirurgie guidée à l'aide d'un guide chirurgical.....	15
3.	Préparation d'une prothèse d'usage ou transitoire avant chirurgie.....	15
II.	Concept d'Integrated digital Workflow .....	16
III.	Evolution des guides chirurgicaux .....	17
IV.	Modèle économique comparatif, évolution des coûts des différents guides .....	18
V.	Présentation et indications du CEREC guide 2 .....	19

### **Second Chapitre\_Application du CEREC Guide 2, cheminement de l'examen orofacial à la chirurgie guidée**

I.	L'étude implantaire.....	21
1.	Examen clinique .....	21
2.	Acquisition ou empreinte numérique avec CEREC OmniCam .....	22
3.	Projet prothétique numérique .....	23
4.	Imagerie sectionnelle 3D .....	24
4.1.	Examens radiologiques .....	24
II.	Planification et chirurgie implantaire guidée par ordinateur avec CEREC Guide 2 .....	26
1.	Planification Implantaire et chirurgicale, réalisation du guide ; fonctions du logiciel .....	26
1.1.	Logiciel CEREC et GALAXIS/GALILEOS Implants (Sirona) .....	27
2.	Chirurgie guidée et mise en place des implants .....	37
2.1.	Planification par IAO.....	37
2.2.	Introduction à la chirurgie guidée à l'aide de l'IAO .....	39
2.3.	Fidélité de transmission des données (Integrated Digital Workflow) de chirurgie guidée 48	
3.	Empreinte optique sur implants ; transmission au laboratoire .....	52
3.1.	Vérification de l'ostéo-intégration.....	52
3.2.	Empreintes optiques classiques .....	52
3.3.	Réutilisation des empreintes faites lors de la chirurgie implantaire .....	53
3.4.	Méthode d'empreintes combinées.....	53
3.5.	Traitement des empreintes, au cabinet ou au laboratoire .....	54

**Troisième Chapitre\_Réalisation de la prothèse et limites du CEREC Guide 2**

I. Réception des fichiers.....	55
II. Conception prothétique digitale.....	55
III. Usinage.....	56
IV. Pose de la prothèse .....	56
V. Limites du CEREC Guide 2.....	57
<b>Conclusion</b>	<b>58</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>60</b>
<b>Table des illustrations</b>	<b>66</b>

## ***Introduction***

La substitution de l'humain par la machine dans l'exercice quotidien des tâches harassantes est un rêve que l'Homme a réalisé dans de nombreux domaines. L'industrialisation omniprésente de notre société est là pour le démontrer. A sa suite, la révolution de l'informatique contribue au surgissement d'un autre fantasme, remplacer l'Homme par l'androïde, le faillible par l'infailible exécutant ses tâches, froidement, et régulièrement, insensible aux aléas de l'humeur ou de la fatigue.

La chirurgie n'échappe pas à cette tendance et, dans certains cas, sa contribution est réelle. L'implantologie guidée et assistée par ordinateur depuis ses premiers pas, vit à présent une nouvelle révolution, parallèlement aux développements qui ont cours dans les sphères de l'industrie du prototyping et de la CFAO.

Le CEREC (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramic) Guide 2 fait donc logiquement suite au CEREC Guide de première génération dans lequel de nombreuses étapes de fabrication étaient dévolues au chirurgien-dentiste ou au praticien prothésiste, il s'agissait d'un thermoplastique moulé sur le modèle en plâtre de la denture du patient où toutes les contre-dépouilles anatomiques étaient comblées. Un corps de référence était alors inséré dans ce matériau thermoplastique. Cet ensemble est alors porté lors des examens radiologiques et de l'acquisition optique. Ceci permettait alors d'usiner un corps de guidage qui remplacerait le corps de référence lors de la chirurgie. Bien qu'étant une première percée dans le domaine de la chirurgie guidée réalisée entièrement au cabinet dentaire, celui présentait de trop nombreuses ruptures de la chaîne numérique implantaire (Integrated Digital Workflow), ruptures dévolues à l'intervention humaine plus susceptible à l'erreur.

Ainsi vient la seconde génération de CEREC Guide, entièrement réalisé numériquement, permettant ainsi de répondre aux critères de précision de l'implantologie guidée.

L'objectif de ce travail est de montrer l'apport du CEREC Guide 2 dans l'implantologie unitaire ou de petite étendue lors d'un traitement implantaire entièrement réalisé au cabinet, tant au niveau de la planification, de l'accessibilité, que de l'exécution, et démontrer bien qu'étant restrictif il peut apporter un réel gain de précision, malgré les contraintes qu'il puisse présenter.

## Premier Chapitre\_ Généralités sur la chaîne numérique implantaire

### I. Intérêts et apports de l'Implantologie Assistée par Ordinateur (IAO) unitaire au cabinet (49)

#### 1. Planification du plan de traitement

La plupart des logiciels radiologiques DICOM permet, simplement et immédiatement, avec ou sans guide, de visualiser les éléments anatomiques dont le foramen mentonnier, le nerf alvéolaire inférieur, le canal incisif... mais également estimer la cicatrisation de l'os après avulsion. D'autres fonctions vont pouvoir permettre d'évaluer les dimensions des zones édentées et ainsi donner une estimation des dimensions des implants à poser sur ces sites. De même, les logiciels renseignant sur la densité osseuse, la séquence de forage peut s'en trouver modifiée par un sous forage ou un taraud selon la situation. Cette simulation numérique permet de choisir dans une large banque de piliers et d'implants ainsi que leur angulation (1).

Auparavant et dans le cadre de l'usage d'un guide radiologique, le projet était confronté aux bases osseuses physiquement, et exigeait un double examen radiologique. Il pouvait en ressortir un compromis entre dentiste et prothésiste à propos de l'angulation des implants, voire une augmentation osseuse. Aujourd'hui, il est possible de se passer de toute empreintes physiques et le Wax-Up devient entièrement numérique, permettant au projet prothétique de guider entièrement la chirurgie. L'implantologie assistée par ordinateur (IAO) devient donc un moyen de communication entre le praticien et le prothésiste mais également avec le patient qui visualise à l'avance son projet prothétique numérique sur l'écran grâce au procédé d'empreinte optique.

L'objectif de la réalisation du plan de traitement assisté par CEREC Guide 2 serait de simplifier cette tâche au chirurgien-dentiste en apportant un aspect visuel à sa planification, de définir un projet implanto-prothétique idéal et se donner le moyens de s'en approcher.

L'objectif serait également d'améliorer la communication entre les différents intervenants tout en conservant tout du long le travail effectué ou planifié.

## 2. Chirurgie guidée à l'aide d'un guide chirurgical

Seconde indication de l'IAO, elle en constitue cependant la majorité des applications, le chirurgien-dentiste peut ainsi réaliser la pose guidée des implants dans la position de son choix à l'aide d'un guide chirurgical. Ce guide directif transforme fondamentalement le geste qu'il simplifie dès le départ, avant la chirurgie (2).

Si nous devons classer la pose implantaire par niveau de précision, nous commencerions par 1) la pose à main levée suivant l'axe des dents adjacentes, particulièrement soumis aux aléas anatomiques, de densité osseuse et d'expérience praticien. 2) Ensuite la pose toujours à main levée mais avec une planification via une série radiographique en 2 dimensions (type scanner) et utilisant des calques implantaires. 3) La visualisation et la planification implantaire tridimensionnelle via un examen radiographique CBCT ajoutent un autre niveau de précision. Les logiciels les plus récents permettent de naviguer tout autour de la zone à planter (ou de l'implant placé virtuellement) en assurant d'un environnement adéquat. La pose se fait toujours à main levée. 4) A l'heure actuelle, une planification implantaire tridimensionnelle avec la confection d'un guide chirurgical restrictif apporte le meilleur niveau de précision en chirurgie implantaire, ainsi qu'une facilité de mise en œuvre et une sécurité-opérateur et patient permettant à des débutants de poser leurs premiers implants dans des conditions sereines malgré l'encombrement qui est dévolu.

Ainsi malgré les restrictions et les contraintes qu'engagent un guide chirurgical, le gain en précision et en sécurité opérateur qu'offre un guide chirurgical, soit-il pour un cas unitaire, est un réel apport quant à la précision de forage et à l'ouverture des indications vis-à-vis des chirurgies sans lambeaux, comme nous le détaillerons plus loin.

## 3. Préparation d'une prothèse d'usage ou transitoire avant chirurgie

Troisième indication de l'IAO, elle bouleverse totalement les bases de la chronologie implantaire classique et autorise ainsi la fabrication de provisoires implanto-portées avant toute phase invasive et évite de transiter par une prise d'empreintes post-chirurgicales. Ceci n'est envisageable uniquement si la pose des implants est précise et le transfert des informations chirurgical suffisamment fidèle, soit via une chirurgie totalement guidée. La conception de pièces tolérant une certaine divergence par rapport au projet initial a cependant été nécessaire (3, 49).

Il sera ainsi possible de réaliser en amont de la chirurgie des prothèses transitoires ou plus simplement des coiffes de cicatrisations anatomiquement sur-mesure.

## **II. Concept d'Integrated digital Workflow (58,61)**

Du fait de l'évolution des acquisitions optiques (caméras optiques intra-orales) et radiographiques volumiques (Cone beam CT), il est désormais envisageable d'exécuter un traitement implantaire simple protocolisé en 3 à 4 rendez-vous en se passant de toutes empreintes matérielles traditionnelles.

L'Integrated Digital Workflow désigne ainsi les flux digitaux d'information que regroupe l'implantologie assistée par ordinateur et comprend donc : l'empreinte assistée par ordinateur (empreinte optique), le CBCT et la conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO).

Il est désormais possible de se passer de la réalisation d'un guide radiologique grâce à ce concept d'Integrated digital Workflow. Ainsi le projet prothétique numérique ainsi que l'enveloppe des tissus mous acquise par la caméra intra-orale sont associés par concaténation aux bases osseuses du patient dont l'anatomie a été déterminée par des examens radiologiques 3D.

L'usage d'un guide radiologique peut d'ailleurs être une source d'erreurs considérable, notamment du fait de sa manipulation ou du fait de son obligation de port par le patient lors des examens radiologiques. Une erreur à ce stade précoce de la chaîne numérique implantaire peut avoir des retentissements sur tous les maillons suivants.

De fait, la simulation implantaire est réalisée sur une simulation prothétique plus proche de la réalité, permettant ainsi un gain de précision supplémentaire par rapport à une simulation prothétique réalisée sur un guide radiologique.

### III. Evolution des guides chirurgicaux

L'évolution des guides chirurgicaux a suivi la révolution du prototyping et de la puissance informatique, en passant de la stéréolithographie à l'impression 3D, tout en exploitant l'évolution des outils de simulation et de conception, à savoir les logiciels.

La première génération de guides a bénéficié du procédé de fabrication par stéréolithographie, dans lequel un rayon laser guidé par un programme informatique polymérise couche par couche une résine liquide. Compte tenu des évolutions de l'époque, elle nécessitait cependant la préparation au laboratoire d'un guide radiologique radio-opaque que le patient devait porter en bouche lors de l'examen tomодensitométrique. Une mauvaise adaptation du guide radiologique lors de l'examen radiologique faussait la simulation postérieure. Le guide chirurgical en résine produit par stéréolithographie était massif et l'irrigation n'arrivait pas directement au site de forage (15,16).

La seconde génération (toujours pas stéréolithographie) capitalisait sur les capacités informatiques de la superposition de deux items. Cela permettait de faire une simulation à partir d'un projet prothétique réel, scanné sur son modèle par un scanner laser, et de la superposer sur les bases squelettiques. Cette superposition du projet prothétique et du squelette de patient permettait d'améliorer la pertinence de la planification du forage guidé. Dans un effort de redonner la main au chirurgien, il fut envisagé de limiter la chirurgie guidée au passage des premiers forêts (18,19).

La troisième génération voit le jour avec la diffusion de l'impression 3D et l'usinage soustractif de blocs ou disques de plexiglas. Ces nouveaux procédés permettent des formes radicalement différentes, moins massives, voire ajourées, avec un accès de l'irrigation au lieu de forage plus direct. La stabilisation est également modifiée, passant d'un appui aux éléments périphériques à des appuis plus petits et démultipliés. La stabilisation étant améliorée, la précision de forage l'est également (61).

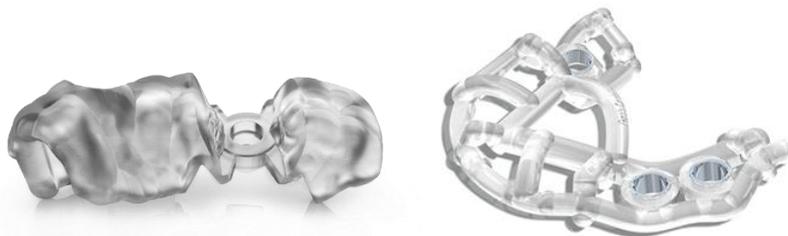


Figure 1 : guide issu d'un bloc PMMA (à gauche) et impression 3D (à droite)

#### **IV. Modèle économique comparatif, évolution des coûts des différents guides**

Les premiers guides chirurgicaux fabriqués par stéréolithographie présentait un cout de production de 200 euros auxquels il fallait ajouter le prix des gaines (environ 90 euros les quatre). Selon la complexité (et le nombre de puits) le prix pouvait grimper au delà des 800 euros.

Les guides usinés au sein de centre d'usinage propriétés des industriels fabricants implantaires n'ont pas fait baisser leur prix d'achat (de 350 à 700 euros). Si l'usinage est délégué à un laboratoire de prothèse dentaire, les guides usinés (CEREC Guide 2 par exemple) avoisinent les 300 euros selon le laboratoire et la complexité du guide, devenant plus abordables, mais encore réservés à des cas particuliers. A ce prix il convient souvent d'ajouter le prix des douilles (25 euros par douille).

Au cabinet dentaire, seuls les guides avec un puits de forage peuvent être usinés au sein du système CEREC. Le CEREC Guide 2 ne peut être conçu qu'au sein d'une chaîne numérique Dentsply Sirona (CBCT, CEREC et MCX/MCXL). Si l'investissement matériel de départ ne peut être ignoré, il faut voir la possibilité d'usiner des guides comme une possibilité supplémentaire offerte par le système CEREC au départ dévolu à la fabrication de prothèses. Le bloc de Plexiglas de PMMA à usiner coûte une soixantaine d'euros à l'achat permettant des guides enfin accessibles. A cela il faut ajouter la ou les cuillères métalliques nécessaires à la chirurgie (stérilisables).

L'avenir semble se tourner maintenant vers les guides imprimés en 3D, avec des imprimantes précises et abordables variant de 2500 à 5000 euros (FormLabs ou RapidShape). Si les résines ne se valent pas toutes et qu'il faut faire attention à la rigidité de ces guides il n'en demeure pas moins que ces machines permettent d'éditer des guides à un ou plusieurs futs pour un coût matière d'environ 10-15 euros (90-100 euros au laboratoire de prothèse). Les guides « multiimplants » deviennent à leur tour accessibles en routine.

## V. Présentation et indications du CEREC guide 2 (58,64)

Le CEREC guide 2 conçoit des guides chirurgicaux à appui dentaire, issus d'une conception numérique (CAO) via deux acquisitions : l'empreinte numérique d'une part sur laquelle le projet prothétique directif (Wax-up) sera conceptualisé, et la radiographie tridimensionnelle (CBCT) d'autre part, sur laquelle le projet implantaire sera inclus. Les deux acquisitions sont alors superposées l'une à l'autre par concaténation (procédé de « matching » en plusieurs points communs de reconnaissance).

Un CEREC Guide 2 doit toujours être porté par la dentition restante. Un support uniquement assuré par une muqueuse n'est pas possible. Les usineuses 4 axes que l'on peut retrouver le plus communément dans un cabinet dentaire (unité d'usinage MCX ou MCXL) permettent la réalisation de guides comprenant un seul canon de guidage, ainsi si plusieurs implants sont à poser, et qu'il y a une volonté du chirurgien de réaliser les guides au cabinet, plusieurs guides sont à prévoir.



Figure 2 : Usineuses MCX et MCXL (Dentsply Sirona) de cabinet

Dans le cas où, il y a une volonté de mettre tous ou plusieurs canons sur un même guide, sa réalisation devra se faire via une usineuse 5 axes (unité d'usinage MCX5) retrouvées plus généralement dans les laboratoires de prothèses.



Figure 3 : Usineuse MCX5 de laboratoire (Dentsply Sirona)

Le CEREC Guide 2 n'est pas une solution entièrement automatisée. Il n'est pas comparable à un guide chirurgical réalisé par un organisme de fabrication centralisé sur la base des données de planification (64).

Ainsi, ce type de guide réalisé par CFAO trouve la plupart de ses indications dans les édentements encastrés, où le guide pourra trouver un appui dentaire simple et reproductible. Dans le cas d'édentements terminaux, l'expérience de l'opérateur sera déterminante du fait de la résilience de la muqueuse. Même si l'usage d'un guide simplifie considérablement le geste chirurgical, il n'est pas exempt d'une courbe d'apprentissage et de progression développée plus loin.

### **A retenir:**

*-Malgré le temps supplémentaire passé lors de la planification, le CEREC Guide 2 est un réel gain de temps et de précision pour le chirurgien-dentiste lors de la chirurgie guidée. La communication entre les différents acteurs (patient et prothésiste) s'en trouve également améliorée.*

*-Le geste chirurgical s'en trouve relativement simplifié du fait d'un guide directif, et la sécurité opérateur n'en sera qu'augmentée. Cependant, l'encombrement dans les secteurs postérieurs qu'engendre le guide peut représenter une limite à celui-ci. De même, dans le cas d'édentements terminaux, la déformation élastique du guide peut entraîner des erreurs, voire la rupture du guide en cas de pression trop élevée.*

*-La possibilité de fabriquer les prothèses provisoires (voire définitives) en amont de la chirurgie. Ces pièces devront cependant pouvoir accepter une certaine marge d'erreurs.*

*-L'integrated Digital Workflow ou Flux de Travail Numérique en Implantologie Assistée par Ordinateur représente toute la planification, le fil conducteur de la chirurgie guidée, moins ce flux est rompu au cours des différentes étapes (délégué à l'intervention humaine), plus la précision est élevée.*

*-L'évolution des guides chirurgicaux est constante depuis les modèles stéréolithographiques jusqu'aux imprimés 3D ajourés au maximum en passant par les guides usinés, ceux qui nous intéressent dans ce travail sur le CEREC Guide2.*

*-L'évolution des coûts également qui permettent de démocratiser de plus en plus l'usage des guides chirurgicaux fabriqués au cabinet dentaire.*

*-Les indications du CEREC Guide 2 sont encore assez limitées car ce sont des guides à appui dentaire, il faut donc des dents restantes. Pour des guides entièrement réalisés au cabinet, il faudra en produire plusieurs, un pour chaque implant.*

## Second Chapitre \_ Application du CEREC Guide 2, cheminement de l'examen oro-facial à la chirurgie guidée

### I. L'étude implantaire

#### 1. Examen clinique

En soi, la finalité de l'implantologie assistée par ordinateur reste la même que celle de l'implantologie traditionnelle, à savoir remplacer des dents manquantes par des substituts prothétiques montés sur des racines artificielles. Seules la technique et la chronologie sont modifiées.

De fait, l'examen clinique ne s'en trouve que très peu modifié, il s'agit de déterminer si le patient et son environnement bucco-dentaire répondent aux impératifs requis de l'implantologie de manière générale.

Ainsi plusieurs facteurs seront évalués, à l'instar d'un examen clinique conventionnel en implantologie, afin de déterminer la séquence thérapeutique tels que les risques systémiques, le biotype parodontal... Ceux-ci ayant été résumés dans une grille d'évaluation clinique (figure 4), l'évaluation de ces facteurs nous orientera dans un tableau décisionnel thérapeutique (61). Il est possible de résumer l'examen clinique en 10 points avec chacun 3 degrés de difficulté (figure 4).

<p><b>1 Risque systémique</b></p> <p>● inexistant    ● modéré    ● élevé</p>	<p><b>6 Diagnostic infectieux</b></p> <p>● non    ● chronique    ● aigu</p>
<p><b>2 Ligne du sourire</b></p> <p>● basse    ● moyenne    ● haute</p>	<p><b>7 Epaisseur vestibulaire</b></p> <p>● &gt; 2 mm    ● 1-2 mm    ● &lt; 1 mm</p>
<p><b>3 Biotype</b></p> <p>● épais    ● intermédiaire    ● fin</p>	<p><b>8 Lyse verticale de la table vest.</b></p> <p>● &lt; 3 mm    ● 3-5 mm    ● &gt; 5 mm</p>
<p><b>4 Demande esthétique</b></p> <p>● faible    ● modérée    ● élevée</p>	<p><b>9 PES initial</b> ● 7-10    ● 4-6    ● &lt; 4</p> <p><b>WES initial</b> ● 7-10    ● 4-6    ● &lt; 4</p>
<p><b>5 Etiologie de l'extraction</b></p> <p>● agénésie biomécanique fracture    ● endo.    ● paro.</p>	<p><b>10 Type de temporisation</b></p> <p>● fixe implant-portée    ● bridge collé    ● amovible ou sans</p>

Figure 4 : Grille d'évaluation clinique (selon Implantologie de M.Davarpanah)

Parmi ces différents facteurs aucun n'affecte l'usage d'un CEREC guide 2.

Il permet d'étendre les indications à certains patients à risques systémiques, permettant d'implanter sur une crête relativement fine, en réalisant une chirurgie sans lambeaux, diminuant ainsi les suites opératoires de la cicatrisation muqueuse.

Etant d'appui dentaire, le biotype parodontal n'affecte en rien l'usage d'un CEREC Guide 2, l'immobilité dentaire étant le seul impératif. Il conviendra donc surtout de vérifier, en particulier dans le cas d'infections, la mobilité des dents adjacentes au site à implanter

L'épaisseur de la table vestibulaire va conditionner la levée ou non dans lambeau. En effet, si une intervention au niveau des tissus durs doit être prévue, l'usage d'un guide chirurgical est soumis à la reproductibilité de son repositionnement, car celui-ci sera retiré à plusieurs reprises à des fins de contrôle ou d'intervention post-implantation.

## 2. Acquisition ou empreinte numérique avec CEREC OmniCam (58,64)

Pour compléter le plan de traitement et dans le but de conceptualiser le projet numérique prothétique qui diligentera l'ensemble du plan de traitement, une acquisition numérique des arcades à restaurer, ainsi que de l'arcade antagoniste et de celles-ci en occlusion sera effectué. Aucun doute ne doit planer quant à la qualité de l'acquisition de l'arcade à restaurer, celle-ci servira de référence de travail.



**Figure 5 : Acquisition numérique comprenant les projets prothétiques (CEREC Dentsply Sirona)**

Il s'agit d'une étape rapide, de l'ordre de 5 minutes permettant une acquisition en couleur. L'évolution des caméras intra-buccales, ici CEREC OmniCam, autorisent aujourd'hui des captures de clichés en continu, rapides, dites « à la volée ». Le logiciel aide également le praticien dans sa prise d'empreinte numérique via un fléchage coloré.

Une restauration est ensuite créée afin de permettre la planification ultérieure de l'implant selon des aspects prothétiques.

Ces informations sont exportées sous forme de fichier .SSI (64).

Contrairement à une prise d'empreinte classique, dans un protocole implantaire non assisté par ordinateur, ces empreintes ne subissent pas les effets des variations physico-chimiques qui pourraient s'y appliquer (température, humidité) sans parler de la conservabilité dans le temps.

### 3. Projet prothétique numérique (58, 62, 64)

Les futures restaurations seront ensuite virtuellement réalisées via le logiciel de conception assistée par ordinateur CEREC SW4.5, une sorte de wax-up virtuel.

Cette conception virtuelle pourra être alors présentée au patient, et aider à la communication et l'acceptation du plan de traitement. Le projet pourra être modifié à souhait, la gestion des tissus mous pourra avoir une explication plus limpide... le patient devient alors encore plus acteur de son plan de traitement, facilitant le consentement par une validation directe du projet avec celui-ci.



**Figure 6 : Conception prothétique digitale (CEREC Dentsply Sirona)**

Contrairement à un Wax-up physique réalisé en cire, la conception prothétique digitale permet d'établir les zones de manque de matériaux, par exemple dans une zone trop fine, l'étendue d'un point de contact entre dents adjacentes ou en occlusion. De plus le logiciel CEREC propose des suggestions automatiques d'anatomie dentaire ou de reproduire en miroir la dent controlatérale, si celle-ci existe, permettant de présenter le jour même une ébauche de prothèse au patient et permettant de gagner un temps non négligeable lors de la conception.

## 4. Imagerie sectionnelle 3D

### 4.1. Examens radiologiques (6–9,11–14,52)

#### 4.1.1. Scanner

On distinguera trois types d'imagerie scanner, à commencer par le scanner conventionnel à acquisition incrémentale, aujourd'hui devenu obsolète ne serait-ce que par son temps d'acquisition (jusqu'à 5 minutes par coupes). Viendra ensuite l'acquisition hélicoïdale, le patient en décubitus dorsal sur un lit qui se déplace horizontalement, tandis que le tube effectue des rotations autour de la tête en opposition avec des capteurs à rendement élevés disposés en arc de cercle, le temps d'acquisition est d'environ une seconde par coupe. Plus abouti, vient le scanner multi barrettes, d'acquisition extrêmement rapide, plusieurs rangées de capteurs font face au tube à rayons X, permettant une plus grande couverture anatomique et une diminution des artefacts dus au mouvement. Une rotation de tube dure une seconde (49).



Figure 7 : Scanner hospitalier et un exemple de rendu sous forme de planches(6)

#### 4.1.2. Cône Beam Computed Tomography (CBCT)

La tomographie volumique numérisée à faisceau conique est la dernière-née des examens d'imagerie sectionnelle accessible aux cabinets dentaires (de par le coût et l'espace occupé). Le faisceau incident de rayons X est en forme de cône, son rayon directeur dirigé vers la zone d'intérêt. A l'opposé de la source, le récepteur, les deux tournant simultanément, réalisant un tour complet. L'acquisition de multiples projections 2D est ensuite numérisée par l'ordinateur qui reconstruit ainsi un volume.



Figure 8 : un appareil de radiographie 3D, vue schématique du faisceau conique(11)

Pour conclure sur l'imagerie en implantologie, le CBCT a pris la place de Gold Standard devant le scanner, étant moins sensible aux structures métalliques pouvant être présentes, d'une résolution spatiale et de qualité indiscutablement supérieures et aux caractères irradiants rentrant dans les normes HAS et européennes.

Dans le cadre de l'utilisation du CEREC guide 2, et avec l'usage du module logiciel associé, le Wax-up numérique pourra être confronté aux bases osseuses obtenues par CBCT (58).

L'examen radiologique doit, dans la mesure du possible, être réalisé après la Conception Assistée par Ordinateur, il en va de la règle de justification des doses. C'est également au terme de cet examen, une fois les éléments cliniques réunis, que le consentement sera élaboré, mentionnant les bénéfices/risques, puis signé (58).

## II. Planification et chirurgie implantaire guidée par ordinateur avec CEREC Guide 2

Le scan optique (importation du fichier .SSI) et l'examen CBCT sont superposés par concaténation, procédé de « matching » utilisant la reconnaissance de plusieurs points communs aux deux acquisitions au niveau de la denture restante. La planification de l'implant est réalisée à partir de toutes ces informations. La position des canons de guidage des forets est également définie par rapport à la denture restante (ou à d'autres structures d'appui).

Les données de planification sont exportées à destination du logiciel CEREC (SW ou Inlab) sous forme de fichier \*.CMG.DXD (64).

### 1. Planification Implantaire et chirurgicale, réalisation du guide ; fonctions du logiciel

Le projet prothétique est alors importé dans le logiciel IAO et soumis aux bases osseuses acquises par tomographie. La superposition des deux volumes est d'autant plus facile qu'il ne reste de dents, celles-ci servant de repère. On retrouve donc sur une même simulation :

-Le volume osseux disponible, sa densité, les structures anatomiques à éviter, les dents restantes obtenus grâce à la tomographie.

-Le volume des tissus mous par l'empreinte optique.

-Le projet prothétique défini par CAO (59).

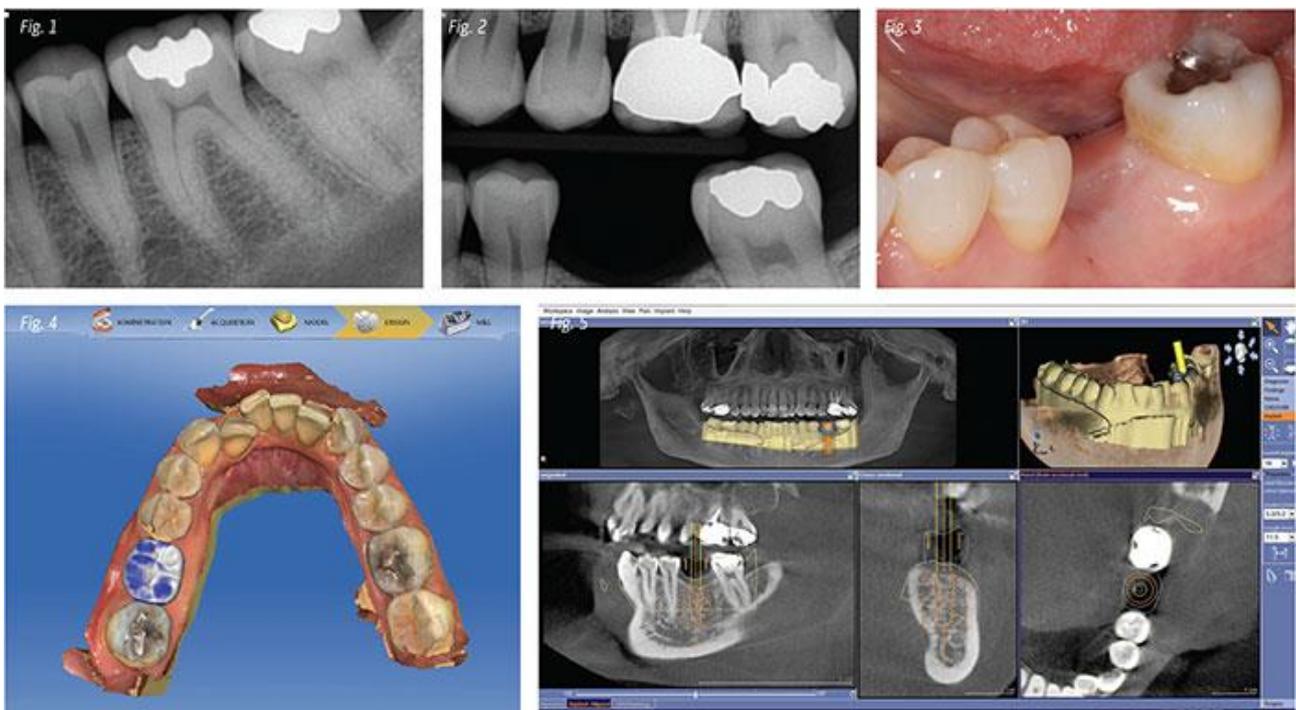


Figure 9 : Exemple de planification implantaire par CEREC guide 2 GALILEOS (CEREC DentsplySirona)

## 1.1. Logiciel CEREC et GALAXIS/GALILEOS Implants (Sirona)

La configuration requise pour la création de l'empreinte optique et pour la conception et l'exportation d'une proposition prothétique est la suivante (écosystème Dentsply Sirona):

- CEREC SW 4.3.1 ou inLab SW 15.0 avec module d'implant
- Uniquement CEREC : Licence Open GALILEOS Implant Pour la création d'un volume de radiographie 3D et pour la planification d'implants :
- GALILEOS, ORTHOPHOS XG 3D ou ORTHOPHOS SL 3D ● Sidexis XG ou Sidexis 4
- Galaxis 1.9.2
- Logiciel de planification d'implants « GALILEOS Implant », V1.9.2 Pour la réalisation du CEREC Guide 2 :
- CEREC SW 4.4 ou inLab SW 15.0 avec module d'implant
- Uniquement CEREC : Licence Open GALILEOS Implant

### 1.1.1. Fonctions de planification du plan de traitement

Principalement destinées à la simulation 3D, les fonctions de planification permettent de superposer les implants aux bases osseuses détectées par radiographie. Les implants pourront être déplacés dans tous les sens de l'espace afin de vérifier leur incidence dans chaque mouvement.

Il sera alors possible de choisir un implant de diamètre et de longueur en accord avec le volume osseux disponible dans une bibliothèque où la majeure partie des systèmes implantaires est représentée. Dans le système implantaire considéré, il est possible de choisir parmi les piliers prothétiques disponibles afin d'apprécier leur incidence sur la construction prothétique (28, 33, 36, 37).

### 1.1.1.1. Reconnaissance sur le site d'intervention chirurgicale

#### 1.1.1.1.1. Survol dynamique de tous les plans de l'espace

Avec un scanner ou un Cône Beam, entre 100 et 500 plans sont reconstruits en volume 3D par le logiciel offrant une vue panoramique, axiale, sagittale et une reconstruction 3D en relief.

Il est possible de faire défiler les plans panoramiques d'avant en arrière, en oblique le long de l'arcade dentaire selon un axe mesio-distal et dans un plan axial depuis l'apex implantaire jusqu'au sommet de la crête, voire la couronne. Cette navigation permet de vérifier que l'implant est situé dans l'enveloppe osseuse quel que soit le plan de coupe ainsi que les rapports de ces derniers entre eux ou avec les structures adjacentes.

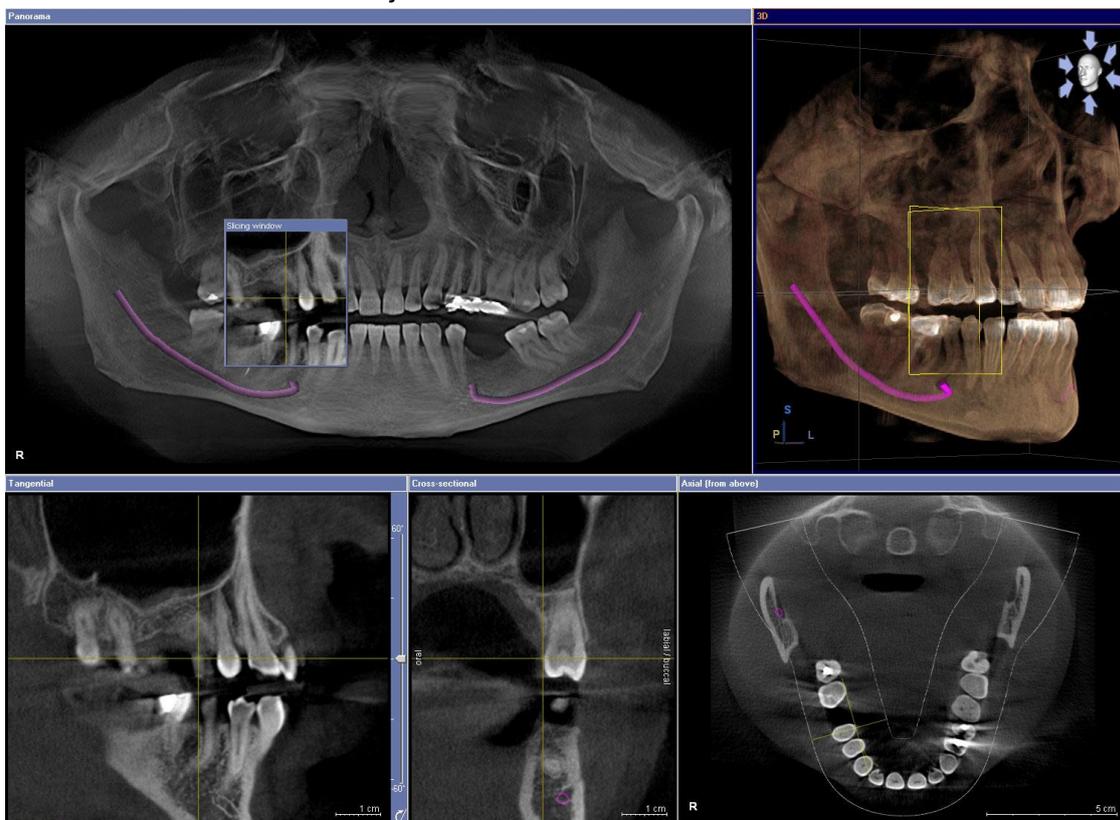


Figure 10 : Reconnaissance de la topographie tissulaire sur GALILEOS (Dentsply Sirona)

### 1.1.1.1.2. Visualisation du volume osseux disponible

Il faut également repérer les obstacles anatomiques, le premier, à la mandibule est le nerf alvéolaire inférieur dont il faut caractériser le tracé sur chaque plan de coupe (panoramique, sagittale et axiale) ainsi que l'émergence au foramen mentonnier (où il peut présenter une boucle antérieure). Ce repérage va conditionner en grande partie le choix de la longueur implantaire tout en maintenant une marge de sécurité (2mm). Une étape primordiale aisément prise en charge par les logiciels. Quel que soit le point osseux, longueurs et largeurs sont mieux visualisable avec un logiciel de reconstitution 3D, les plans en 2D ne permettant qu'une estimation partielle (28, 33, 36, 37).

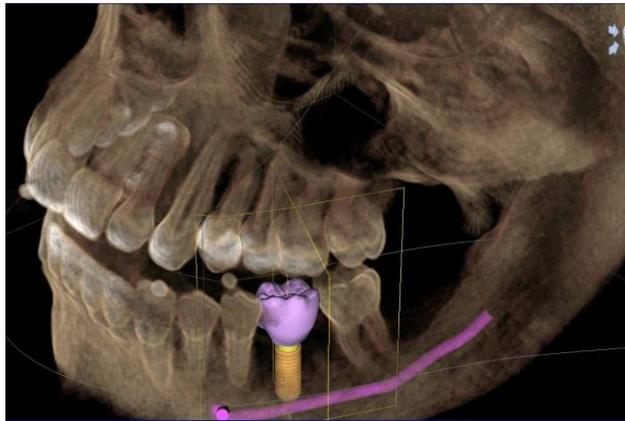


Figure 11 : Détermination du nerf alvéolaire inférieur pour implant 36 (Dentsply Sirona)

### 1.1.1.1.3. Simulation d'une pose d'implant (49)

- Position de l'implant : grâce au Wax-pu numérique qui dirige entièrement le projet prothétique, la pose dans les trois dimensions de l'espace est facilitée.

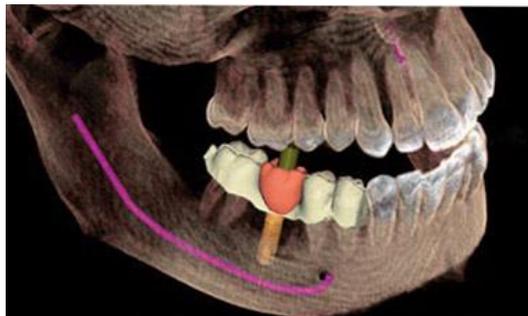


Figure 12 : Implant angulé selon le projet prothétique et le trajet du nerf mandibulaire (Dentsply Sirona)

- Choix du diamètre adéquat : le logiciel permet également de déterminer un diamètre d'implant compatible avec les volumes osseux disponibles, ceci afin d'éviter toute fenestrations.

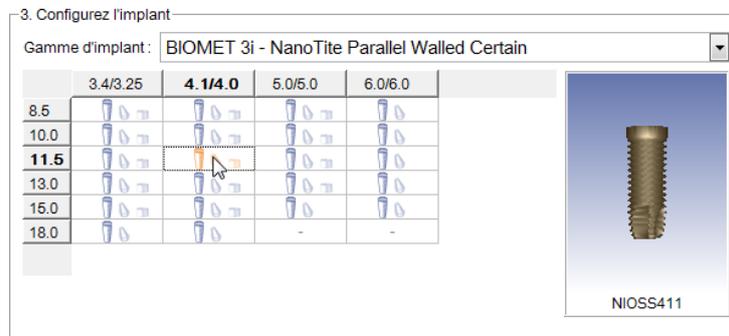


Figure 13 : Fenêtre de dialogue permettant le choix de l'implant sur GALILEOS (Dentsply Sirona)

- Augmentation osseuse : grâce à la visualisation en trois dimensions, il est possible pour le praticien de voir à l'avance si une greffe osseuse sera nécessaire. Bien qu'une certaine confiance envers le logiciel de reconstruction doit être accordée, celui-ci est capable de pointer les sites où la pose d'un implant est susceptible de créer une fenestration, et, par extension, privilégier la levée d'un lambeau pour effectuer une augmentation osseuse latérale.

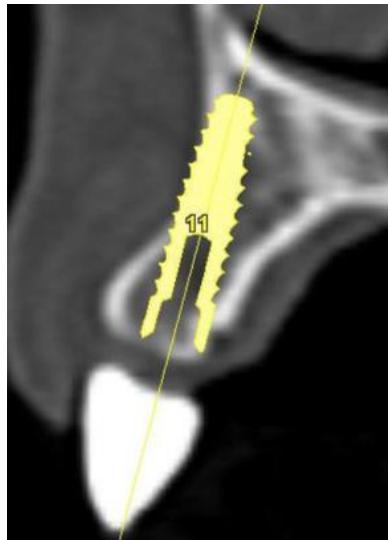


Figure 14 : Prévision d'une fenestration pour augmentation latérale (Dentsply Sirona)

- Choix des piliers : les logiciels permettent de choisir le pilier le mieux adapté selon une banque, mais également d'en construire un sur mesure dit pilier personnalisé.

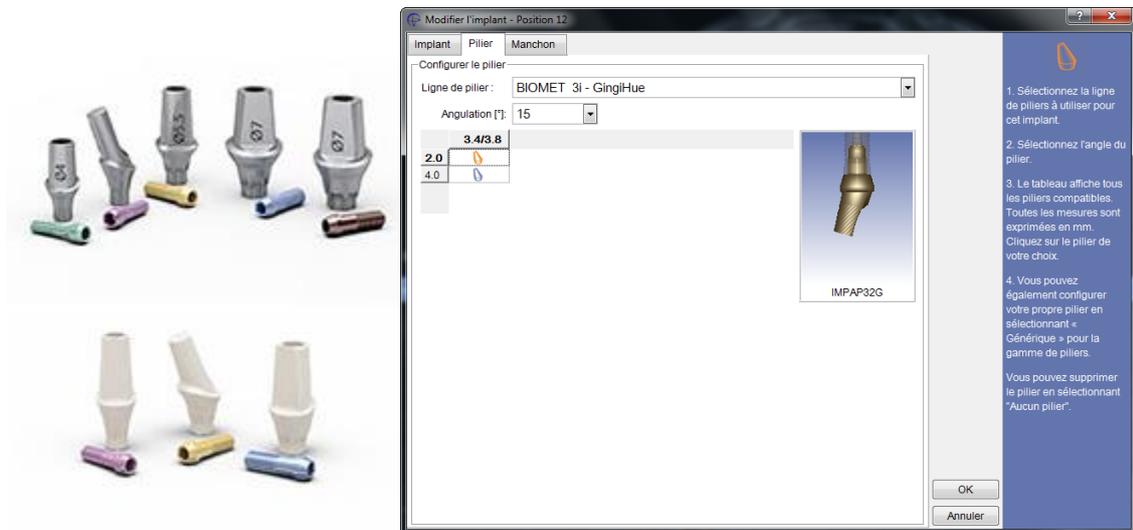


Figure 15 : Fenêtre de dialogue permettant le choix du pilier sur Galileos (Dentsply Sirona)

- Orientation des implants et des piliers correspondants : le logiciel permet également de simuler une orientation différentielle des implants, par exemple dans le cas d'une crête fine avec une résorption avancée, une proximité avec le canal mandibulaire... Cette angulation peut être limitée, mais décisive dans la marge de manœuvre du plan de traitement (30,68).

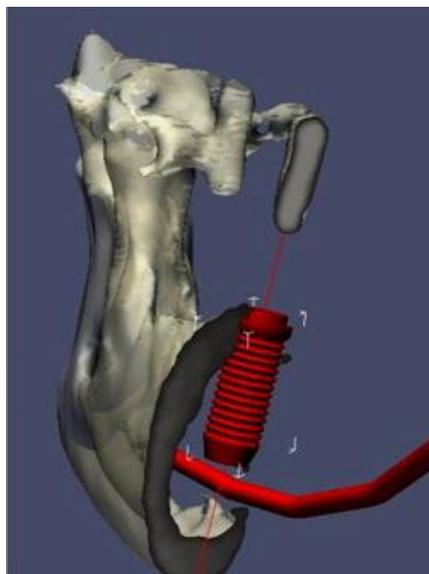
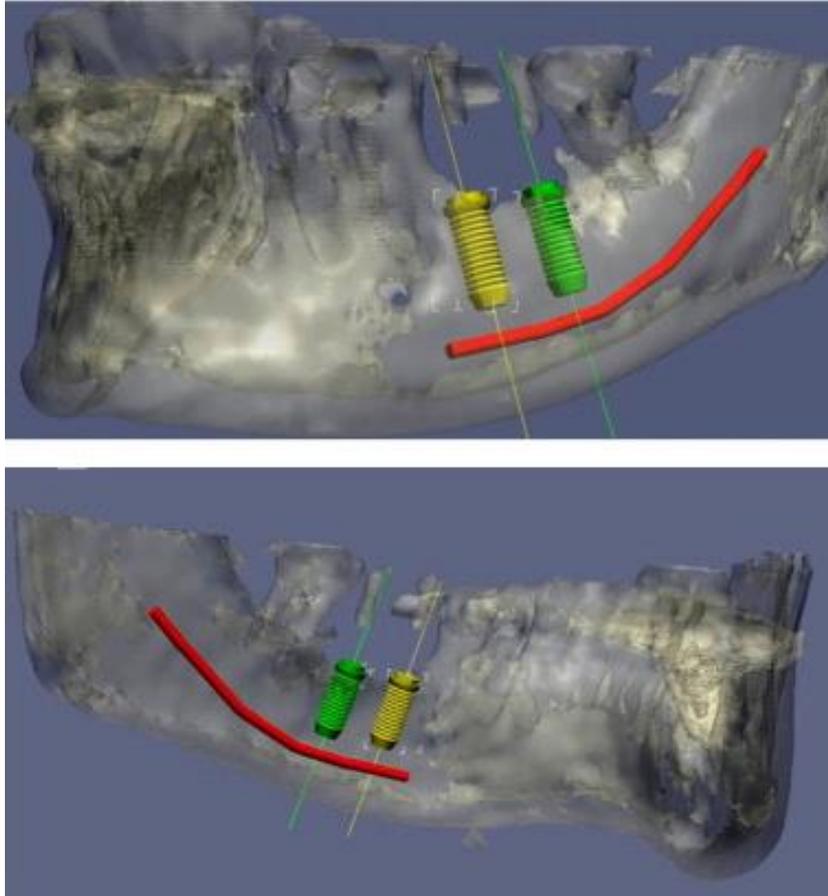


Figure 16 : Simulation trop proche du nerf alvéolaire inférieur (7)

- Mise en évidence de la divergence des axes implantaires : l'informatique 3D, couplée à la radiographie permet de vérifier le parallélisme des axes implantaires selon les conditions de volume osseux disponible.



**Figure 17 : Simulation mettant en évidence le parallélisme implantaire ainsi que les rapports avec le nerf mandibulaire (7)**

- Extraction numérique et pose d'un implant : une implantation immédiate et souvent prescrite un afin de préserver le capital osseux autour d'une dent à extraire. Lors de la planification du cas, la dent est encore sur l'arcade, il est alors possible de procéder à une simulation numérique et à la pose d'un l'implant dans l'alvéole d'extraction. La dent détermine alors l'enveloppe prothétique. Dans un site post-extractionnel, l'axe de l'implant est décalé en palatin d'environ cinq degrés. La simulation de la pose de l'implant se fera aisément sur une coupe oblique, centrée sur la dent à extraire (27, 34, 35).



**Figure 18 : Superposition numérique en vue d'extraction (9)**

#### 1.1.1.1.4. Anticipation des structures anatomiques par la simulation

##### 1.1.1.1.4.1. Effraction du canal mandibulaire

Le logiciel et son application à la simulation 3D sont un grand intérêt quand il faut précisément évaluer les distances entre les implants et les obstacles anatomiques.

Par exemple quand la hauteur osseuse disponibles sur la partie postérieure de la mandibule est faible, chaque millimètre devra être utilisé.

Sur une radiographie panoramique, la distance entre l'implant et le canal dentaire peut-être sous-évalué. Une vue en trois dimensions dynamiques peut montrer une distance suffisante (30, 49, 68).

##### 1.1.1.1.4.2. Contournement d'un nerf par angulation

Une distance de sécurité de 2 millimètres avec le canal dentaire doit être respectée. Il est possible d'anguler un l'implant jusqu'à 30°, l'intérêt du logiciel est de pouvoir à faire la simulation en imposant numériquement un angle d'une valeur donnée, après angulation il est possible de mesurer la distance qui le sépare du nerf et confirmer qu'il est totalement endo-osseux (30,68).

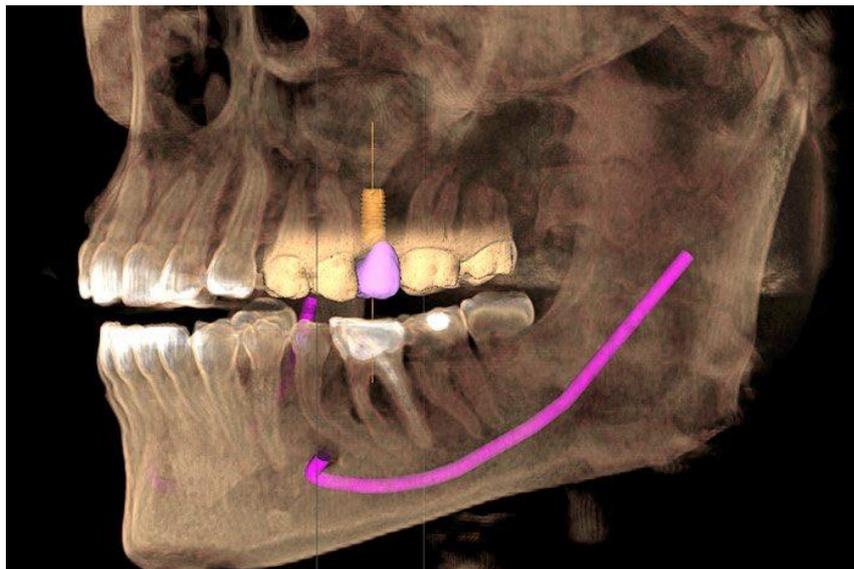


Figure 19 : Mise en évidence du nerf alvéolaire inférieur (Dentsply Sirona)

#### 1.1.1.1.4.3. Distance entre deux implants

La présence d'éléments adjacents est parfois incompatible avec le projet prothétique et les règles de placement des implants.

Le logiciel de simulation permet d'adapter le projet à l'environnement anatomique. Ainsi, la distance entre une dent et un implant doit être de 1.5 millimètres et la distance entre deux implants de 3 millimètres.

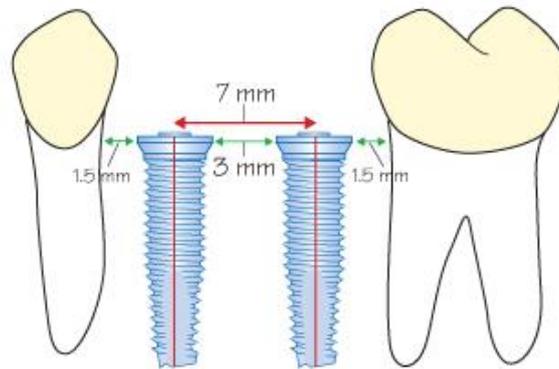


Figure 20 : Vue schématique des distances à respecter (US National Library of Medicine)

#### 1.1.2. Fonctions du logiciel en relation avec le guide chirurgical

Les projets prothétiques et implantaire étant maintenant définis, il s'agit de réaliser le ou les guides permettant la phase chirurgicale. Ainsi, le système de forêts, d'implants, de même que leur longueur, le jeu de cuillères choisies... vont conditionner la position des canons sur le guide et donc la butée de profondeur, mais également leur largeur, ainsi que leur distance à l'os dans le cas de chirurgie flapless (sans lambeaux).

Les blocs CEREC Guide sont en Plexiglas incolore.

Les blocs utilisés pour la fabrication de CEREC guide 2 medi et maxi sont usinés par fraisage humide dans les unités d'usinage MCX et MCXL de cabinet pour les guides à un canon de guidage.

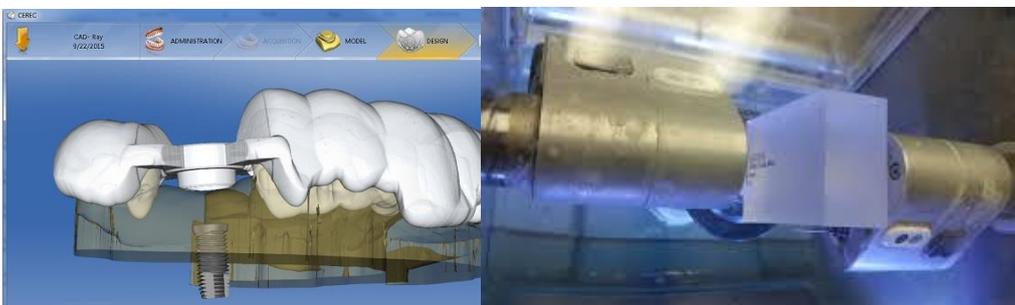


Figure 21 : Droite : modélisation du guide ; Gauche : Usinage du bloc PMMA (Dentsply Sirona)

Les guides à appui dentaire sont les plus simples à mettre en œuvre, en particulier dans le cas d'édentements intercalaires, prenant appui sur les dents adjacentes.

Lorsque l'édentement partiel est terminal, il faudra faire attention à ne pas exercer une pression sur la partie postérieure du guide ou l'appui des muqueux. Le danger serait une déformation de la résine, voire une rupture du guide chirurgicale.

Les dents étant indéformables le guide chirurgical ne peut tolérer d'approximations. Il doit être le plus précis possible.

Plus simple, et plus précis, le guide permet plus facilement d'envisager une chirurgie sans lambeaux.

Il est possible d'effectuer une augmentation latérale simultanée, cependant il doit être tenu fermement contre les dents sans enfoncer le ligament alvéolo-dentaire.

De même, dans le cas des édentements terminaux, le guide repose sur une muqueuse déformable, il convient de ne pas la comprimer afin d'éviter les erreurs (22).



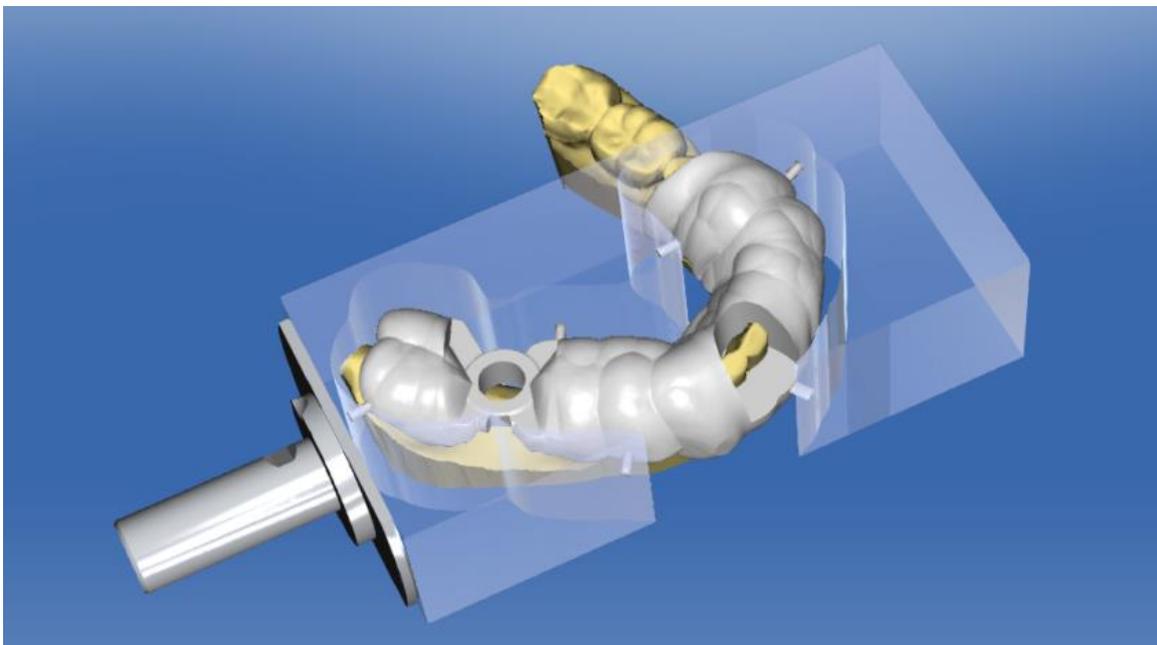
**Figure 22 : Exemple d'un guide intéressant un édentement terminal (49)**

Durant la chirurgie, une pression exagérée peut déformer la muqueuse de deux à trois millimètres de hauteur.

Dans le cas de l'usage du CEREC Guide 2, deux solutions s'offrent à nous selon que l'on veuille avoir tous les canons sur un même guide ou non. Ainsi, pour avoir plusieurs canons sur un même guide, une usineuse 5 axes (type MCX5) sera nécessaire et la réalisation du guide chirurgical sera externalisée à un laboratoire de prothèses. Dans le cas d'un implant unitaire avec un guide à un seul canon, ou bien de la réalisation de plusieurs guides à un seul canon pour les cas pluraux, l'usineuse de cabinet (MCX/MCXL) peut amplement suffire. L'usage d'un seul guide est cependant recommandé afin de limiter les erreurs.

La simulation issue de la planification est alors exportée vers le logiciel IAO (CEREC 4.5). Le modèle est détourné et les bords du guide tracés, les dimensions des canons sont validées, celles-ci vont conditionner grandement les futurs rapports des implants avec les structures anatomiques adjacentes.

Les guides sont alors modélisés automatiquement selon les paramètres prédéfinis, des fenestrations sont prévues pour vérifier son bon positionnement en bouche, il est également important d'ajouter au maximum l'environnement du canon afin d'assurer une irrigation optimale du site de forage bien que beaucoup de systèmes de forêts disposent d'une irrigation interne. Ils sont alors numériquement mis en place dans le bloc de résine et usinés (une demi-heure pour un guide à un seul canon) (59).



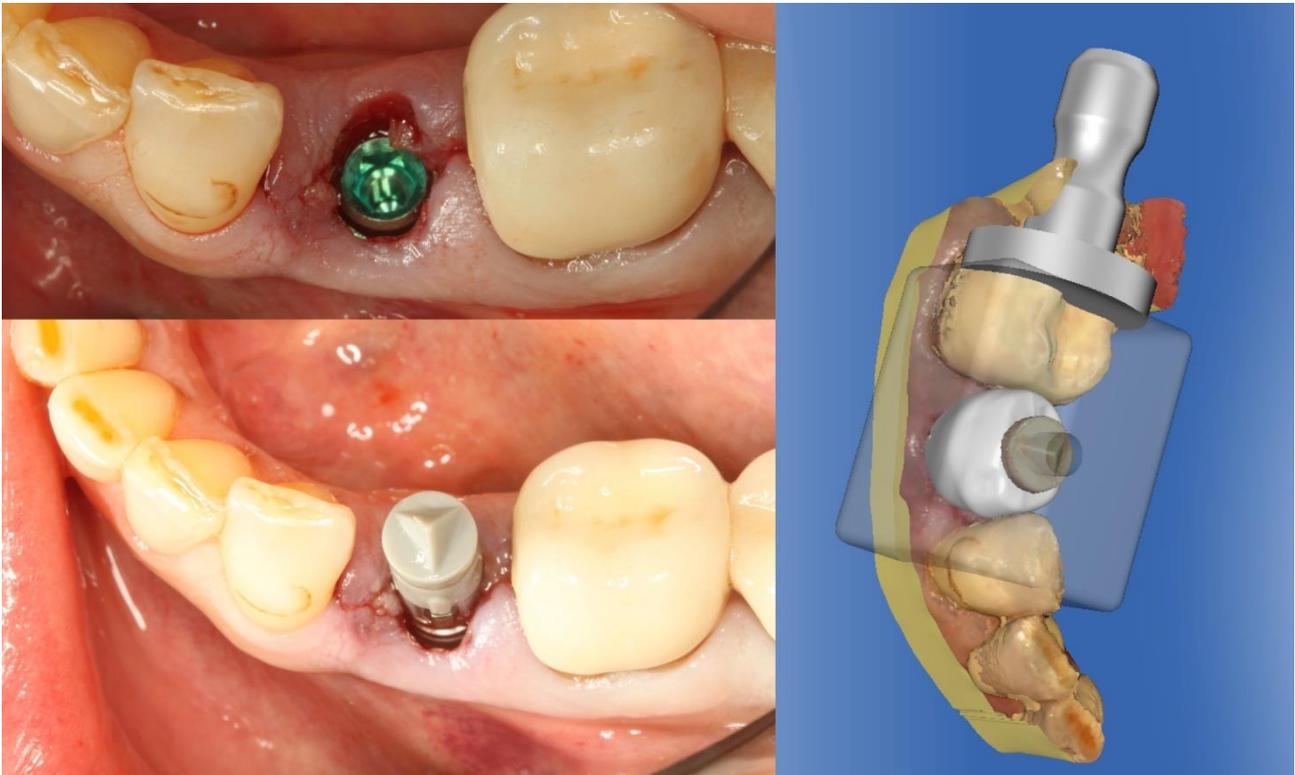
**Figure 23 : Simulation de la position du guide dans le bloc PMMA (Dentsply Sirona)**

### 1.1.3. Fonctions en relation avec les prothèses provisoire ou coiffes personnalisées

Dans le but de couvrir les implants et de guider la cicatrisation gingivale, on peut réaliser des coiffes de cicatrisation personnalisées ou des prothèses provisoires ; dans le cas d'une stabilité primaire suffisante, la conception des prothèses d'usage est envisageable.

Quoiqu'il en soit, afin de réaliser une temporisation adéquate, une empreinte per-opératoire est requise pour indexer le positionnement tridimensionnel des implants. Des transferts d'empreintes optiques (embases Ti-bases) coiffés par des scanbodies compatibles CEREC sont placés sur les implants. Les scanbodies ont une géométrie qui permet d'indexer leur position 3D, et donc celle des implants.

L'empreinte réalisée lors de la première séance est alors dupliquée puis découpée au niveau de la ou des zones chirurgicale. Une nouvelle acquisition optique est alors effectuée au niveau des zones d'intervention et permet de compléter l'empreinte avec le positionnement tridimensionnel des implants par l'intermédiaire des scanbodies.



**Figure 24 : Conception d'une prothèse provisoire en per-opératoire (Dentsply Sirona)**

## 2. Chirurgie guidée et mise en place des implants

### 2.1. Planification par IAO

#### 2.1.1. Intérêts de la planification IAO en situations sans complexités particulières

Habituellement obtenu sous forme radiographique en deux dimensions, la lecture des planches requiert une certaine habileté mentale dans la reconstitution en trois dimensions. Avec l'IAO et la radiographie 3D, il est possible d'avoir une vue simultanée dynamique des plans en direction sagittale et axiale, une vue panoramique et en trois dimensions ainsi que d'avoir une interaction avec les images défilent. Certains détails des tissus durs et leurs topographie pour implantation sont alors visualisés (10,12).

## 2.1.2. Planification IAO lors d'un manque d'os en hauteur

### 2.1.2.1. A la mandibule

Une vision dynamique et interactive de la situation permet de mieux identifier le canal mandibulaire afin d'éviter d'y poser un l'implant trop long, s'il est impossible de s'adapter à la situation anatomique, une solution chirurgicale par augmentation verticale osseuse sera considérée.

Elle est cependant délicate à réaliser, et leurs pronostics incertains.

Une simulation permet de déterminer avec précision la longueur implantaire adaptée ainsi que les possibilités d'angulation (19, 21, 23).

### 2.1.2.2. Au maxillaire

Le sinus maxillaire et le canal incisif antérieurs sont les deux obstacles anatomiques au maxillaire. Il faudra alors choisir l'implant dont le diamètre évitera l'effraction du canal incisif et dont la longueur évitera une effraction du sinus, une pénétration de deux millimètres est cependant tolérée (16).

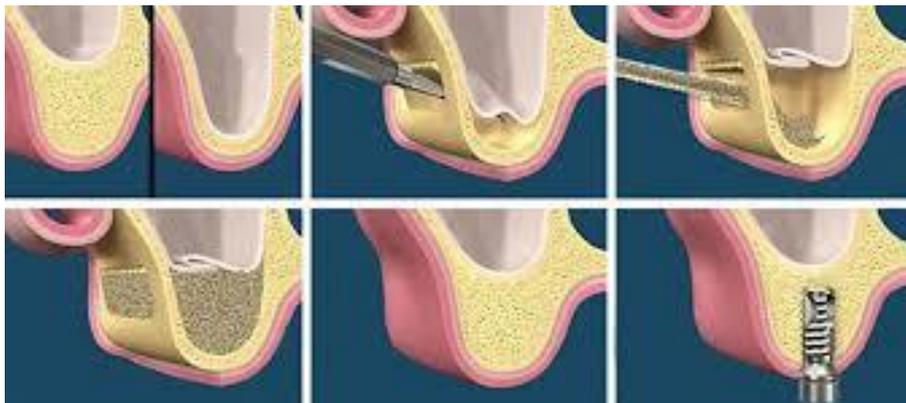


Figure 25 : Vue schématique d'un protocole Sinus-lift (Dr Allie Mohamed ;maxillosurgeon.co.za)

## 2.1.3. Planification IAO lors d'une largeur d'os insuffisante

### 2.1.3.1. A la mandibule

La largeur de la crête mandibulaire sur le site implantaire devrait permettre de laisser entre un et deux millimètres entre l'extrémité du bord de l'implant et le bord externe de la table vestibulaire. Si cette largeur était insuffisante, une augmentation à l'aide de greffe osseuse est indiquée, par exemple par la technique d'expansion de crête (39).

### 2.1.3.2. Au maxillaire

Lors d'une augmentation de largeur de crête, il faut s'assurer du volume augmenté et de pouvoir déterminer à l'avance les caractéristiques de l'implant à poser dans le site considéré (28).

### 2.1.4. Planification IAO en présence d'une crête fine

Dans le cas de crêtes dites en lames de couteau, très fines, il sera nécessaire d'abraser vers un plan osseux plus apical suffisamment large pour recevoir les implants.

## 2.2. Introduction à la chirurgie guidée à l'aide de l'IAO

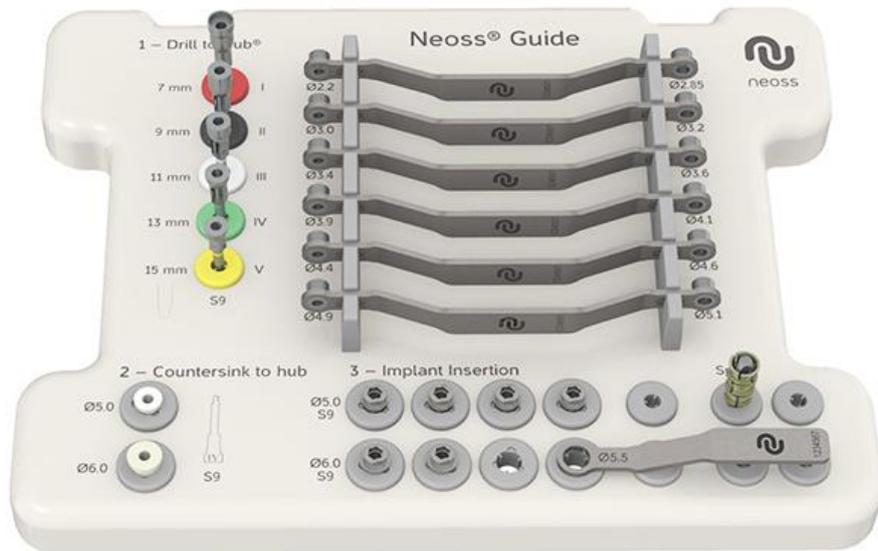
La plupart des boîtes d'instrumentations chirurgicales comprennent :

- Des forets et ancillaires correspondants aux diamètres et longueurs des implants considérés; Cela comprend les forets proprement dits mais aussi ceux servant à préparer le lit implantaire et ceux servant à la finition. Classée par ordre croissant de diamètre et de longueur, on y trouve des bistouris circulaires pour les guides à appui osseux ou muqueux, des forets pilotes dont une certaine imprécision est tolérée, les forets chirurgicaux à proprement parlé, les tarauds, pour la préparation du lit implantaire, dont l'usage n'est pas systématique, dépendant de la qualité osseuse.

- Un jeu de cuillères recevant les forêts, elles présentent un œillet à leurs extrémités dont le diamètre interne est variable (le diamètre externe étant constant afin de passer dans le canon du guide).

- Porte-implants, également de longueurs et de diamètres variables, garants de l'axe et de profondeur d'enfouissement de l'implant, ils ont également un rôle à jouer dans la conception de la prothèse avant chirurgie.

- Les profileurs d'os qui terminent la séquence chirurgicale en éliminant les résidus osseux, permettant une bonne assise de la vis de cicatrisation ou du col implantaire.



**Figure 26 : Trousse de chirurgie guidée (NeOss Guide)**

Dans le cas du CEREC Guide 2, l'utilisation d'une clé de perçage de taille S, M ou L est définie lors de la planification de la douille dans GALILEOS Implant (64).



**Figure 27 : Drill Keys CEREC guide de Sirona® (Dentsply Sirona)**

Une feuille de route peut être alors sortie à destination du bloc, reprenant toute la planification établie en amont, facilitant et autorisant une mise en œuvre rapide et optimisée. Elle donne ainsi les longueurs et diamètres de forets à utiliser, ainsi que l'implant choisi.

## 2.2.1. Progression et courbe d'apprentissage en IAO

### 2.2.1.1. Familiarisation avec le logiciel IAO pour la simulation informatique

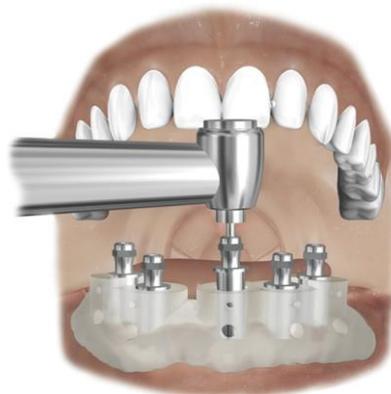
La planification s'acquiert assez rapidement, il s'agit surtout de localiser les obstacles anatomiques, estimer le volume osseux, disponible, sélectionner et positionner les implants. 10 à 20 heures de pratiques sont nécessaires afin de pouvoir traiter un cas d'édentement partiel en une vingtaine de minutes (49).

### 2.2.1.2. Usage d'un guide chirurgical

Occupant un volume relativement important, il peut, au départ, paraître assez encombrant. Il est également capital de s'assurer de son bon positionnement afin de ne pas léser les structures adjacentes ou de poser les implants de façon inadéquate. Dans le cas de guides à appui dentaire, l'écueil principal reste la déformation du ligament alvéolo-dentaire. Egalement, si une trop forte pression est exercée sur le guide, celui-ci peut se déformer, voire se fracturer. L'immobilisation de celui-ci est essentielle, cela peut aller de la création d'une bascule à un positionnement faussé avec les conséquences qui l'accompagnent (69).

Il s'agit peut-être de la partie de l'apprentissage la plus difficile à appréhender, du fait du nombre d'éléments en bouche :

- Le guide chirurgical qui bloque la visibilité à laquelle le praticien pouvait être habitué
- Les cuillères émergeant de la cavité buccale, dont la manipulation doit être précautionneuse,
- Du travail de l'assistant(e), qui doit maintenir une pression constante sur le guide,
- Insertion dans la cavité buccale (surtout dans les secteurs postérieurs) du quatuor implant, porte-implant, contre-angle et son outil d'insertion.



**Figure 28 : Illustration du volume occupé par le guide et du système de pose implantaire (Journal of Prosthetic Dentistry)**

Le ou les guides sont essayés afin de juger de leur bonne adaptation. Ni bascules ni hiatus entre l'appui et le guide ne doivent être détectés, une sensation de clipsage peut même avoir lieu lors de la mise en place.

Le guide est alors essayé dans la bouche de patient, il définit la position de l'implant et présente aussi une butée de profondeur. Conformément au protocole de perçage du fabricant de l'implant, il faut maintenant réaliser divers perçages avec des forêts présentant des diamètres de guidage différents. Pour ce faire, on utilise des CEREC guide drill keys (clés ou cuillères de perçage) qui servent de douilles de réduction au diamètre de perçage respectif. Grâce au guidage mécanique des forêts, défini en ce qui concerne la direction et la profondeur, le praticien est en mesure de concrétiser la position prévue de l'implant (64).

Même si les guides réalisés aujourd'hui présentent un ajourage suffisant, il est préférable d'utiliser des forêts à irrigation interne afin de refroidir au maximum le site opératoire.

Tous les forêts sont passés au travers du ou des canons du guide chirurgical équipés de la cuillère réductrice adéquate. L'implant est alors mis en place puis vissé en butée à la clef.

### 2.2.1.3. Courbe d'apprentissage : des cas les plus simples aux plus difficiles

Quatre importants paramètres régissent cette courbe d'apprentissage :

-L'appui du guide, on commencera par le guide avec lambeau, dans un premier temps, pour vérifier que tout se passe bien, puis avec la pratique, il s'agira de s'en passer, du fait du temps gagné et de suites opératoires moindres, il est également simple à maintenir en bonne position.

-la facilité d'accès au site, ainsi, de par l'encombrement que génère le guide chirurgical, il convient de démarrer par les secteurs antérieurs maxillaires, puis postérieurs, les secteurs antérieurs mandibulaires puis postérieurs.

-Le type d'édentement à traiter, la difficulté monte crescendo selon qu'il s'agisse d'un édentement unitaire encastré, plural encastré, distal et distal bilatéral.

-Le nombre d'implants à poser, il suit le type d'édentement, on commencera donc par 1 ou 2 implants, et augmenter au fur et à mesure.

La question de la prothèse provisoire pour mise en charge immédiate est à l'appréciation du praticien, cependant, elle ne se posera qu'après un certain temps de pratique de la chirurgie guidée.

Il est alors possible d'objectiver 6 niveaux de difficulté croissante dans le cadre des indications du CEREC Guide 2 (49):

Difficulté	Facile	Moyenne	Difficile
Appui	Dentaire	Muqueux	Osseux
Accès	Antérieur, prémolaire	Prémolaire, molaire	Molaire
Edentement	Encastré	Distal	Complet

Figure 29 : Tableau hiérarchisant la difficulté des cas selon trois paramètres (49)

**-Niveau 1** : édentement encastré antérieur avec lambeau : guide à appui dentaire, facile d'accès, édentement encastré, avec visibilité sur l'os (lambeau).

Difficulté	Facile	Moyenne	Difficile
Appui	Dentaire	Muqueux	Osseux
Accès	Antérieur, prémolaire	Prémolaire, molaire	Molaire
Edentement	Encastré	Distal	Complet



Figure 30 : Guide d'appui dentaire antérieur (49)

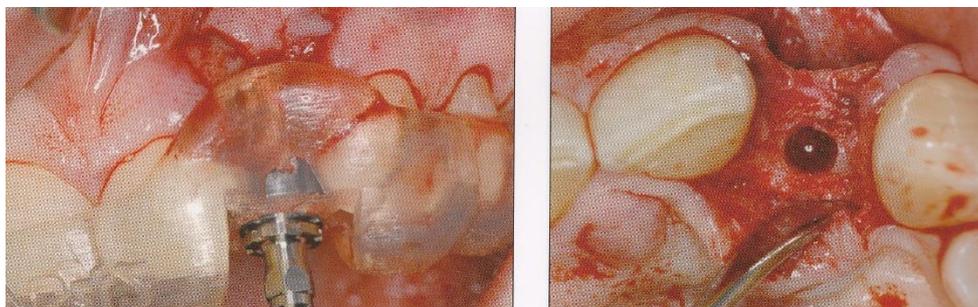


Figure 31 : Implant posé avec levée de lambeau (49)

-**Niveau 2** : édentement encastré postérieur avec lambeau : guide à appui dentaire, difficile d'accès, édentement encastré, avec visibilité (lambeau)

Difficulté	Facile	Moyenne	Difficile
Appui	Dentaire	Muqueux	Osseux
Accès	Antérieur, prémolaire	Prémolaire, molaire	Molaire
Edentement	Encastré	Distal	Complet

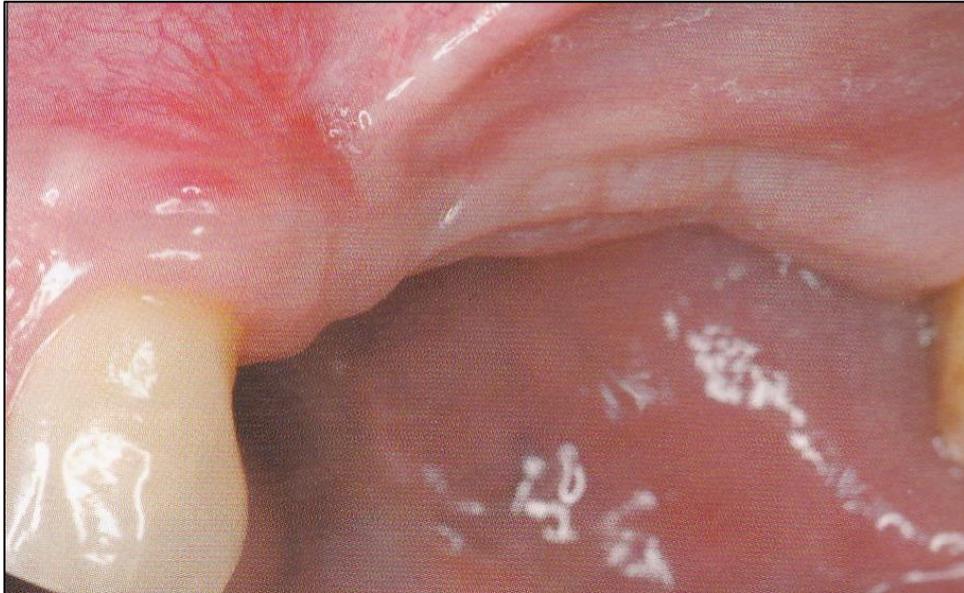


Figure 32 : Crête édentée postérieure, cas encastré (49)

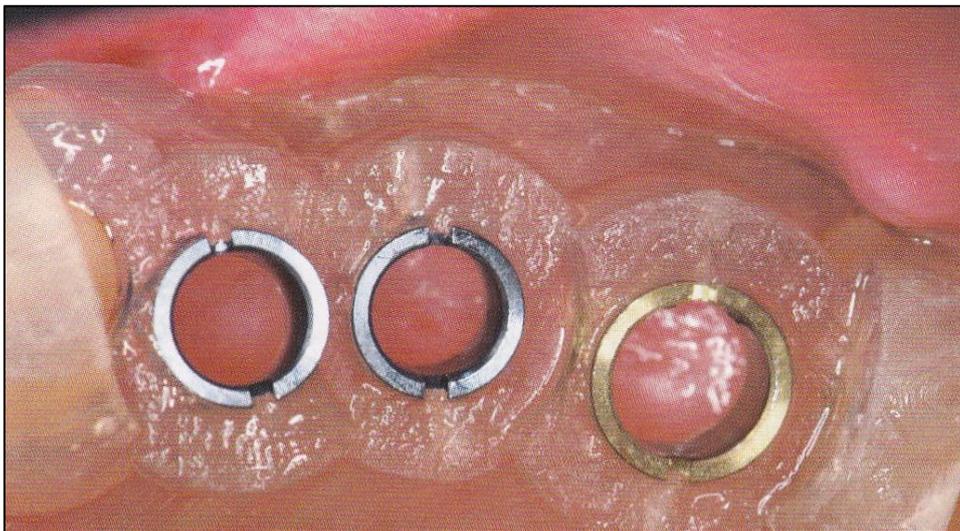


Figure 33 : Vue des canons du guide (49)

**-Niveau 3** : édentement terminal avec lambeau : appui dentaire sans appui postérieur, difficile d'accès, édentement terminal, avec visibilité (lambeau)

Difficulté	Facile	Moyenne	Difficile
Appui	Dentaire	Muqueux	Osseux
Accès	Antérieur, prémolaire	Prémolaire, molaire	Molaire
Edentement	Encastré	Distal	Complet

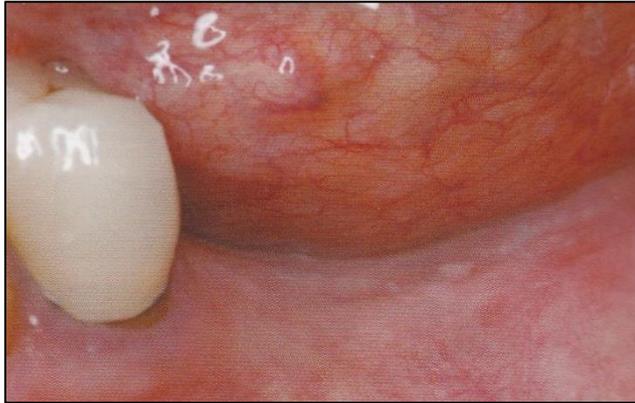


Figure 34 : Crête édentée postérieure mandibulaire (49)



Figure 35 : Vue des canons du guide et des implants posés (49)

**-Niveau 4** : édentement encastré antérieur sans lambeau : guide à appui dentaire, facile d'accès, édentement encastré, sans visibilité (sans lambeau).

Difficulté	Facile	Moyenne	Difficile
Appui	Dentaire	Muqueux	Osseux
Accès	Antérieur, prémolaire	Prémolaire, molaire	Molaire
Édentement	Encastré	Distal	Complet



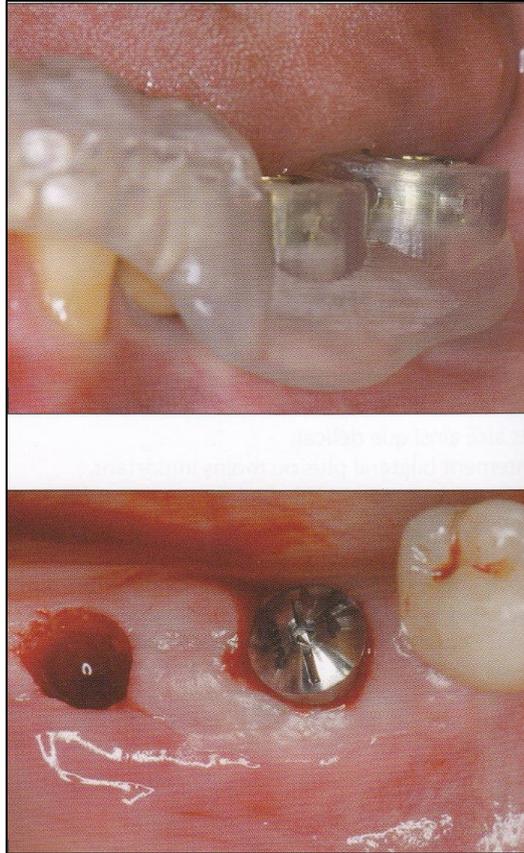
Figure 36 : Vue latérale du guide chirurgical (49)



Figure 37 : Implant posé selon une technique sans levée de lambeau (49)

**-Niveau 5** : édentement partiel terminal : guide à appui dentaire sans appui postérieur, difficile d'accès, édentement terminal, sans visibilité.

Difficulté	Facile	Moyenne	Difficile
Appui	Dentaire	Muqueux	Osseux
Accès	Antérieur, prémolaire	Prémolaire, molaire	Molaire
Edentement	Encastré	Distal	Complet



**Figure 38** : Guide et implants posés dans le cas d'un édentement terminal sans lambeau (49)

**-Niveau 6** : édentement partiel bilatéral sans lambeau : guide à appui dentaire, difficulté d'accès selon le cas, édentement bilatéral de plus ou moins grande étendue, sans visibilité.

Difficulté	Facile	Moyenne	Difficile
Appui	Dentaire	Muqueux	Osseux
Accès	Antérieur, prémolaire	Prémolaire, molaire	Molaire
Edentement	Encastré	Distal	Complet

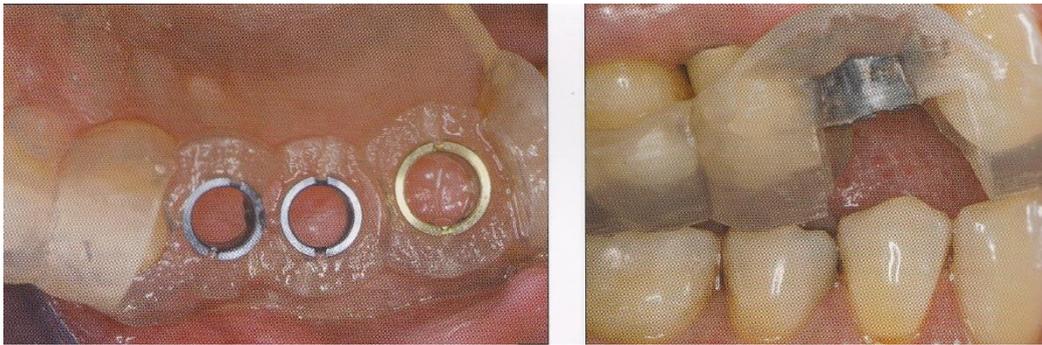


Figure 39 : Edentements concernant deux secteurs d'une même arcade (49)

### 2.3. Fidélité de transmission des données (Integrated Digital Workflow) de chirurgie guidée

Le niveau de précision de l'IAO entre la simulation informatique et la réalité clinique, n'est pas exempt d'inexactitudes, des imprécisions peuvent être générées et se surajouter à chaque étape de cette transmission de données (Integrated Digital Workflow) et donc à la chirurgie, chronologie dans laquelle nous retrouvons quatre étapes :

- l'acquisition numérique des empreintes par OmniCam
- la planification informatique avec logiciel par les possibles distorsions des radios 3D
- la fabrication du guide par usinage ou impression 3D
- l'acte chirurgical proprement dit

L'IAO propose ainsi un nouveau type de guide permettant, dans certains cas, de s'affranchir de levée de lambeaux, implanter sur des crêtes exiguës et de réaliser une prothèse provisoire avant toute chirurgie, ceci n'est pas exempt d'imprécisions (49).

#### 2.3.1. Divergences inhérentes à la précision de fabrication du guide chirurgical

Les usineuses Sirona MC-X, MC-XL et MC-X5 (de laboratoire) ont une précision d'usinage de l'ordre de 25 micromètres, ainsi des divergences du projet chirurgical à sa réalisation ne peuvent qu'être très faiblement imputées à la Fabrication Assistée par Ordinateur du guide chirurgical.

### 2.3.2. Divergences inhérentes à la chirurgie guidée (49)

Après essayage du guide chirurgical pour vérifier sa conformité, il se peut que celui-ci ne soit pas adapté, ainsi pour un guide à appui dentaire, une bascule peut avoir lieu s'il ne repose que sur les faces occlusales, il faut donc le refaire. Pour les guides à appui muqueux, des vis de stabilisation sont un bon moyen d'assurer leur stabilité.

Lors de la chirurgie, le guide est soumis à plusieurs forces (pression, cisaillement, torsions dues au passage des cuillères...) qui peuvent déplacer le fut de forage, des écarts supplémentaires, pouvant se rajouter aux écarts d'examen radiographiques et d'acquisition numérique, peuvent apparaître avec la simulation informatique (30,54).

L'appui dentaire, à priori le plus stable, cependant des mouvements de bascule peuvent exister, même pour un édentement encastré, qui semble être le plus stable. Dans le cas des édentements terminaux, le fut de forage se situe en regard d'une muqueuse dépressible (flapless) ou au-dessus d'un vide, laissant la place à une déformation élastique ou plastique, toute déformations induit des erreurs (52).

Dans le cas d'un édentement terminal avec un guide reposant sur une muqueuse dépressible, le point d'impact et l'angulation de l'axe implantaire peuvent s'en trouver drastiquement modifiés (54).

### 2.3.3. Mesures de précisions effectuées selon le type de guide chirurgical et l'édentement (19–26, 28,32)

Les études de précisions menées sur la pose avec guide chirurgical sont nombreuses et réalisés selon des protocoles variables : modèles en plâtre, cadavres ou situation clinique, appareils de tomodensitométrie, logiciels et guides d'appuis différents... une évaluation globale peut être délicate, cependant des recoupements sont possibles.

Les deltas entre la simulation informatique et la réalité clinique sont quantifiés selon quatre paramètres :

- Déviation au point d'impact du forage (au col de l'implant en mm)
- Déviation à l'apex, où elle est plus grande (en mm)
- Déviation suivant l'axe corono-apical (en mm)
- Angulation de l'implant dans un plan déterminé (en degrés)

Les cadavres et les modèles en plâtre présentent les écarts le plus faible, voire identique, ils sont cependant cliniquement plus importants du fait de la radiographie intra-buccale et lors de la chirurgie guidée à proprement parlé qui sont les principales sources d'erreurs. Les différences entre les moyenne des écarts est d'environ 0,3mm au point d'entrée (1,03 contre 0,74 et 0,71 mm), ce qui n'est pas négligeable.

Une étude menée sur 110 implants posés en clinique par IAO avec le logiciel SimPlant a permis de comparer la précision des guides selon les trois appuis. L'appui dentaire est le plus précis sans pour autant dégager une différence significative. La variation de position de l'apex de l'implant est toujours plus importante que celle du col du fait de la déviation angulaire, elle aussi moins importante pour le guide a appui dentaire sans toujours dégager de différence significative (22).

Le tableau suivant donne les résultats de diverses études réalisées dans le temps et selon plusieurs méthodes, de ce fait, et avec les biais cités précédemment, une grande dispersion en ressort, ce qui indique qu'on ne peut accorder une confiance aveugle à la méthode (30).

La déviation de hauteur a seulement été étudié sur des cadavres uniquement, elle a été de 0,6mm (IC95% ; 0,48-0,72).

Appui du guide	Déviatiion de position du col implantaire (en mm)	Déviatiion de position de l'apex implantaire (en mm)	Déviatiion angulaire (en degrés)
Dentaire	0.87+/-0.4	0.95+/-0.6	2.91+/-1.3
Muqueux	1.06+/-0.6	1.60+/-1.0	4.51+/-2.1
Osseux	1.28+/-0.9	1.57+/-0.9	4.63+/-2.6

Appui du guide	Déviatiion de position du col implantaire (en mm)	Déviatiion de position de l'apex implantaire (en mm)	Déviatiion angulaire (en degrés)
Dentaire	0.84(0.57-1.12) (3 études)	1.20(0.79-1.61) (3 études)	2.82(1.57-40.7) (3 études)
Muqueux	1.06(0.85-1.27) (1 étude)	1.06(1.24-1.96) (1 étude)	4.51(3.76-5.26) (1 étude)
Osseux	1.35(0.96-1.37) (4 études)	2.06(1.24-2.87) (4 études)	6.36(3.61-9.17) (5 études)

**Figure 40 : Mesures de précision mettant en évidence la déviation par rapport au projet initial (49)**

L'objectif de la chirurgie guidée est d'améliorer la précision de l'acte, il faut donc la comparer à un guide chirurgical conventionnel, ce qui peut être problématique car l'usage d'un guide conventionnel dépend de l'habileté technique du chirurgien. Il en ressort un biais relatif, cependant une étude comparative des deux guides a pu démontrer qu'une planification informatique, suivie d'un guide usiné ou imprimé favorisait la précision du forage. Les déviations avec ce type de guide sont de 0,9mm au col et de 1,0mm à l'apex, contre respectivement 1,5 et 2,1mm sans.

Référence	Type de guide	Nombre d'implants	Variation de position (mm)		Changement d'angulation (en degrés)	
			Col	Apex	Mésio-distal	Vestibulo-lingual
Sarment et al.(2003)	Simplant	10	0.9+/-0.5	1.0+/-0.6	-	-
Al-Harbi et Sun(2009)		40	0.20+/-0.72 75% implants inf. à 1		0.7+/-5.02	0.46+/-4.43
Besimo et al.(2000)			0.30-0.60		-	-
Di Giacomo et al.(2005)		21	1.45+/-1.42	2.99+/-1.77	7.25+/-2.67	
Van Assche et al.(2007)	NobelGuide	12(4 cadavres)	1.1+/-0.7 (0.3-2.3)	2.0+/-0.7 (0.3-2.4)	1.80+/-0.80 (0.7-2.5)	
Ozan et al.(2009)		110	1.11+/-0.85	1.41+/-0.9	4.10+/-2.30	
Nickening et Eitner(2007)		250	=1.00		=5.00	
Ersoy et al.(2008)		94	1.22+/-0.85	1.51+/-1.00	4.90+/-2.36	
D'Haese et al.(2009)	Simplant Mucusal	77 (13 patients)	0.9+/-0.44	1.13+/-0.52	2.60+/-1.61	

Figure 41 : Mesures de précision recroisant plusieurs études et systèmes (15,16,18,19,49)

### 3. Empreinte optique sur implants ; transmission au laboratoire (59)

#### 3.1. Vérification de l'ostéo-intégration

L'ostéo-intégration est vérifiée au terme des délais imposés par la technique chirurgicale, le caractère traumatique de l'intervention, les gestes effectués sur les tissus durs ou mous. Dans les cas les plus simples, celle-ci peut être de 3-4 mois par un contrôle radiographique rétro-alvéolaire. On vérifie la densité de l'os autour de l'implant ainsi que son niveau situé entre la première spire et le col de celui-ci.

Au-delà de ça, il faut également contrôler visuellement l'état de la gencive, peu importe le type de temporisation, s'il y en a eu, ainsi que relever le ressenti patient, inflammation des tissus mous aigüe ou chronique, douleur...



**Figure 42 : Radiographie rétroalvéolaire de contrôle de l'ostéo-intégration ; Vue clinique du masque gingival (61)**

#### 3.2. Empreintes optiques classiques

Quatre paramètres sont à enregistrer impérativement : la position des implants, des tissus gingivaux, de l'antagoniste et de l'occlusion, ces deux derniers étant acquis durant la première empreinte optique. L'enregistrement du profil d'émergence est réalisé juste après la dépose des prothèses provisoires ou des coiffes de cicatrisation, du fait de la tendance de la gencive non soutenue à utiliser les espaces inoccupés. L'utilisation d'une caméra pour empreinte optique s'avère relativement confortable comparée aux empreintes physiques ou poudrées.

Des transferts d'empreinte optique seront alors utilisés afin d'enregistrer la position tridimensionnelle des implants. Les tissus mous ainsi que le degré d'enfouissement des implants peuvent alors représenter un obstacle à la prise d'empreintes numérique, des scanposts seront alors utilisés car de meilleures dimensions et donc plus facilement manipulables. Ils seront eux-mêmes surmontés de scanbodies dont la tête permet d'indexer aisément la position tridimensionnelle des implants.



**Figure 43 : Mise en place de Scanbodies permettant l'indexation des implants**

Ainsi, par l'absence de matériaux à empreinte et toutes les contraintes qui les accompagnent, l'acquisition d'empreintes par caméra a alors démontré sa supériorité en termes de confort praticien-patient, de communication et de stabilité (63).

### 3.3. Réutilisation des empreintes faites lors de la chirurgie implantaire

Dans les cas où sont utilisées des couronnes provisoires ou des coiffes de cicatrisation personnalisées, les fichiers d'empreintes peuvent être réutilisés, les contours déterminés pour celles-ci lors de la phase chirurgicale peuvent être conservés. Il faudra être cependant attentifs aux remodelages osseux et muqueux qui ont pu avoir lieu entre la phase chirurgicale et la prise d'empreintes optique, il peut en résulter une prothèse d'usage aux contours imparfaits.

### 3.4. Méthode d'empreintes combinées

Ceci repose sur la combinaison d'empreintes réalisées au cours de différentes séances : antagoniste et occlusion acquises lors de la première séance, position des implants lors de la phase chirurgicale et du contour gingival au cours de cette séance. Dans les cas d'usage de coiffes de cicatrisation personnalisées, et dans le souci d'enregistrer des tissus gingivaux soutenus, il est préférable de réaliser une acquisition coiffes en place.

Cela permet d'éviter de trop manipuler le site opératoire et éviter de le léser. Cependant, le profil d'émergence ne peut être enregistré et sera donc extrapolé lors de la modélisation des prothèses d'usage. Cette extrapolation se fera en fonction du positionnement des implants et du profil d'émergence des coiffes de cicatrisation.

### 3.5. Traitement des empreintes, au cabinet ou au laboratoire

La réalisation des prothèses peut être gérée directement au cabinet via le logiciel de CFAO directe (CEREC4.5.1), soit sous-traitées à un laboratoire, équipé CEREC InLab pour le traitement des empreintes optiques et d'une usineuse MCXL ou MCX5 pour la production. Cette sous-traitance permet de disposer d'un logiciel plus complet, d'une compétence du technicien prothésiste de laboratoire (traitement de la céramique surtout), mais surtout de gagner du temps en cabinet.

Les différentes empreintes sont envoyées au laboratoire, les caractéristiques des prothèses d'usage peuvent alors discutés avec la patient : teinte, matériaux, délais... d'autres documents peuvent être fournis (iconographie,...) tout éléments pouvant aider le technicien prothésiste.

#### **A retenir:**

*La chirurgie guidée doit se dérouler naturellement, comme une histoire :*

*-L'examen clinique ainsi que l'empreinte optique et le Wax-up numérique d'abord, afin de présenter le projet au patient et récupérer ainsi le consentement.*

*-Le Cone Beam, une fois le consentement établi.*

*-La superposition par concaténation de l'empreinte optique et des acquisitions radiographique qui permettront la planification implantaire*

*-La planification implantaire à proprement parlé, en respectant le cahier des charges et la topographie anatomique.*

*-La chirurgie guidée en soi et les empreintes numériques sur implants.*

## Troisième Chapitre\_Réalisation de la prothèse et limites du CEREC Guide 2

Cette application, tout comme la chirurgie guidée suit une courbe de progression plus ou moins identique. Ainsi il va de soi que celle-ci commencera par des prothèses unitaires, puis plurales avec de petits bridges pour terminer avec les édentements complets. Comme en chirurgie, plus les implants sont nombreux, plus la conception d'une prothèse est difficile.

Dans les cas de prothèses provisoires, le choix du transvissage est particulièrement limité (1 à 2 implants), ce système n'est que peu tolérant vis-à-vis des divergences entre la simulation et la chirurgie réalisée. Un système scellé est alors préférable, car est beaucoup plus tolérant au vu du nombre d'approximation qu'il puisse exister (49).

### I. Réception des fichiers

L'envoi des informations se fait via internet, l'envoi physique n'est pas indispensable. Le logiciel de CAO de laboratoire (InLab16) donne accès au prothésiste à tous les détails du cas, ainsi qu'un aperçu des empreintes, lui donnant le choix d'accepter ou non le travail. Une fois accepté, il a alors accès aux empreintes complètes ainsi qu'aux documents rattachés (photographies...) (60).

### II. Conception prothétique digitale (60)

La conception sera faite suivant 6 étapes :

1) Administration : après renseignement du type de transferts optique utilisés (Ti-base ou scanposts), information essentielle devant être transmise par le chirurgien-dentiste au prothésiste, vient le choix du type de restaurations : couronnes transvissées ou multicouches (piliers et couronnes), les matériaux, le design...

2) Nettoyage des modèles : le modèle digital est tout aussi modifiable que le modèle en plâtre, il est possible de combler certaines contre-dépouilles, lisser certaines zones, supprimer des éléments... ceci afin de faciliter la conception digitale

3) Orientation des modèles et édition de la ligne de crêtes : étape importante pour fixer l'axe d'orientation des modèles ainsi que la situation des dents sur l'arcade.

4) Localisation des scanbodies : les reliefs présents sur les têtes des scanbodies permettent au logiciel de retrouver la position 3D des implants et des futures embases titane.

5) Axe des restaurations : essentiel surtout dans l'obtention des points de contact souhaités, ces axes peuvent être modifiés dans une enveloppe limitée par le placement implantaire lui-même déterminé dès le départ par la restauration finale dessinée sur le Wax-Up numérique.

6) Morphologie : le logiciel propose une morphologie automatique qu'il est possible de modifier à souhait via de multiples outils. InLab17 dispose d'une fonction de conception à partir d'informations basées sur les dents présentes sur l'empreinte numérique, dans le but de se rapprocher le plus possible de la morphologie des dents du patient.

Il est alors possible pour le prothésiste de montrer au chirurgien-dentiste le travail avant usinage, lui-même pouvant le partager avec le patient, démontrant encore une fois son utilité en tant qu'outil de communication. La production peut être alors lancée.

### **III. Usinage**

Il existe des blocs pré-perçés pour les prothèses implantaire sur embases titane compatibles, de conception monobloc. Plusieurs déclinaisons de matériaux sont disponibles (disilicates de lithium, silicates de lithium/zircone, hybrides...).

Ces blocs présentent un logement calibré pour l'embase titane et son système anti-rotationnel, cela permet une adaptation à l'assemblage dont la qualité est difficilement retrouvée si cette logette doit être usinée avec la couronne (60).

Un polissage de la partie sous-gingivale est recommandé pour favoriser l'adhésion tissulaire.

L'embase titane est alors solidarisée à la restauration céramique selon un protocole de collage :

- Traitement du logement céramique par acide fluorhydrique à 5%
- Silanisation du logement céramique
- Sablage et silanisation de l'embase.
- Assemblage par un composite de collage chémopolymérisable
- Polissage du joint

Les pièces sont alors conditionnées pour l'envoi au cabinet dentaire (60).

### **IV. Pose de la prothèse**

Les restaurations sont alors réceptionnées, examinées puis décontaminées sans autre traitements, l'assemblage de l'embase titane et de la céramique étant réalisé au laboratoire.

Les fûts implantaire sont alors désinfectés (Chlorhexidine), les prothèses sont alors placées et vissées au tournevis. L'occlusion est vérifiée en prenant en compte l'absence de résilience des implants (150 micromètres de sous occlusion dans le cas de dents naturelles adjacentes). Les puits de vissage sont alors obturés (60).

## V. Limites du CEREC Guide 2

Le CEREC Guide 2 peut sembler une solution séduisante pour les praticiens débutant en implantologie, cependant, il n'est pas exempt d'un certain nombre de limites :

L'examen Cone Beam peut présenter des distorsions source d'erreurs, ainsi la concaténation avec l'acquisition numérique peut s'en trouver fausser et l'ensemble du projet mis en péril.

Le guide chirurgical, cœur de l'implantologie assistée par ordinateur par CEREC Guide 2, présente lui aussi certaines limites :

-Des erreurs de positionnement ou une bascule de celui-ci peuvent mettre l'ensemble de la chirurgie en péril, il est donc crucial de prévoir des fenestrations de contrôle pour s'en assurer.

-De même, il est vital que l'environnement canon du guide soit relativement ajouré afin que le site de forage soit bien irrigué. Un défaut d'irrigation et de refroidissement du site peut entraîner sa nécrose.

Cet ajourage met cependant la solidité du guide en jeu, même réalisés en Plexiglas, une pression trop importante risque de fracturer le guide, certains praticiens recommande l'ajout de résine au guide sur les endroits susceptibles de se rompre. La situation est exacerbée lors de sites terminaux ou le guide repose sur une muqueuse dépressible.

Enfin, les indications limitées du CEREC Guide 2 peuvent être un frein à son usage, en effet, il ne permet la réalisation de guides à appui uniquement dentaire, impliquant une denture restante, il trouveras donc ses indications quasi exclusivement dans les édentements encastrés. Les édentements terminaux de faibles étendues présentant d'autres limites évoquées ci-dessus en plus de celle déjà énoncées (encombrement, résilience muqueuse...). Dans le cas d'édentements pluraux, soit plusieurs guides seront usinés, mais leur retrait-repositionnement peut être source d'erreurs, soit la fabrication du guide doit être externalisée, avec les coûts qu'il en découlera.

### **A retenir:**

*Le CEREC Guide 2 permet la conception et la fabrication de prothèses transitoires ou définitives en amont de toutes chirurgies, cependant, malgré un taux d'erreurs faibles, celles-ci doivent donc être capables d'accepter une certaine marge de manœuvre, un système scellé peut donc être plus adapté au CEREC Guide 2.*

*Le système CEREC Guide 2 présente également plusieurs limites, mise à part ses indications limitées, des erreurs peuvent se superposer à chaque étape du plan de traitement, il est cependant un système sécuritaire pour l'opérateur débutant en implantologie.*

## Conclusion

L'objectif de ce travail était l'étude de l'implantologie guidée numérique au cabinet dentaire à travers l'exemple du CEREC Guide 2, ses indications, ses limites et son apprentissage, comparé à un projet chirurgico-prothétique dit « idéal ».

Le CEREC Guide 2 est un réel apport en implantologie, du fait de la précision qu'il amène au geste par l'introduction d'un guide restrictif pensé à l'avance, il permet également une meilleure communication entre les différents acteurs et la conception de pièces prothétiques avant toutes phases chirurgicales. Il présente cependant aussi ses limites, de par ses indications spécifiques, du fait qu'une erreur en amont peut mettre en péril tout le plan de traitement ainsi que la possibilité non négligeable de déformation et de rupture du guide. De plus, en ce qui concerne les coûts, les guides usinés seront appelés à être remplacés par des guides imprimés en 3D, permettant de réaliser au cabinet dentaire des guides chirurgicaux à plusieurs canons de guidage.

L'implantologie traditionnelle a largement fait ses preuves et est universellement reconnue, cependant quelques améliorations sont susceptibles d'être envisagées pour simplifier son apprentissage et sa réalisation.

Tout d'abord l'avènement de logiciels pédagogiques tels que Simplant ou BlueSkyPlan... permet une meilleure accessibilité pour l'apprentissage du positionnement implantaire, CEREC SW viendra ensuite pour l'apprentissage du projet prothétique numérique.

Ainsi, l'arrivée de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) en implantologie au cabinet dentaire représente un atout majeur pour la discipline actuellement, non seulement pour l'enseignement mais aussi dans la communication chirurgien-dentiste/prothésiste/patient.

Il est constaté, par apport de la CAO un gain de temps important dans la réalisation du plan de traitement, une amélioration de la leur qualité et de leur précision, notamment par diminution de l'intervention humaine, trop soumise à l'erreur.

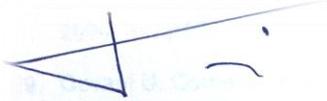
La CAO, au-delà de ses aspects pratiques, démontre également sa supériorité dans des objectifs d'enseignement, plus interactifs et visuels, pour les nouvelles générations nées en pleine ère numérique.

Le numérique a révolutionné notre profession et va certainement continuer à apporter de nouvelles améliorations et innovations pour les années à venir.

C'est pourquoi, un engagement Praticien/Prothésiste est nécessaire dans cette ère du numérique, en implantologie guidée, mais dans bien d'autres disciplines pour toujours améliorer la qualité des soins prodigués.

La révolution numérique participe de façon évidente, dans le cas de l'implantologie guidée, à une amélioration des pratiques.

Le Président du Jury



faucou le 4/05/2018  
avis favorable

Les Directeurs de Thèse



Vu, le Co-directeur de thèse



V. R. ESCLISSAN  
le 02/05/2018

## **Bibliographie**

1. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 1: diagnostics, imaging, and collaborative accountability. *Int J Periodontics Restorative Dent.* juin 2006;26(3):215-21.
2. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 2: rapid-prototype medical modeling and stereolithographic drilling guides requiring bone exposure. *Int J Periodontics Restorative Dent.* août 2006;26(4):347-53.
3. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 3: stereolithographic drilling guides that do not require bone exposure and the immediate delivery of teeth. *Int J Periodontics Restorative Dent.* oct 2006;26(5):493-9.
4. Cavalcanti MGP, Ruprecht A, Vannier MW. 3D volume rendering using multislice CT for dental implants. *Dento Maxillo Facial Radiol.* juill 2002;31(4):218-23.
5. L'imagerie médicale en odontologie [Internet]. [cité 19 sept 2017]. Disponible sur: <http://www.editionsmdp.fr/boutique/livres/WD7794/l-imagerie-medicale-en-odontologie.html#tabdesc>
6. Loeb I. Imagerie dento-maxillaire. Approche radio-clinique 3e édition R. Cavezian, G. Pasquet, G. Bel, G. Baller Ed. Masson, novembre 2006. /data/revues/00351768/01080002/165/ [Internet]. 22 févr 2008 [cité 19 sept 2017]; Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/en/article/95298>
7. Pasquet G, Cavezian R. le point sur... - Moyens diagnostiques en imagerie odonto-stomatologique cone beam : résultats. *Datarevues0221036300905-C2618* [Internet]. 4 juin 2009 [cité 19 sept 2017]; Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/en/article/218184>
8. Cavézian R, Pasquet G. [Cone Beam computerized tomography and implants]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* sept 2012;113(4):245-58.
9. Masson E. Imagerie Cone Beam et implants [Internet]. *EM-Consulte.* [cité 19 sept 2017]. Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/article/749402/alertePM>
10. Jacobs R, Adriansens A, Verstreken K, Suetens P, van Steenberghe D. Predictability of a three-dimensional planning system for oral implant surgery. *Dento Maxillo Facial Radiol.* mars 1999;28(2):105-11.
11. Liang X, Jacobs R, Hassan B, Li L, Pauwels R, Corpas L, et al. A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and Multi-Slice CT (MSCT) Part I. On subjective image quality. *Eur J Radiol.* août 2010;75(2):265-9.
12. Macleod I, Heath N. Cone-beam computed tomography (CBCT) in dental practice. *Dent Update.* nov 2008;35(9):590-2, 594-8.

13. Jaju PP, Jaju SP. Clinical utility of dental cone-beam computed tomography: current perspectives. *Clin Cosmet Investig Dent* [Internet]. 2 avr 2014 [cité 19 sept 2017];6:29-43. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3979889/>
14. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am*. oct 2008;52(4):707-730, v.
15. Al-Harbi SA, Sun AYT. Implant placement accuracy when using stereolithographic template as a surgical guide: preliminary results. *Implant Dent*. févr 2009;18(1):46-56.
16. Besimo CE, Lambrecht JT, Guindy JS. Accuracy of implant treatment planning utilizing template-guided reformatted computed tomography. *Dento Maxillo Facial Radiol*. janv 2000;29(1):46-51.
17. Brånemark PI, Adell R, Albrektsson T, Lekholm U, Lindström J, Rockler B. An experimental and clinical study of osseointegrated implants penetrating the nasal cavity and maxillary sinus. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. août 1984;42(8):497-505.
18. Di Giacomo GAP, Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. *J Periodontol*. avr 2005;76(4):503-7.
19. Ersoy AE, Turkyilmaz I, Ozan O, McGlumphy EA. Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants. *J Periodontol*. août 2008;79(8):1339-45.
20. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CHF, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:92-109.
21. Nickenig H-J, Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg*. juill 2007;35(4-5):207-11.
22. Nickenig H-J, Wichmann M, Hamel J, Schlegel KA, Eitner S. Evaluation of the difference in accuracy between implant placement by virtual planning data and surgical guide templates versus the conventional free-hand method - a combined in vivo - in vitro technique using cone-beam CT (Part II). *J Cranio-Maxillo-fac Surg Off Publ Eur Assoc Cranio-Maxillo-fac Surg*. oct 2010;38(7):488-93.
23. Geng W, Liu C, Su Y, Li J, Zhou Y. Accuracy of different types of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement. *Int J Clin Exp Med* [Internet]. 15 juin 2015 [cité 19 sept 2017];8(6):8442-9. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4538014/>
24. Ruppin J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C. Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems. *Clin Oral Implants Res*. juill 2008;19(7):709-16.

25. Soares MM, Harari ND, Cardoso ES, Manso MC, Conz MB, Vidigal GM. An in vitro model to evaluate the accuracy of guided surgery systems. *Int J Oral Maxillofac Implants*. août 2012;27(4):824-31.
26. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clin Oral Implants Res*. sept 2009;20 Suppl 4:73-86.
27. Barone A, Rispoli L, Vozza I, Quaranta A, Covani U. Immediate restoration of single implants placed immediately after tooth extraction. *J Periodontol*. nov 2006;77(11):1914-20.
28. Nedir R, Bischof M, Briaux J-M, Beyer S, Szmukler-Moncler S, Bernard J-P. A 7-year life table analysis from a prospective study on ITI implants with special emphasis on the use of short implants. Results from a private practice. *Clin Oral Implants Res*. avr 2004;15(2):150-7.
29. Covani U, Cornelini R, Barone A. Vertical crestal bone changes around implants placed into fresh extraction sockets. *J Periodontol*. mai 2007;78(5):810-5.
30. Krekmanov L, Kahn M, Rangert B, Lindström H. Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. *Int J Oral Maxillofac Implants*. juin 2000;15(3):405-14.
31. Misch CE. Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive boen loading. *Int J Oral Implantol*. 1990;6(2):23-31.
32. Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. févr 2009;67(2):394-401.
33. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res*. oct 2006;17 Suppl 2:35-51.
34. Saadoun AP, Le MG, Touati B. Current trends in implantology: Part 1--Biological response, implant stability, and implant design. *Pract Proced Aesthetic Dent PPAD [Internet]*. août 2004 [cité 19 sept 2017];16(7):529-35; quiz 536, 521. Disponible sur: <http://europepmc.org/abstract/med/15485167>
35. Schropp L, Isidor F. Timing of implant placement relative to tooth extraction. *J Oral Rehabil*. janv 2008;35 Suppl 1:33-43.
36. Tawil G, Younan R. Clinical evaluation of short, machined-surface implants followed for 12 to 92 months. *Int J Oral Maxillofac Implants*. déc 2003;18(6):894-901.
37. Testori T, Wiseman L, Woolfe S, Porter SS. A prospective multicenter clinical study of the Osseotite implant: four-year interim report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. avr 2001;16(2):193-200.
38. Testori T, Del Fabbro M, Szmukler-Moncler S, Francetti L, Weinstein RL. Immediate occlusal loading of Osseotite implants in the completely edentulous mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. août 2003;18(4):544-51.

39. Chen ST, Beagle J, Jensen SS, Chiapasco M, Darby I. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding surgical techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:272-8.
40. Zawawi KH, Al-Badawi EA, Lobo SL, Melis M, Mehta NR. An index for the measurement of normal maximum mouth opening. *J Can Dent Assoc*. déc 2003;69(11):737-41.
41. Davarpanah M, Caraman M, Jakubowicz-Kohen B, Kebir-Quelin M, Szmukler-Moncler S. Prosthetic success with a maxillary immediate-loading protocol in the multiple-risk patient. *Int J Periodontics Restorative Dent*. avr 2007;27(2):161-9.
42. Lazzara RJ, Testori T, Meltzer A, Misch C, Porter S, del Castillo R, et al. Immediate Occlusal Loading (IOL) of dental implants: predictable results through DIEM guidelines. *Pract Proced Aesthetic Dent PPAD*. mai 2004;16(4):3-15.
43. Ostman P-O, Hellman M, Sennerby L, Wennerberg A. Temporary implant-supported prosthesis for immediate loading according to a chair-side concept: technical note and results from 37 consecutive cases. *Clin Implant Dent Relat Res*. mai 2008;10(2):71-7.
44. Azari A, Nikzad S. Computer-assisted implantology: historical background and potential outcomes-a review. *Int J Med Robot Comput Assist Surg MRCAS*. juin 2008;4(2):95-104.
45. Ganz SD. Computer-aided design/computer-aided manufacturing applications using CT and cone beam CT scanning technology. *Dent Clin North Am*. oct 2008;52(4):777-808, vii.
46. Harder S, Kern M. Survival and complications of computer aided-designing and computer-aided manufacturing vs. conventionally fabricated implant-supported reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implants Res*. sept 2009;20 Suppl 4:48-54.
47. Kapos T, Ashy LM, Gallucci GO, Weber H-P, Wismeijer D. Computer-aided design and computer-assisted manufacturing in prosthetic implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:110-7.
48. Wittneben J-G, Wright RF, Weber H-P, Gallucci GO. A systematic review of the clinical performance of CAD/CAM single-tooth restorations. *Int J Prosthodont*. oct 2009;22(5):466-71.
49. Davarpanah K, Demurashvili G, Daas M, Rajzbaum P, Capelle-Ouadah N, Szmukler-Moncler S, et al. *Implantologie assistée par ordinateur*. /data/revues/00351768/v113i4/S0035176812001301/ [Internet]. 7 sept 2012 [cité 23 sept 2017]; Disponible sur: <http://www.em-consulte.com/en/article/749403>
50. [www.unitheque.com](http://www.unitheque.com). Les traitements implantaires avec Nobelguide [Internet]. [cité 23 sept 2017]. Disponible sur: [http://www.unitheque.com/Livre/quintessence\\_international/Les\\_traitements\\_implantaires\\_avec\\_Nobelguide-25014.html](http://www.unitheque.com/Livre/quintessence_international/Les_traitements_implantaires_avec_Nobelguide-25014.html)

51. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants.* août 2003;18(4):571-7.
52. Vercruyssen M, Jacobs R, Van Assche N, van Steenberghe D. The use of CT scan based planning for oral rehabilitation by means of implants and its transfer to the surgical field: a critical review on accuracy. *J Oral Rehabil.* juin 2008;35(6):454-74.
53. Van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, et al. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol.* sept 2007;34(9):816-21.
54. Torricelli P, Fini M, Giavaresi G, Rimondini L, Tschon M, Rimondini R, et al. Chronic alcohol abuse and endosseous implants: linkage of in vitro osteoblast dysfunction to titanium osseointegration rate. *Toxicology [Internet].* janv 2008 [cité 7 nov 2017];243(1-2):138-44. Disponible sur: <http://europepmc.org/abstract/med/17997004>
55. Choukroun J, Khoury G, Khoury F, Russe P, Testori T, Komiyama Y, et al. Two neglected biologic risk factors in bone grafting and implantology: high low-density lipoprotein cholesterol and low serum vitamin D. *J Oral Implantol.* févr 2014;40(1):110-4.
56. Buser D, Chen ST, Weber HP, Belser UC. Early implant placement following single-tooth extraction in the esthetic zone: biologic rationale and surgical procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent.* oct 2008;28(5):441-51.
57. Chu SJ, Salama MA, Salama H, Garber DA, Saito H, Sarnachiaro GO, et al. The dual-zone therapeutic concept of managing immediate implant placement and provisional restoration in anterior extraction sockets. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. août 2012;33(7):524-32, 534.
58. SAGA : PRISE EN CHARGE IMPLANTAIRE DIGITALISÉE – Episode 1 – Le bilan implantaire : ConnectDental Campus [Internet]. [cité 13 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.connectdentalcampus.fr/article/saga-prise-en-charge-implantaire-digitalisee%E2%80%A8-episode-1-le-bilan-implantaire%E2%80%A8/>
59. SAGA : PRISE EN CHARGE IMPLANTAIRE DIGITALISÉE – Episode 2 – Chirurgie implantaire guidée par ordinateur : ConnectDental Campus [Internet]. [cité 13 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.connectdentalcampus.fr/article/saga-prise-en-charge-implantaire-digitalisee%E2%80%A8-episode-2-chirurgie-implantaire-guidee-par-ordinateur/>
60. SAGA : PRISE EN CHARGE IMPLANTAIRE DIGITALISÉE – Episode 5 – Pose des prothèses d'usage et Bilan : ConnectDental Campus [Internet]. [cité 13 déc 2017]. Disponible sur: <http://www.connectdentalcampus.fr/article/saga-prise-en-charge-implantaire-digitalisee-episode-5-pose-des-protheses-dusage-et-bilan/>
61. Davarpanah M, Rajzbaum P, Szmukler-Moncler S, Sater S, Belinchon Sanchez A, Zyman P. *Implantologie: décisions et séquences thérapeutiques.* Paris, France: Espace ID; 2016. 191 p.

62. Patel N. Integrating Three-Dimensional Digital Technologies for Comprehensive Implant Dentistry. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 1 juin 2010 [cité 14 déc 2017];141:20S-24S. Disponible sur: [http://jada.ada.org/article/S0002-8177\(14\)63737-5/fulltext](http://jada.ada.org/article/S0002-8177(14)63737-5/fulltext)
63. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res*. janv 2013;24(1):111-5.
64. Sirona - CEREC Guide [Internet]. [cité 22 déc 2017]. Disponible sur: <http://manuals.sirona.com/fr/la-dentisterie-numerique/l-implantologie-integree/cerec-guide.html>
65. Veitz-Keenan A. Marginal bone loss and dental implant failure may be increased in smokers. *Evid Based Dent*. mars 2016;17(1):6-7.
66. Linkevicius T, Puisys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L. Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res*. déc 2015;17(6):1228-36.
67. Zucchelli G, Mazzotti C, Mounssif I, Mele M, Stefanini M, Montebugnoli L. A novel surgical-prosthetic approach for soft tissue dehiscence coverage around single implant. *Clin Oral Implants Res*. sept 2013;24(9):957-62.
68. Testori T, Del Fabbro M, Capelli M, Zuffetti F, Francetti L, Weinstein RL. Immediate occlusal loading and tilted implants for the rehabilitation of the atrophic edentulous maxilla: 1-year interim results of a multicenter prospective study. *Clin Oral Implants Res*. mars 2008;19(3):227-32.
69. Yamane M, Yamaoka M, Hayashi M, Furutoyo I, Komori N, Ogiso B. Measuring tooth mobility with a no-contact vibration device. *J Periodontal Res*. févr 2008;43(1):84-9.

## Table des illustrations :

Figure 1 :	guide issu d'un bloc PMMA (à gauche) et impression 3D (à droite) .....	17
Figure 2 :	Usineuses MCX et MCXL (Dentsply Sirona) de cabinet .....	19
Figure 3 :	Usineuse MCX5 de laboratoire (Dentsply Sirona) .....	19
Figure 4 :	Grille d'évaluation clinique (selon Implantologique de M.Davarpanah) .....	21
Figure 5 :	Acquisition numérique comprenant les projets prothétiques (CEREC Dentsply Sirona) .....	22
Figure 6 :	Conception prothétique digitale (CEREC Dentsply Sirona).....	23
Figure 7 :	Scanner hospitalier et un exemple de rendu sous forme de planches(6).....	24
Figure 8 :	un appareil de radiographie 3D, vue schématique du faisceau conique(11).....	24
Figure 9 :	Exemple de planification implantaire par CEREC guide 2 GALILEOS (CEREC DentsplySirona) ....	26
Figure 10 :	Reconnaissance de la topographie tissulaire sur GALILEOS (Dentsply Sirona) .....	28
Figure 11 :	Détermination du nerf alvéolaire inférieur pour implant 36 (Dentsply Sirona).....	29
Figure 12 :	Implant angulé selon le projet prothétique et le trajet du nerf mandibulaire (Dentsply Sirona) 29	
Figure 13 :	Fenêtre de dialogue permettant le choix de l'implant sur GALILEOS (Dentsply Sirona).....	30
Figure 14 :	Prévision d'une fenestration pour augmentation latérale (Dentsply Sirona) .....	30
Figure 15 :	Fenêtre de dialogue permettant le choix du pilier sur Galileos (Dentsply Sirona) .....	31
Figure 16 :	Simulation trop proche du nerf alvéolaire inférieur (7) .....	31
Figure 17 :	Simulation mettant en évidence le parallélisme implantaire ainsi que les rapports avec le nerf mandibulaire (7).....	32
Figure 18 :	Superposition numérique en vue d'extraction (9) .....	32
Figure 19 :	Mise en évidence du nerf alvéolaire inférieur (Dentsply Sirona).....	33
Figure 20 :	Vue schématique des distances à respecter (US National Library of Medicine).....	34
Figure 21 :	Droite : modélisation du guide ; Gauche : Usinage du bloc PMMA (Dentsply Sirona) .....	34
Figure 22 :	Exemple d'un guide intéressant un édentement terminal (49) .....	35
Figure 23 :	Simulation de la position du guide dans le bloc PMMA (Dentsply Sirona) .....	36
Figure 24 :	Conception d'une prothèse provisoire en per-opérateur (Dentsply Sirona) .....	37
Figure 25 :	Vue schématique d'un protocole Sinus-lift (Dr Allie Mohamed ;maxillosurgeon.co.za) .....	38
Figure 26 :	Trousse de chirurgie guidée (NeOss Guide) .....	40
Figure 27 :	Drill Keys CEREC guide de Sirona° (Dentsply Sirona).....	40
Figure 28 :	Illustration du volume occupé par le guide et du système de pose implantaire (Journal of Prosthetic Dentistry).....	41
Figure 29 :	Tableau hiérarchisant la difficulté des cas selon trois paramètres (49).....	43
Figure 30 :	Guide d'appui dentaire antérieur (49) .....	43
Figure 31 :	Implant posé avec levée de lambeau (49).....	43
Figure 32 :	Crête édentée postérieure, cas encastré (49).....	44
Figure 33 :	Vue des canons du guide (49).....	44
Figure 34 :	Crête édentée postérieure mandibulaire (49) .....	45
Figure 35 :	Vue des canons du guide et des implants posés (49).....	45
Figure 36 :	Vue latérale du guide chirurgical (49) .....	46
Figure 37 :	Implant posé selon une technique sans levée de lambeau (49) .....	46
Figure 38 :	Guide et implants posés dans le cas d'un édentement terminal sans lambeau (49).....	47
Figure 39 :	Édentements concernant deux secteurs d'une même arcade (49) .....	48
Figure 40 :	Mesures de précision mettant en évidence la déviation par rapport au projet initial (49)....	50
Figure 41 :	Mesures de précision recroisant plusieurs études et systèmes (15,16,18,19,49) .....	51
Figure 42 :	Radiographie rétroalvéolaire de contrôle de l'ostéo-intégration ; Vue clinique du masque gingival (61)	52
Figure 43 :	Mise en place de Scanbodies permettant l'indexation des implants.....	53

---

Vincent BARNOUIN

2018-TOU3-3042

---

**INTERÊTS DU CEREC GUIDE 2 DANS L'IMPLANTOLOGIE NUMERIQUE UNITAIRE OU DE PETITE ETENDUE AU CABINET DENTAIRE**

---

**RÉSUMÉ EN FRANÇAIS :**

L'implantologie s'est présentée, ces dernières années, comme discipline de choix dans le remplacement des dents absentes. Elle présente cependant son lot d'imprécisions et de risques, autant pour le praticien que pour le patient.

Ce travail a pour but de montrer qu'un guide chirurgical en implantologie assistée par ordinateur, bien que restrictif et contraignant, et même pour les cas unitaires ou de faibles étendues, apporte un nouveau degré de précision et de sécurité opérateur. Il est aujourd'hui possible de les réaliser au cabinet dentaire dans la pratique quotidienne. Le CEREC Guide 2 est un guide chirurgical réalisé par CFAO et par usinage au sein d'un cabinet dentaire équipé de l'écosystème adéquat.

---

**TITRE EN ANGLAIS : INTERESTS OF THE CEREC GUIDE 2 IN UNITARY DIGITAL IMPLANTOLOGY FOR DENTAL OFFICE**

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie Dentaire**

---

**MOTS-CLEFS : Implantologie ; Implant unitaire ; Chirurgie Guidée ; CEREC Guide 2, CAO ; CFAO ; CAMDAM**

---

**INTITULÉ ET ADRESSE DE L'U. F. R. OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III- Paul Sabatier

Faculté de Chirurgie Dentaire 3, chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex 9

---

**DIRECTEURS DE THÈSE : Messieurs Rémi ESCLASSAN et Karim NASR**