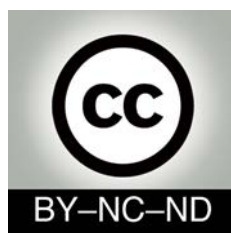


Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



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

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD-LYON I

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

THESE N°2019 LYO 1D 081

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 12/11/2019

Par

Lilian Bois

Né le 29 Novembre 1994, à Arnas (69)

UTILISATION DU X-GUIDE NOBEL BIO CARE : CAS CLINIQUES

JURY

Monsieur Cyril Villat Professeur des Universités (Président)

Monsieur Bruno Comte, Maître de Conférences (Assesseur)

Monsieur Gilbert Viguié, Maître de Conférences (Assesseur)

Monsieur Laurent Venet, Praticien hospitalier (Assesseur)

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

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

SECTEUR SANTE

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

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. F. DE MARCHI, Maître de Conférences
UFR des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y. VANPOULLE, Professeur Agrégé
Institut Universitaire de Technologie Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
Ecole Polytechnique Universitaire de l'Université Lyon 1	Directeur : M. E. PERRIN
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : M. N. LEBOISNE, Maître de Conférences
Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education (ESPE)	Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE
Observatoire de Lyon	Directrice : Mme la Professeure I. DANIEL
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT

FACULTE D'ODONTOLOGIE DE LYON

Doyenne : Mme Dominique SEUX, Professeure des Universités
Vices-Doyens : M. Jean-Christophe MAURIN, Professeur des Universités
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE

SOUS-SECTION 56-01 : **ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Professeur des Universités : M. Jean-Jacques MORRIER
Maître de Conférences : Mme Sarah GEBEILE-CHAUTY, Mme Claire PERNIER,
Maître de Conférences Associée Mme Christine KHOURY

SOUS-SECTION 56-02 : **PREVENTION - EPIDEMIOLOGIE ECONOMIE DE LA SANTE - ODONTOLOGIE LEGALE**

Professeur des Universités M. Denis BOURGEOIS
Maître de Conférences M. Bruno COMTE
Maître de Conférences Associé M. Laurent LAFOREST

SOUS-SECTION 57-01 : **CHIRURGIE ORALE – PARODONTOLOGIE – BIOLOGIE ORALE**

Professeur des Universités : M. J. Christophe FARGES, Mme Kerstin GRITSCH
Maîtres de Conférences : Mme Anne-Gaëlle CHAUX-BODARD, M. Thomas FORTIN,
M. Arnaud LAFON
Mme Béatrice THIVICHON-PRINCE, M. François VIRARD
Maître de Conférences Associé M. BEKHOUCHE Mourad

SOUS-SECTION 58-01 : **DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESE, FONCTION-DYSFONCTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX**

Professeurs des Universités : M. Pierre FARGE, Mme Brigitte GROSGOGEAT,
M. Jean-Christophe MAURIN, Mme Catherine MILLET, M. Olivier ROBIN,
Mme Dominique SEUX, M. Cyril VILLAT
Maîtres de Conférences : M. Maxime DUCRET, M. Patrick EXBRAYAT, M. Christophe JEANNIN,
M. Renaud NOHARET, M. Thierry SELLI, Mme Sophie VEYRE-GOULET,
M. Stéphane VIENNOT, M. Gilbert VIGUIE
Maîtres de Conférences Associés M. Hazem ABOUELLEIL,

SECTION 87 : **SCIENCES BIOLOGIQUES FONDAMENTALES ET CLINIQUES** Maître de Conférences Mme Florence CARROUEL

À Notre Président du Jury,

Dr Cyril Villat,

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

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Ancien Interne en Odontologie

Docteur de l'Ecole Centrale Paris

Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous

nous faites en acceptant de présider notre jury de thèse.

Merci pour votre bienveillance durant toutes ces années d'apprentissages.

Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.

À Notre directeur de Thèse

Dr Bruno Comte

Maître de Conférences à l'UFR d'Odontologie de Lyon
Praticien-Hospitalier
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Lyon I
Responsable de la sous-section Prévention

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant
de diriger notre travail avec autant de bienveillance, de disponibilité et de rigueur.

Nous avons été très sensibles à l'attention que vous nous avez portée.

Nous vous remercions pour la richesse de vos enseignements cliniques.

Que cette thèse vous exprime toute notre estime et notre profond respect.

À Nos Juges,

Dr Gilbert Viguié,

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

Praticien-Hospitalier

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Lyon I

Responsable de la sous-section Prothèses

Nous sommes très honorés de votre présence dans notre jury.

Nous avons pu apprécier vos compétences professionnelles et vos qualités humaines.

Soyez assuré de notre profond respect.

Dr Laurent Venet,

Assistant hospitalo-universitaire au CSERD de Lyon
Ancien Interne en Odontologie
Docteur en Chirurgie Dentaire
Praticien-Hospitalier Contractuel

Nous sommes très honorés de votre présence dans notre jury.

Nous avons pu apprécier vos compétences professionnelles et vos qualités humaines.

Nous vous remercions pour le soutien que vous avez su nous accorder durant l'élaboration de
cette thèse.

Soyez assuré de notre profond respect

Sommaire

Introduction	p.10
I- État de l’art	p.12
I.1.Chirurgie à main levé	p.12
I.2.Chirurgie Guidée	p.13
I.2.1.Processus de fabrication d’un guide chirurgical	p.13
I.2.1.1. Guide à appui dentaire	p.14
I.2.1.2. Guide à appui muqueux	p.15
I.2.2.Précision des guides chirurgicaux	p.17
II- Apport de la navigation dynamique	p.19
II.1. Le X-Guide de Nobel Biocare	p.19
II.2. Comparé à la chirurgie à main levée	p.25
II.2.1 Gain de précision	p.25
II.2.2 Gain de temps	p.27
II.2.3 Confort patient/praticien	p.29
II.2.3.1 Confort patient	p.29
II.2.1.1. Confort praticien	p.29
II.2.4 Biologie	p.30

II.2.5	Rentabilité de l'équipement	p.31
II.2.6	Accès aux chirurgies complexes	p.31
II.3.	Comparé à la chirurgie guidée	p.31
III-	Cas cliniques	p.34
III.1.	Protocole comparatif	p.34
III.1.1.	Protocole préopératoire au cabinet	p.34
III.1.2.	Protocole peropératoire au cabinet	p.34
III.1.3.	Protocole post-opératoire au cabinet	p.35
III.1.3.1.	Profondeur de forage	p.35
III.1.3.2.	Déviations du point d'impact	p.35
III.1.3.3.	Déviations de l'axe de forage	p.36
III.2.	Comparaison avec X-Guide	p.37
III.2.1.	Pose d'un implant unitaire 47	p.37
III.2.2.	Pose de deux implants unitaires 12 et 22	p.40
III.3.	Comparaison à main levée	p.42
III.3.1.	Pose implant chez patient édenté complet	p.42
Conclusion		p.47

Utilisation du X-Guide de Nobel Biocare :

Cas Cliniques.

Introduction

Au début des années 1980, le Professeur Branemark dévoile les découvertes qu'il a fait au sujet de la biocompatibilité du titane avec l'os, et de la possibilité de créer une racine artificielle permettant de réhabiliter prothétiquement les patients édentés complets.

Quarante années plus tard l'implantologie est en plein essor et les problématiques sont désormais tout autres. Le problème désormais est de poser des implants dans la position idéale en tenant compte du support osseux, de l'occlusion et de l'intégration esthétique.

L'un des biais actuels de l'implantologie est la difficulté pour le praticien à reproduire avec exactitude ce qu'il a construit avec précision sur un logiciel de planification. Suite à la réalisation d'un scanner préalable, le praticien positionne sur le logiciel d'implantologie les implants qui correspondent à la situation clinique : choix de la longueur, de la largeur et de l'inclinaison de l'implant dans les 3 sens de l'espace. La suite se passe en salle de chirurgie. Le praticien face à la planification cherche à reproduire cette dernière en s'adaptant au site opératoire. La difficulté de cet exercice rend la pose d'implants parfois imparfaite quant à l'axe, la position ou la longueur de forage. Sur des cas complexes si la position de l'implant est un peu trop vestibulaire ou palatine, on peut avoir une épaisseur d'os résiduel insuffisante et donc créer des récessions per-op et post-op.

En 2018, Nobel Biocare, entreprise créée par le Professeur Branemark en 1981 lors de la commercialisation des premiers implants dentaires, commercialise le système X-Guide.

Cet appareil permet, selon la société Nobel, la pose d'implant assisté par ordinateur.

A l'aide de capteurs positionnés à la fois sur le patient et sur le contre angle, l'appareil guide le praticien afin de poser l'implant dans la position prédéfinie dans le logiciel d'implantologie par le praticien.

Dans un premier temps nous allons étudier les différentes méthodes de chirurgies utilisées actuellement. Dans une deuxième partie nous évaluerons les apports du système X-Guide par rapport aux techniques précédemment décrites. Enfin verrons les applications cliniques du X-Guide de Nobel dans plusieurs situations cliniques, et nous étudierons sa fiabilité. Le but est de savoir si la reproductibilité entre planification et situation post chirurgicale est suffisante pour permettre au praticien d'éviter de créer un lambeau d'accès, qui représente la plus grande partie de la douleur post chirurgicale pour le patient.

I- État de L'art

I.1 Chirurgie à main levée.

Actuellement dans le cas d'implants unitaires ou avec un édentement plural restreint le gold standard reste la chirurgie à main levée.

Une fois l'anesthésie réalisée et le lambeau élevé, le praticien visualise de façon direct le volume osseux.

Les implants sont posés en fonction d'un projet prothétique qui a été réalisé au préalable ou que le praticien connaît avec l'expérience. Le but va être de se positionner au niveau du centre de la future couronne avec un axe pointant vers la cuspide palatine pour un implant mandibulaire et vers le sillon principal pour un implant maxillaire.

Le positionnement des points d'impact dépend de la largeur de la crête et de la longueur de l'édentement. Le praticien doit conserver une quantité d'os résiduel suffisante pour permettre une bonne cicatrisation de l'os autour de l'implant. Il doit conserver une épaisseur d'os d'environ 1,5mm autour de l'implant.

Pour un édentement encastré unitaire, il va se placer au milieu de l'édentement. En revanche pour un édentement plural, il calculera la position du point d'impact pour que l'implant soit positionné au centre de la future couronne.

La technique à main levée reste suffisante pour des chirurgies simples où l'on peut s'appuyer sur la présence des dents adjacentes pour être guidé pour la position du point d'impact et de l'axe à suivre. Cependant, pour des chirurgies plus complexes où le volume osseux résiduel est faible, ou qu'il n'existe plus beaucoup de repère anatomique en bouche, il est préférable d'être guidé lors de la chirurgie. Dans ces cas, le praticien peut avoir recours à différents types de guide physique.

I.2 Chirurgie Guidée

Pour les situations plus complexes, les praticiens peuvent recourir à l'utilisation de guides chirurgicaux physiques. Il en existe plusieurs types.

- Chirurgie guidée pilote : le guide permet le passage du premier foret dit pilote dans l'axe et à la profondeur pré-établie. Le reste de la chirurgie est fait à main levée.
- La chirurgie "half-guided" : l'ensemble des forets sont guidés mais la pose de l'implant lui se fait à main levée.
- La chirurgie "full-guided" : le guide chirurgical conduit toute la séquence de forage ainsi que la mise en place de l'implant.

I.2.1 Processus de fabrication d'un guide chirurgical

La réalisation d'un guide chirurgical demande des étapes préliminaires. (1)

La première étape est la réalisation d'un CBCT. Cette étape ne s'ajoute pas au processus général puisque le praticien est obligé d'avoir un support d'imagerie pour la pose de l'implant.

En revanche nous rajoutons au processus classique à main levée une étape d'empreinte, soit physique soit optique. La technique la plus classique reste l'empreinte physique, coulée puis scannée au laboratoire. Une fois ces étapes réalisées, nous obtenons une représentation en 2 dimensions de l'arcade du patient.

Une fois ces deux fichiers obtenus, il est nécessaire de les faire correspondre. Pour cela nous allons identifier des zones remarquables comme les puits, sillons et pointes cuspidiennes.

Nous obtenons enfin un volume en 3 dimensions de l'anatomie buccale, à la fois des tissus mous et des tissus durs.

La planification peut enfin être réalisée et envoyée au laboratoire pour impression du guide.

I.2.1.1 Guide à appui dentaire.

Ces guides sont utilisés pour des édentements complexes où le volume osseux résiduel permet de poser un implant, mais où les repères anatomiques ne permettent pas au praticien d'être guidé. Par exemple pour la pose de deux implants en position de deux incisives latérales maxillaires, l'axe des dents peut être trop vestibulé par rapport à l'axe de l'implant que nous allons devoir poser. Cependant comment anguler dans le bon axe l'implant ? Il est plutôt simple de poser un implant de façon parallèle à la dent adjacente mais, quand il s'agit de poser l'implant à 15° par rapport à l'axe de la canine, il est impossible de le faire de façon exacte à main levée. C'est pourquoi l'utilisation d'un guide physique à appui dentaire est une bonne solution dans ces situations.

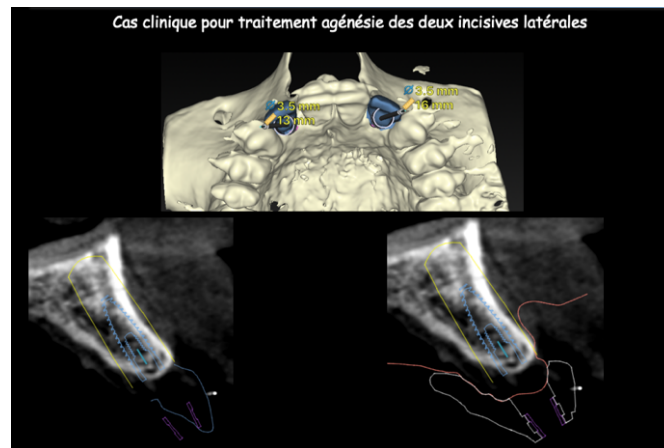


Figure 1

Planification de deux implants dentaires en position 12 et 22

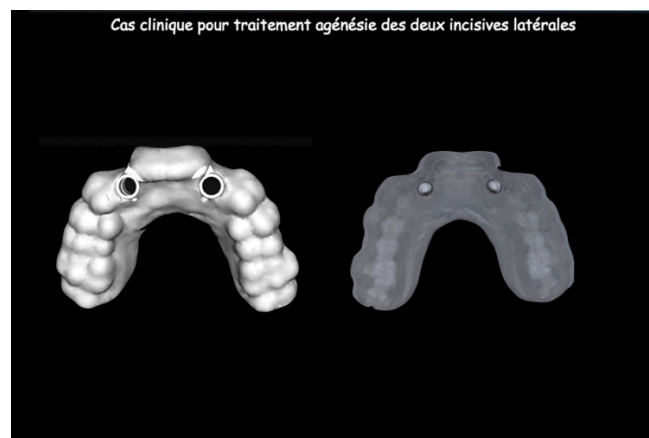


Figure 2

Guide chirurgical pour pose de 2 implants en position 12 et 22

I.2.1.2 Guide à appui muqueux

Ces guides sont utilisés pour les édentés complets ou aucun repère n'est utilisable. Il n'existe pas de dent résiduelle qui puisse guider le praticien. La technique consiste donc à créer un guide chirurgical, qui, une fois fixé précisément contre la muqueuse, nous donne la position des points d'impact et l'axe à suivre grâce à des puits de forages.

Pour l'édenté complet, la réalisation du guide chirurgical est plus complexe car lors de l'étape du matching aucun élément ne peut être superposé.

L'étape de matching, dans le cas de l'édenté total, fait appel à une solution de double scan. C'est la prothèse totale du patient qui va servir d'intermédiaire de matching. Cette prothèse va également être utilisée comme projet prothétique. Le futur guide chirurgical sera une copie exacte de la prothèse du patient, incrémenté des tubes de guidage. Pour cette technique, il est impératif que la prothèse totale du patient réponde aux critères de validités qui sont : sustentation, stabilisation et rétention.

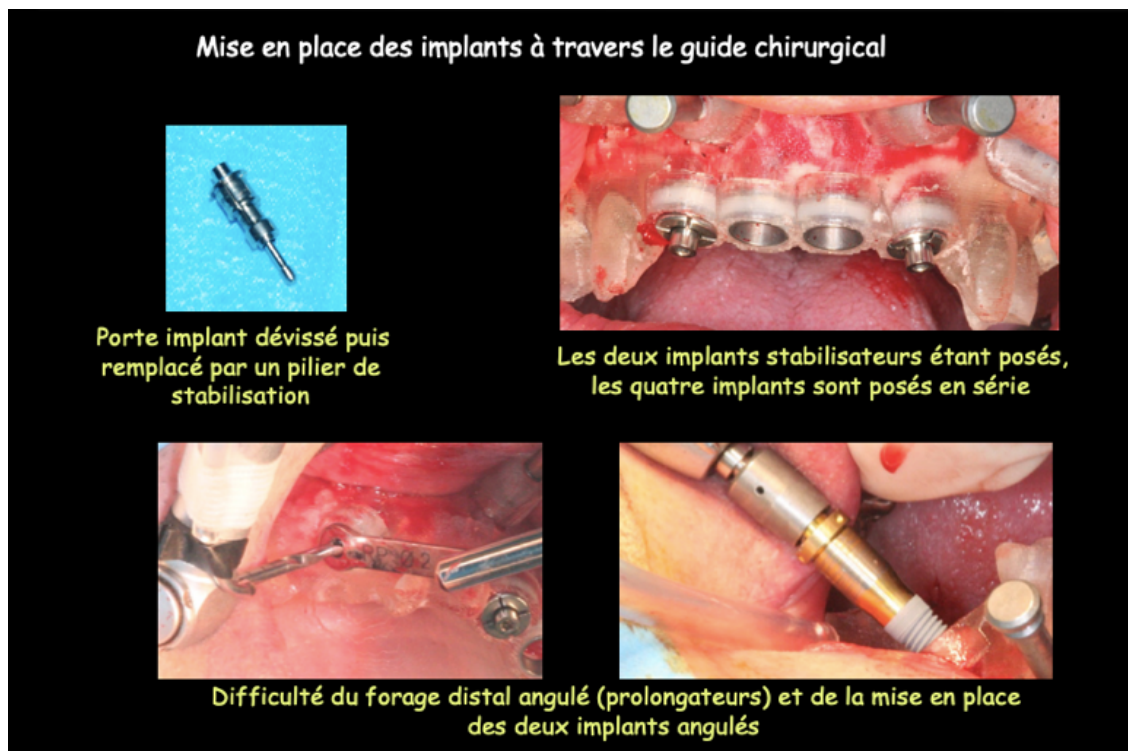


Figure 3

Pose de 2 implants en position 12 et 22 avec utilisation d'un guide chirurgical physique à appui dentaire

Elle doit également être fonctionnelle et esthétique, afin de valider le projet prothétique.

Si le patient ne possède pas d'appareil complet pour le moment il est nécessaire de réaliser des empreintes primaires et secondaires.

Le guide chirurgical sera stabilisé par des clavettes dont le positionnement est également à prévoir. Il est nécessaire de les répartir au mieux pour assurer une bonne stabilité du guide, tout en faisant attention de ne pas léser un élément noble.

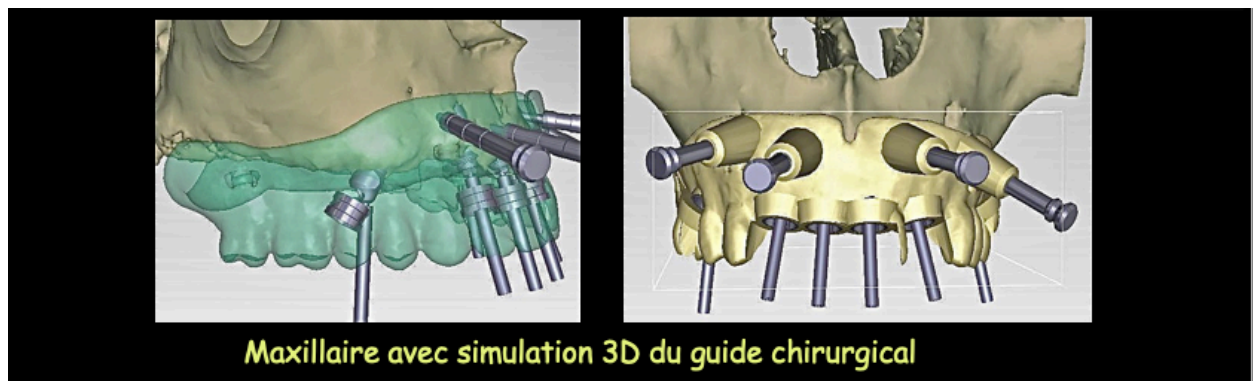


Figure 4

illustration de guides chirurgicaux

I.2.2 Précision des guides chirurgicaux

Plusieurs études ont cherché à évaluer la précision de ces guides (2)(3). La précision dépend principalement des étapes pré-chirurgicales lors de la fabrication.

La précision s'évalue autour de 4 critères principaux :

- L'angle α : l'angle de déviation entre l'axe de l'implant planifié et l'implant posé
- A : la distance en millimètres entre le col de l'implant planifié et le col de l'implant posé
- B : la distance en millimètres entre l'apex de l'implant planifié et l'apex de l'implant posé
- C : la variation en millimètres du niveau d'enfouissement

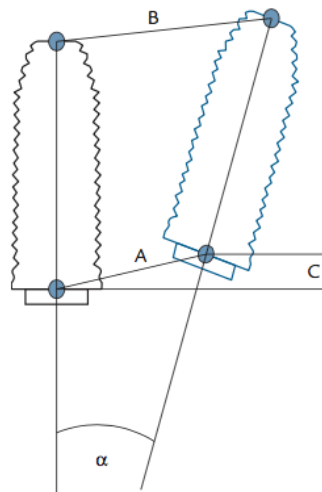


Figure 5

Paramètres de références dans la littérature (2)

Ces mesures sont comparées entre les différents types de chirurgie pour en évaluer la précision. Nous remarquons que dans les différentes études, ces mesures sont significativement plus grandes lors de chirurgies à main levée, la chirurgie guidée est donc plus précise (4)(5)(6)(7)(8). Il est important de comprendre que la précision dépend du support du guide. En ce sens les guides à appui dentaire sont plus fiables que les guides à appui muqueux.

Ces derniers restent cependant plus précis que la chirurgie à main levée chez l'édenté total (6). Le chirurgien doit toutefois intégrer le fait que le guide n'est pas d'une précision ultime et que des erreurs lors de la conception ou lors de la mise en place du guide aient pu survenir. Il est donc important que le chirurgien garde son sens clinique pour identifier une erreur éventuelle (10)(11).

En outre, il n'existe pas de différences significatives entre le positionnement en "full-guided" et en "half-guided". Tous deux offrent des résultats comparables (8)(12), bien que Bover-Ramos conseille tout de même de guider la pose de l'implant (13).

L'équipe de Vercryussen a réalisé en 2014 une étude prospective pour comparer le taux de succès à un an des implants posés en méthode conventionnelle et par chirurgie guidée (14). Elle ne démontre aucune différence significative.

Ces premiers résultats sont encourageants, mais il serait pertinent de mener d'autres études avec un suivi plus long. La revue systématique de la littérature de Laleman à ce sujet aboutit à des résultats similaires (15).

En 2018, Younes réalise une étude prospective randomisée comparant la précision des méthodes à main levée, guide pilote et "full-guided". Il conclut que dans les situations complexes, lorsque le positionnement de l'implant doit être précis, l'approche full-guided doit être considérée comme le gold standard (8). Il est clair que pour chaque patient, peu importe le contexte anatomique, le chirurgien doit parfaitement positionner l'implant selon les contraintes biologiques et prothétiques. Selon Younes, la chirurgie full-guided devrait donc être proposée systématiquement, puisqu'il n'existe pas de situation où un positionnement imparfait est acceptable.

Les avantages offerts par la chirurgie guidée avec guide physique poussent dans le sens de la démocratisation de son utilisation. Cependant des contraintes économiques et techniques existent (1)(16)(15). L'étude de Cohen sur l'état des lieux de la chirurgie guidée en France va dans ce sens car elle montre que 80,1% des praticiens interrogés pratiquant l'implantologie n'ont pas recours à la chirurgie guidée et 53,2% d'entre eux indiquent que la raison est l'importance du coût. De plus 18 autres pourcents considèrent que la mise en place de ce dispositif est trop complexe aux vues des étapes cliniques préalables (17).

Se pose alors la question de l'amélioration de cette technique. Comment supprimer toutes ces étapes cliniques préalables et diminuer le coût tout en gardant les avantages dans la précision et le confort praticien ?

II- Apport de la navigation dynamique

II-1: Le X-Guide de Nobel Biocare

Le X-Guide de Nobel est un appareil qui fonctionne grâce à des capteurs placés en bouche sur le contre angle et au-dessus du patient. Avant la chirurgie tous les instruments doivent être étalonnés et à chaque changement de foret une phase d'étalonnage est également nécessaire.



Figure 6 :

Illustration du dispositif X-GUIDE Nobel Biocare

Le patient porte en bouche un X-Clip. Cet objet est composé d'un matériel thermoformable qui une fois réchauffé grâce à un récipient d'eau chaude, devient malléable. À ce moment nous plaçons le X-Clip dans un récipient d'eau glacée afin qu'il retourne en phase solide.



Figure 7
X-Clip

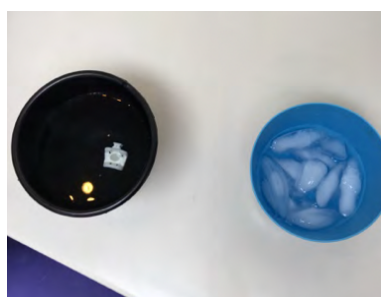


Figure 8
Récipient d'eau chaude et d'eau glacée

Ensuite le X-Clip est clipsé en bouche sur le côté opposé au site d'intervention. Le scanner préopératoire est alors réalisé avec le X-Clip en bouche.



Figure 9
Positionnement du X-Clip

Une fois le scanner pré opératoire réalisé nous commençons la planification. Le logiciel repère les trois billes métalliques placées sur le X-Clip. Si une bille n'a pas été enregistrée lors du CBCT la planification ne pourra pas commencer.



Figure 10

Matching de la radiographie tridimensionnelle et d'empreinte optique intra-oral.

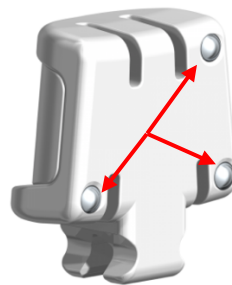


Figure 11

Shéma représentant les 3 billes métalliques du X-Clip



Figure 12

Positionnement d'un implant en 21.

Une fois la planification réalisée le patient peut être installé en salle de chirurgie. Le chariot chirurgical est préparé et l'étalonnage est réalisé. On peut contrôler la réussite de l'étalonnage en pointant avec le premier foret un élément anatomique connu et vérifié si la même chose se passe sur l'écran.

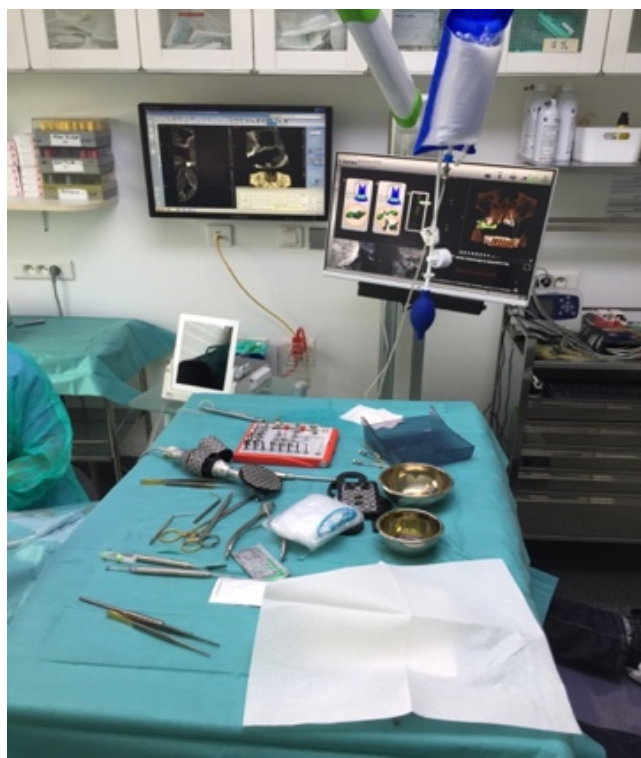


Figure 13

Salle de chirurgie équipée du système X-GUIDE



Figure 14

Salle de chirurgie équipée du système X-GUIDE

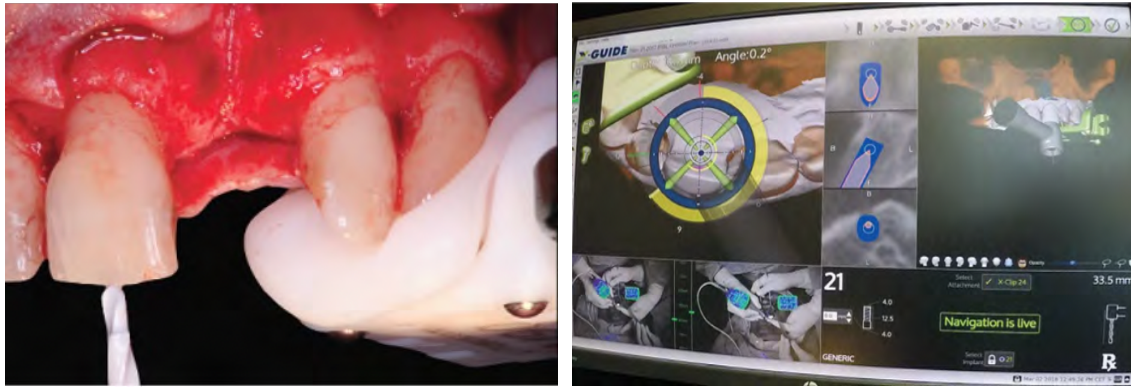


Figure 15

Vérification de la concordance entre la clinique et l'interface de navigation.

Après l'étape de l'anesthésie et du lambeau les premiers forets peuvent être passés. Une fois le foret mis sur le contre angle, il est placé au centre de la Go-Plate qui permet son étalonnage.



Figure 16

Étalonnage du nouveau foret à l'aide de la Go-Plate.

Le praticien s'approche alors du site opératoire, et la tête du contre angle est détecté par le système. Il suffit ensuite de placer le cercle qui représente l'axe du foret au milieu de la cible affichée à l'écran.

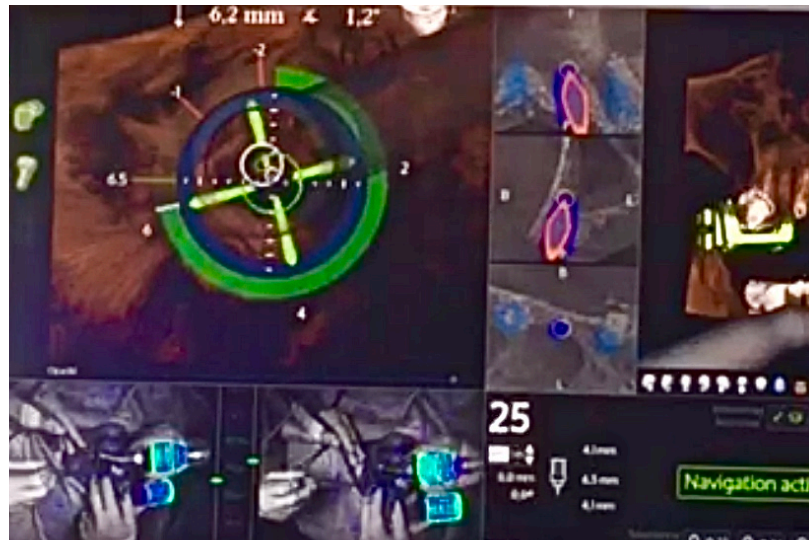


Figure 17

Illustration de l'écran d'ordinateur durant la chirurgie

Le forage peut alors commencer. Le cercle blanc représentant la tête du contre angle doit rester dans le cercle centrale. La cible est entourée d'une jauge de profondeur dont la couleur change au fur et à mesure que nous nous rapprochons de la profondeur de forage finale. Au moment où la profondeur de forage est atteinte la jauge devient rouge et un signal sonore va avertir le praticien pour stopper le forage.

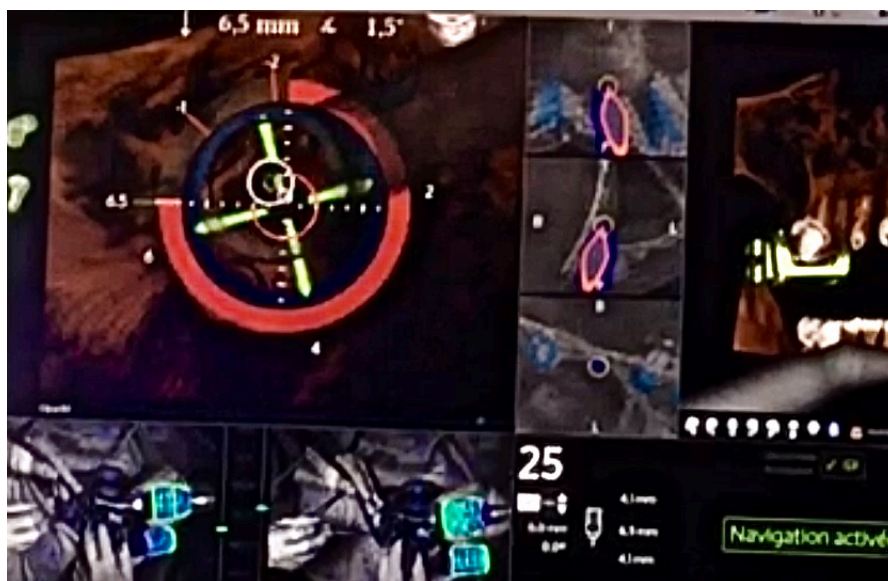


Figure 18

illustration de l'écran d'ordinateur durant la chirurgie

La dernière calibration est celle correspondant à l'implant sur son porte-implant :

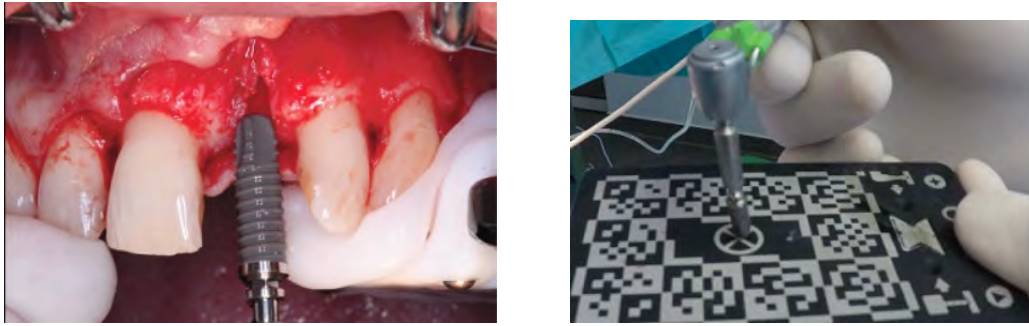


Figure 19

Étalonnage de l'implant et son porte implant puis sa mise en place.

II.2 Comparé à la chirurgie à main levée

II.2.1 Gain de précision

Une étude menée par Block. MS Al. a comparé la précision de la pose d'implant chez 3 praticiens utilisant la navigation dynamique. L'un des chirurgiens a déjà utilisé un système de navigation dynamique et les deux autres non. Après une courbe de progression lors des 20 premiers cas chez les deux praticiens non expérimentés on voit que la précision de la pose des implants dans les différents axes étudiés est meilleure avec utilisation d'un système de navigation dynamique que sans.

Table 2 Summary of Guided Surgical Data, Mean (SD)							
	Angular deviation (deg)	Global platform (mm)	Platform depth deviation (mm)	Platform lateral deviation (mm)	Global apical (mm)	Apical depth deviation (mm)	Apical lateral deviation (mm)
Cases 1–10							
Surgeon 1	4.05 (3.65)	1.10 (0.29)	0.72 (0.42)	0.75 (0.16)	1.48 (0.60)	0.74 (0.41)	1.15 (0.71)
Surgeon 2	2.67 (1.59)	1.55 (0.53)	0.93 (0.64)	1.05 (0.54)	1.63 (0.69)	1.09 (0.88)	1.05 (0.25)
Surgeon 3	5.10 (2.99)	1.91 (0.65)	1.66 (0.69)	0.88 (0.25)	2.24 (0.78)	1.79 (0.70)	1.29 (0.54)
Total	3.94 (3.04)	1.52 (0.61)	1.10 (0.72)	0.89 (0.38)	1.78 (0.77)	1.21 (0.82)	1.16 (0.54)
Cases 11–20							
Surgeon 1	5.14 (3.53)	1.68 (0.52)	1.08 (0.63)	1.12 (0.50)	2.01 (0.79)	1.05 (0.64)	1.45 (1.03)
Surgeon 2	3.39 (1.87)	1.45 (0.57)	1.10 (0.76)	0.75 (0.29)	1.64 (0.61)	1.12 (0.77)	1.14 (0.50)
Surgeon 3	2.74 (1.63)	1.27 (0.76)	1.10 (0.72)	0.57 (0.37)	1.51 (0.80)	1.08 (0.72)	0.96 (0.56)
Total	3.76 (2.69)	1.47 (0.65)	1.09 (0.71)	0.81 (0.46)	1.72 (0.77)	1.08 (0.71)	1.18 (0.76)
Cases 21–30							
Surgeon 1	3.16 (2.15)	1.39 (0.39)	0.94 (0.38)	0.97 (0.33)	1.34 (0.41)	0.91 (0.42)	0.92 (0.35)
Surgeon 2	3.33 (2.11)	1.04 (0.61)	0.84 (0.62)	0.55 (0.25)	1.30 (0.74)	0.85 (0.61)	0.87 (0.60)
Surgeon 3	–	–	–	–	–	–	–
Total	3.15 (2.12)	1.20 (0.53)	0.89 (0.50)	0.74 (0.36)	1.31 (0.58)	0.88 (0.51)	0.88 (0.48)
Cases 1–30							
Surgeon 1	4.11 (3.28)	1.39 (0.47)	0.91 (0.51)	0.95 (0.39)	1.61 (0.69)	0.90 (0.52)	1.17 (0.78)
Surgeon 2	3.13 (1.89)	1.35 (0.61)	0.96 (0.68)	0.78 (0.44)	1.52 (0.70)	1.02 (0.77)	1.02 (0.49)
Surgeon 3	–	–	–	–	–	–	–
Total	3.62 (2.73)	1.37 (0.55)	0.93 (0.60)	0.87 (0.42)	1.56 (0.69)	0.96 (0.66)	1.09 (0.66)

Figure 20

Tableau représentant les écarts de positionnements des implants avec utilisation de la navigation dynamique

Si l'on compare la 3^{ème} ligne qui représente les mesures sur les 21 au 30^{ème} cas on voit que comparé à la chirurgie à main levée avec les mêmes chirurgiens la précision est plus importante.

Table 3 Summary of Freehand Surgical Data, Mean (SD)							
	Angular deviation (deg)	Global platform (mm)	Platform depth deviation (mm)	Platform lateral deviation (mm)	Global apical (mm)	Apical depth deviation (mm)	Apical lateral deviation (mm)
Surgeon 1	8.13 (5.70)	1.59 (0.43)	0.86 (0.62)	1.08 (0.64)	2.38 (0.99)	0.83 (0.54)	2.11 (1.11)
Surgeon 2	6.88 (2.78)	1.82 (0.40)	1.14 (0.59)	1.27 (0.47)	2.73 (0.46)	1.08 (0.53)	2.39 (0.70)
Total	7.69 (4.92)	1.67 (0.43)	0.96 (0.62)	1.15 (0.59)	2.51 (0.86)	0.92 (0.55)	2.21 (0.99)

Figure 21

Tableau représentant les écarts de positionnements des implants avec chirurgie à main levée

II.2.2 Gain de temps

Nous l'observons sur le tableau suivant, une chirurgie respecte pour chaque praticien une mécanique bien précise. Ces étapes chirurgicales ont plutôt la même durée à situation clinique équivalente.

Des aléas peuvent survenir à chaque étape, une anesthésie inefficace, un lambeau difficile à lever. Mais les deux étapes qui sont sujettes à la variation de temps la plus importante sont la pose de l'implant et les sutures.

Lors de la pose l'os peut être très dense, ce qui oblige le passage d'un nouveau foret taraudant ou de diamètre supérieur, ce qui rallonge le temps peropératoire de cette étape.

Au moment des sutures une accessibilité réduite ou même la fatigue du praticien et du patient peut également être la cause d'une augmentation inhabituelle du temps opératoire.

situation clinique	anesth	planif	lambeau	pose	pilier	suture	temps global	temps L+S	pourcentage de temps perdu
pose de 3 implants 14/15/16 avec summers 16	5	1	2	18	2	5	33	7	21,21212121
implant unitaire 36	2,5	0,5	1,5	5	1,5	3	14	4,5	32,14285714
implant unitaire 45	2	2	1	6,5	1,3	4	16,8	5	29,76190476
implant unitaire	?	0,5	2	10,7	0,7	6,5	20,4	8,5	41,66666667
implant unitaire	2	1,8	1	6,5	1,3	4	16,6	5	30,12048193
implant unitaire	1,7	1,2	1,8	5,8	0,8	3,2	14,5	5	34,48275862
pose d'un implant unitaire 37	2,3	0	2	7	0,9	6,8	19	8,8	46,31578947
implant unitaire	1,3	0	1,3	5,15	1	3,5	12,25	4,8	39,18367347
implant unitaire 14	3	0,66	2	6	0,7	3	15,36	5	32,55208333
implant unitaire 36	2,3	0,7	1,5	6,5	0,9	3	14,9	4,5	30,20134228
pose de 4 implants 23/24/25/26	4	7,1	4	35,8	2,2	11,6	64,7	15,6	24,11128284
implant unitaire 36	3,6		4,3	7,5	2	3,2	20,6	7,5	36,40776699
implant unitaire 26	1,5		2,8	7		3,1	14,4	5,9	40,97222222

Figure 22

Tableau représentant les temps en minutes des différentes étapes de chirurgie

En moyenne, nous constatons que l'étape du lambeau combinée à celle des sutures représente de 21 à 46% du temps de chirurgie. Nous observons aussi que plus les chirurgies sont courtes, plus le pourcentage de temps lambeau/suture augmente. Ces étapes ne sont pas compressibles. En revanche, elles peuvent être complètement supprimées si nous travaillons en Flapless. Cela permettrait au praticien de réduire le temps opératoire de 35 à 46%. La chirurgie en Flapless pose un souci au praticien car il ne visualise pas directement le volume osseux. Il est donc important d'évaluer la fiabilité du système avant de l'utiliser en technique Flapless.

De plus l'utilisation d'une navigation dynamique permettrait au praticien de ne plus avoir à contrôler les axes de ses implants. En effet, lors de la séquence de forage entre chaque foret, le praticien utilise un instrument pour observer si l'axe du forage lui convient. Cette étape est encore plus longue lors d'une chirurgie avec plusieurs implants. Avec la navigation dynamique nous respectons directement l'axe prédéfini et il n'est donc plus nécessaire de vérifier l'axe après chaque passage de foret.

II.2.3. Confort patient/praticien

II.2.3.1 Confort patient

Le confort pour le patient sera surtout un confort postopératoire. Lors de la chirurgie, il ne connaîtra aucune différence mais au réveil de l'anesthésie, si le praticien a pu travailler en Flapless son confort sera significativement augmenté. Lors de la pose d'un implant, l'inconfort post-opératoire est dû à la douleur provoquée par l'élévation d'un lambeau et la tension exercée par les fils de sutures.

Une étude menée sur deux groupes de patients diabétiques de type II équilibrés, révèle que les douleurs post opératoires sont significativement plus importantes dans le groupe avec élévation d'un lambeau en comparaison avec le groupe en technique Flapless. (18)

II.2.3.2 Confort praticien

En salle de chirurgie, le praticien doit adopter une nouvelle façon de travailler. Lors du forage les yeux du praticien sont désormais dirigés sur l'écran montrant la cible à viser. Le travail en vision indirect n'est pas évident mais une fois assimilé cela permettra au praticien de travailler dans une meilleure posture en particulier au maxillaire supérieur.

II.2.4 Biologie

Des études ont montré qu'un lambeau suturé induit une infiltration bactérienne plus importante en comparaison à un punch de gencive recouverte par une vis de cicatrisation. Dans les premières semaines qui suivent la pose de l'implant, une intégration biologique doit se faire. Celle-là peut être empêchée par la présence de bactéries au niveau du site opératoire provoquant une cicatrisation fibrinolytique. L'implant ne s'osteointègre pas et il est à très court terme perdu.

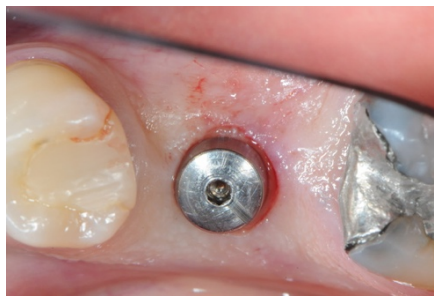


Figure 23

site opératoire après pose d'un implant en technique Flapless



Figure 24

site opératoire après pose d'implants avec lambeau d'accès

La cicatrisation gingivale sera plus simple puisqu'on aura à J0 une morphologie gingivale autour du col implantaire équivalente à celle à J15 si on a élevé un lambeau.

De plus, l'élévation d'un lambeau signifie que nous réalisons un décollement du périoste et donc qu'une légère rétraction gingivale risque de survenir.

II.2.5. Rentabilité de l'équipement

L'un des inconvénients du X-Guide reste son coût financier, d'abord à l'investissement mais aussi à chaque chirurgie. En effet à chaque chirurgie un X-Clip est nécessaire pour former une zone de réception fixe au niveau de la Bouche du patient. Cet objet a un coût moyen de 80 euros.

II.2.6. Accès aux chirurgies complexes

Dans certains cas, le X-Guide est une aide opératoire qui permet la réalisation de chirurgie complexe qui n'aurait peut-être pas été réalisée. C'est là l'indication la plus importante du X-Guide. En effet il peut être utilisé pour toutes les chirurgies, de l'implant unitaire encastré jusqu'aux implants pour les édentés complets. Cependant il présente le plus grand intérêt de l'utiliser chez les patients, où sans assistance le praticien n'aurait pas pu poser les implants.

II.3 Comparé à la chirurgie guidée

Les avantages dans l'utilisation d'un guide chirurgical sont pratiquement les mêmes que pour la navigation guidée. La précision du point d'impact, de l'axe dans les 3 dimensions et de la longueur de forage sont similaires à la navigation dynamique. Cependant plusieurs choses font de la navigation dynamique une meilleure solution.

Tout d'abord pour certains patients la précision de la position du guide n'est pas exact. Effectivement ces guides physiques sont à appui dento-muqueux et l'absence d'appui solide conduit à une légère distorsion dans le positionnement du guide.

Le premier exemple se fait chez l'édenté total, où l'appui est uniquement muqueux. Le guide n'est pas stable dans une position unique, cela peut créer des déviations de plusieurs millimètres. Paradoxalement bien que ces guides aient une meilleure stabilité chez des patients dentés, ils sont évidemment plutôt utilisés chez des patients avec de grand édentement et donc moins d'appuis dentaires.

Le deuxième exemple concerne les patients ayant des parodontopathies, avec des dents conservées mobiles. Il n'est parfois pas possible pour le patient d'un point de vue

psychologique ou financier de retirer toutes les dents et nous sommes parfois dans l'obligation de conserver des dents avec des mobilités supra physiologiques. Dans ce cas le guide à appuis dentaires ne peut pas être parfaitement stable.

Une étude a démontré que malgré l'utilisation d'un guide de chirurgie physique, il existe une déviation du point d'entrée et de l'axe de l'implant. Cette étude conclue que le décalage est dû à une mauvaise stabilité du guide chez l'édenté total et à un mauvais positionnement dans l'axe antéro-postérieur. (19)

Une étude comparative a prouvé la supériorité du X-Guide de Nobel par rapport aux autres types de navigation dynamique ainsi qu'à la chirurgie avec guide physique et à main levée (20). Effectivement sur le tableau suivant nous observons que pour chaque critère la déviation est plus faible avec l'utilisation du X-Guide.

	Mean	SD	Max	No. of Implants
Angular, °				
X-Guide	0.89	0.35	1.52	22
Robodent ⁸	2.12	0.78	3.64	15
IGI ⁸	4.21	4.76	20.43	15
NaviDent ¹²	2.99	1.68	11.94	80
Static ⁷	1.44	3.36	—	64
Freehand ^{8,17,18}	10.40	5.41	25.30	173
Entry lateral, mm				
X-Guide	0.21	0.11	0.52	22
Robodent ⁸	0.35	0.17	0.75	15
IGI ⁸	0.65	0.58	2.37	15
NaviDent ¹²	1.14	0.55	3.64	80
Freehand ⁸	1.35	0.56	2.16	15
Apex lateral, mm				
X-Guide	0.22	0.13	0.47	22
Robodent ⁸	0.47	0.18	0.72	15
IGI ⁸	0.68	0.31	1.22	15
NaviDent ¹²	1.18	0.56	3.19	80
Freehand ⁸	1.62	0.68	2.68	15
Entry global, mm				
X-Guide	0.37	0.21	0.92	22
Static ⁷	0.36	0.57	—	74
Apex global, mm				
X-Guide	0.38	0.21	1.01	22
Robodent ⁸	0.60	0.20	0.92	15
IGI ⁸	0.94	0.40	1.88	15
NaviDent ¹²	1.71	0.61	3.92	80
Static ⁷	0.73	2.02	—	64
Freehand ⁸	1.89	0.8	2.95	15

Figure 25 (18)

Tableau comparatif des différents systèmes de chirurgies guidées

Un autre inconvénient du guide chirurgical physique est l'impaction de clavette dans l'os pour fixer ce dernier. Outre la sensation désagréable pour le patient, la position et l'axe des clavettes doivent être pensées à la fois pour le maintien du guide tout en évitant des structures anatomiques importantes.

Le dernier problème dû à l'utilisation de guide chirurgicaux et non des moindres sont les nombreuses étapes préliminaires à réaliser pour sa confection décrite précédemment.

Dans le cas du X-Guide toutes ces étapes sont supprimées. On réalisera seulement un cône beam préopératoire sans X-Clip pour vérifier la possibilité de poser des implants, puis lors de la chirurgie après anesthésie nous fixerons à l'aide de vis le X-clip dans l'os et il faudra réaliser un cône beam peropératoire.

Cela signifie qu'il n'y a donc plus d'étapes d'empreintes, de matching et surtout d'attente de réception du Guide physique

Enfin ces guides physiques ont des coûts de fabrications importants à ajouter au coût de la chirurgie.

III- Cas cliniques

III.1 Protocole comparatif

III.1.1 Protocole préopératoire au cabinet

Plusieurs étapes sont nécessaires à la chirurgie. Dans un premier temps le patient passe un cône beam préopératoire qui nous permet de visualiser le volume osseux nécessaire. Le plan de traitement est étudié par le praticien qui va déterminer la nécessité de l'utilisation du X-Guide ou non. Si le praticien considère que l'utilisation de l'appareil est nécessaire, il nous faudra réaliser un deuxième cône beam avec cette fois la mise en place du X-Clip.

Une fois le CBCT réalisé, les fichiers DICOMs sont transférés au niveau du logiciel de planification et le praticien peut réaliser sa planification.

Une fois la planification réalisée, celle-ci est transférée au niveau du X-Guide en salle de chirurgie et conservée pour le jour de la chirurgie.

III.1.2 Protocole peropératoire au cabinet

Le jour de la chirurgie, une fois le patient installé l'étalonnage commence. Il permet la reconnaissance de tous les éléments placés sur le contre angle et en bouche.

Une dynamique s'installe entre chaque passage de foret car il faut à chaque foret réaliser un étalonnage de celui-ci pour que le système le reconnaisse.

Lors de la chirurgie, le praticien regarde principalement l'écran qui lui indique l'axe à suivre et la profondeur de forage. Une fois la profondeur de forage finale atteinte, un signal sonore prévient le praticien.

III.1.3 Protocole post-opératoire au cabinet

Une fois la chirurgie réalisée et le patient désinstallé, un CBCT post opératoire est réalisé afin de pouvoir comparer les axes définis au niveau du logiciel de planification par rapport à la réalité.

Le but dans un premier temps va être de trouver des repères précis afin de comparer les coupes identiques. Nous allons rechercher les repères remarquables comme l'émergence du nerf mentonnier, une cloison sinusienne, les billes du X-Clip etc...

Une fois les coupes retrouvées, il s'agira de les comparer sur 3 points bien particulier

III.1.3.1 Profondeur de forage

Il est nécessaire de savoir si la profondeur de forage est respectée. Cela est très important car souvent nous cherchons à aller au plus près des éléments nobles pour gagner un maximum de volume osseux. Il est nécessaire que le X-guide soit très précis sur ce point, car nous venons souvent à proximité du nerf mandibulaire ou le sinus maxillaire et un manque de précision pourrait engendrer des conséquences post opératoire importantes.

III.1.3.2 Déviation du point d'impact

La position du point d'impact est importante également car il est nécessaire de repartir le volume osseux de façon la plus homogène autour de l'implant. Il est donc important que le point d'impact soit centré au niveau de la crête en vestibulo-lingual ou vestibulo-palatin et centré par rapport à la future couronne sur l'axe mésio-distal. De plus, un déplacement du point d'impact a aussi une conséquence sur la profondeur du forage puisque à quelques millimètres près, la hauteur du volume osseux peut être différente.

III.1.3.3 Déviation de l'axe de forage

La déviation de l'axe de forage sera la différence d'inclinaison de l'implant dans les 3 sens de l'espace. Une déviation trop importante de l'axe va entraîner une inadéquation entre axe implantaire et axe prothétique. Les forces qui vont s'exercer sur la prothèse ne seront pas parallèle à l'axe de l'implant.

La divergence des axes prothétique et implantaire crée des complications. Tout d'abord le risque de perte d'os autour de l'implant est plus important car l'implant va recevoir des forces de cisaillement lors de la mastication. De plus nous observons une fréquence de dévissage ou descellement des couronnes plus importantes pour des couronnes implantoportées dont l'axe des forces subies est différent de l'axe de l'implant.

III.2 Comparaison avec X-Guide

III.2.1 Pose d'un implant unitaire 47

Nous allons étudier la pose d'un implant unitaire en place de 47. Le but va être de comparer la position de l'implant après chirurgie à la planification implantaire.

Sur l'image ci-dessous on peut voir que sur la planification, l'axe de l'implant est parallèle à celui de la 46.

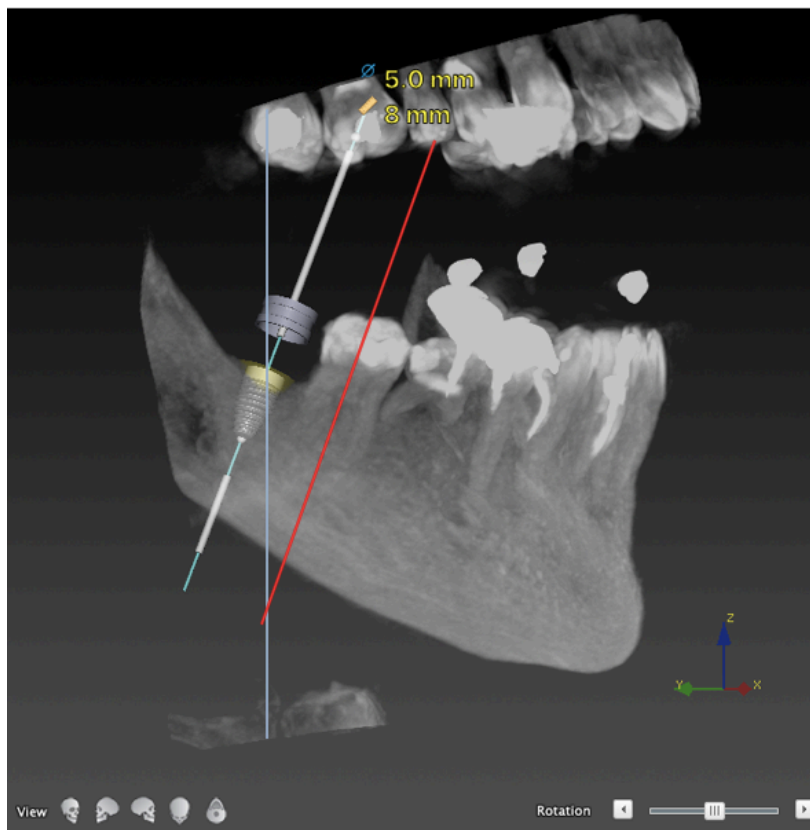


Figure 26

planification d'un implant en position 47

Sur l'image suivante qui correspond au scan post-opératoire, nous observons que l'implant en position 47 reste dans la position équivalente à la planification avec un axe parallèle à la dent 46.

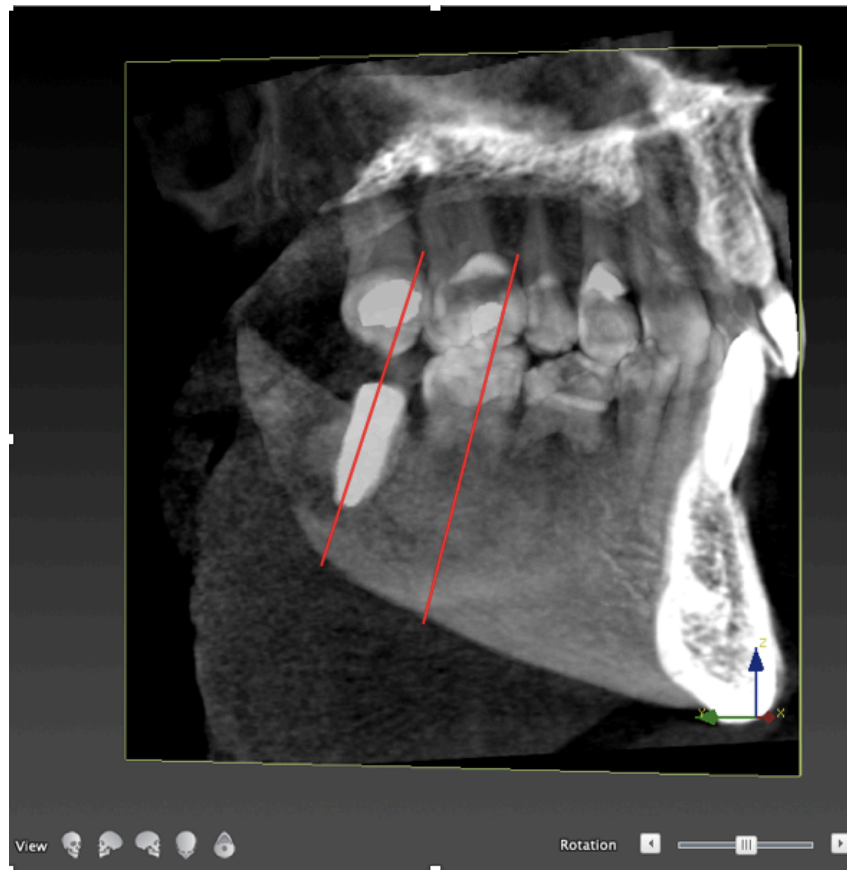


Figure 27
pose d'un implant en position 47

Sur une vue plus précise de l'implant on peut voir que dans l'axe linguo-vestibulaire le but était d'éviter la concavité linguale pour placer l'implant entièrement dans l'os. Il est également nécessaire de rester assez lingual pour ne pas trop angulé l'implant et avoir des forces reçues dans l'axe de ce dernier.

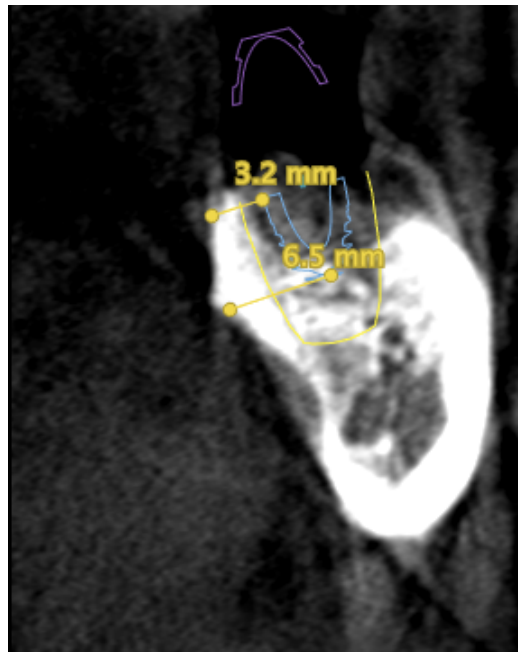


Figure 28

planification d'un implant en position 47 vue axiale.

En post opératoire nous observons que les exigences ont été respectées. La concavité mandibulaire a été évitée et l'axe est identique.

Le point d'impact est plus lingual car une fois le lambeau levé la densité n'était pas suffisante pour stabiliser l'implant et le praticien a cherché à s'ancrer dans la corticale linguale.

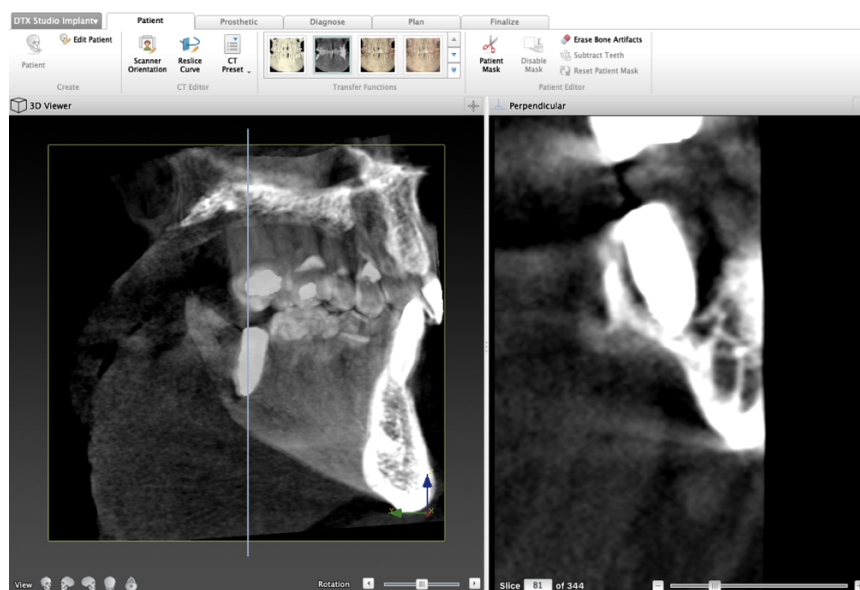


Figure 29

pose d'un implant en position 47 vue axiale.

III.2.2 Pose de deux implants unitaires 12 et 22

Sur la vue d'ensemble de la planification nous voyons que la position de l'implant semble identique à la planification. Des mesures sur l'épaisseur d'os résiduel en vestibulaire de l'implant sur la planification et sur le cône beam postopératoire sont réalisées. Nous ne pouvons pas réaliser de mesure précise de l'enfouissement car nous visualisons mal sur les images le niveau de l'os en crestal.

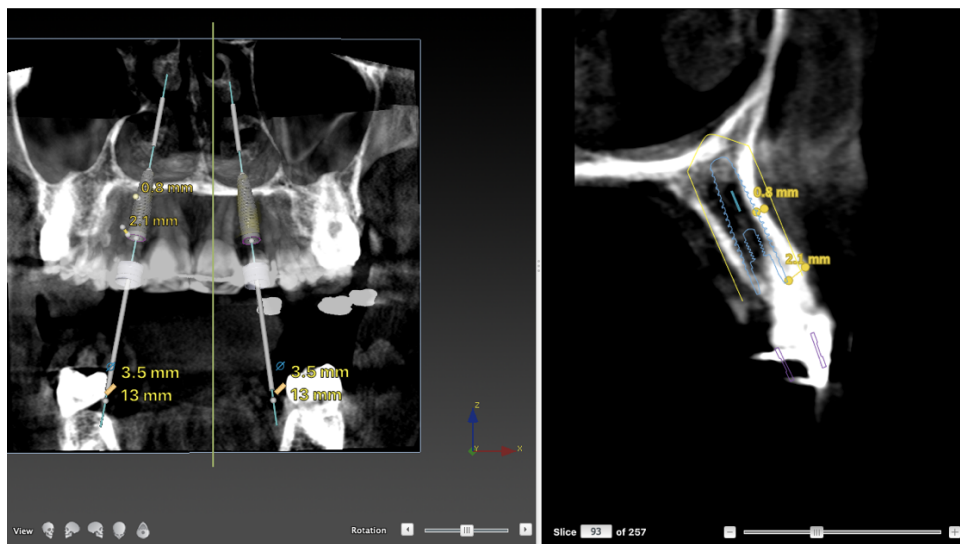


Figure 30

Planification de deux implants en position 12 et 22

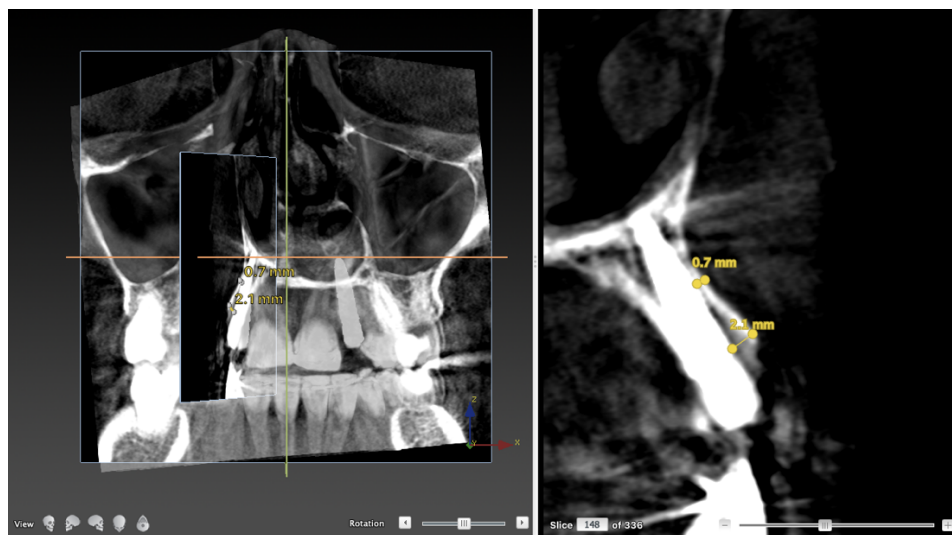


Figure 31

Pose de deux implants en position 12 et 22

Nous observons que les mesures au niveau du col de l'implant et également au niveau du milieu de l'implant sont les mêmes sur la planification et sur le cône beam postopératoire.

L'enfouissement semble légèrement supérieur de quelques dixièmes de millimètre sur le cône beam postopératoire.

Sur une vue de face nous observons que la position des implants est identique entre la planification et le cône beam postopératoire.

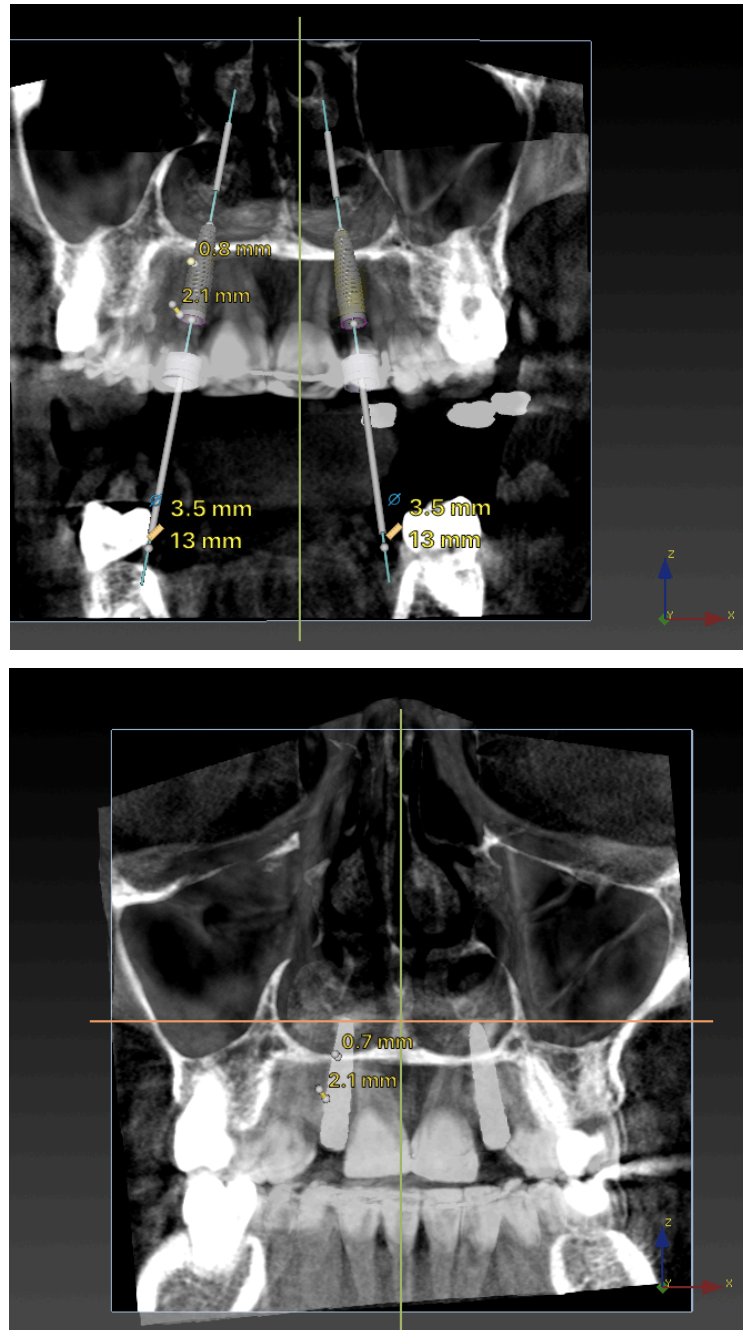


Figure 32

comparaison des scanners pré et post opératoires.

III.3 Comparaison à main levée

II.3.1 Pose d'implant chez l'édenté complet

Ici nous allons étudier deux cas cliniques qui nous montrent la pose d'implants dentaires chez l'édenté complet sans utilisation de guide chirurgical physique ou dynamique. Dans le premier cas le patient était atteint d'une parodontite chronique généralisée. Toutes les dents étaient à retirer et le praticien souhaitait poser 6 implants dentaires afin de réaliser une réhabilitation prothétique complète chez ce patient.

Ci-dessous nous voyons la situation initiale superposée avec la planification.

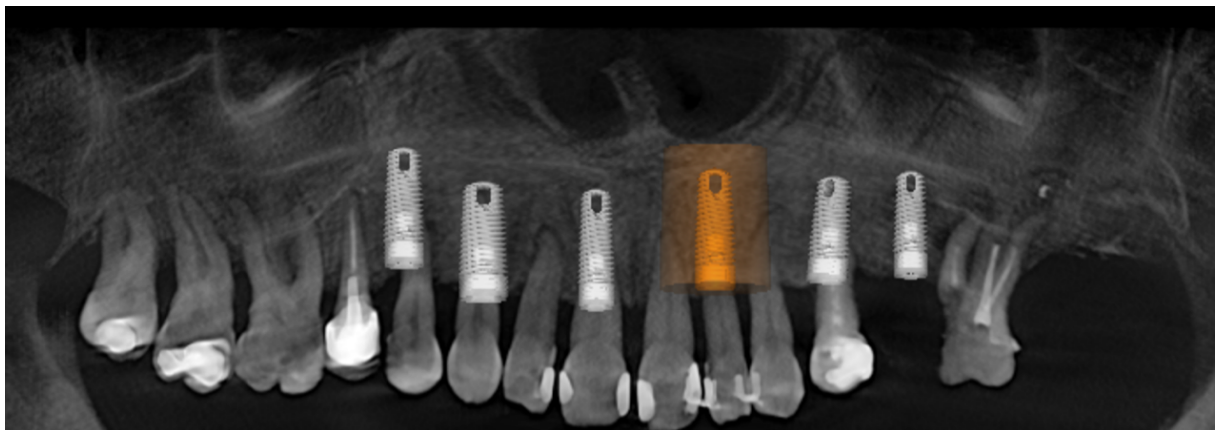


Figure 33

Planification de 6 implants chez un patient atteint de parodontite chronique généralisée.

Le point important ici, était que le patient ne souhaitait pas réaliser de comblement sinusien. Il fallait donc placer les implants dans le volume osseux résiduel.

La difficulté principale se trouvait au niveau de l'implant en position de 15 comme on peut le voir sur la planification ci-dessous. La proximité avec le sinus maxillaire droit est importante et la pose de l'implant doit être précise pour éviter la perforation de la membrane de Schneider.



Figure 34
planification d'un implant en position 15

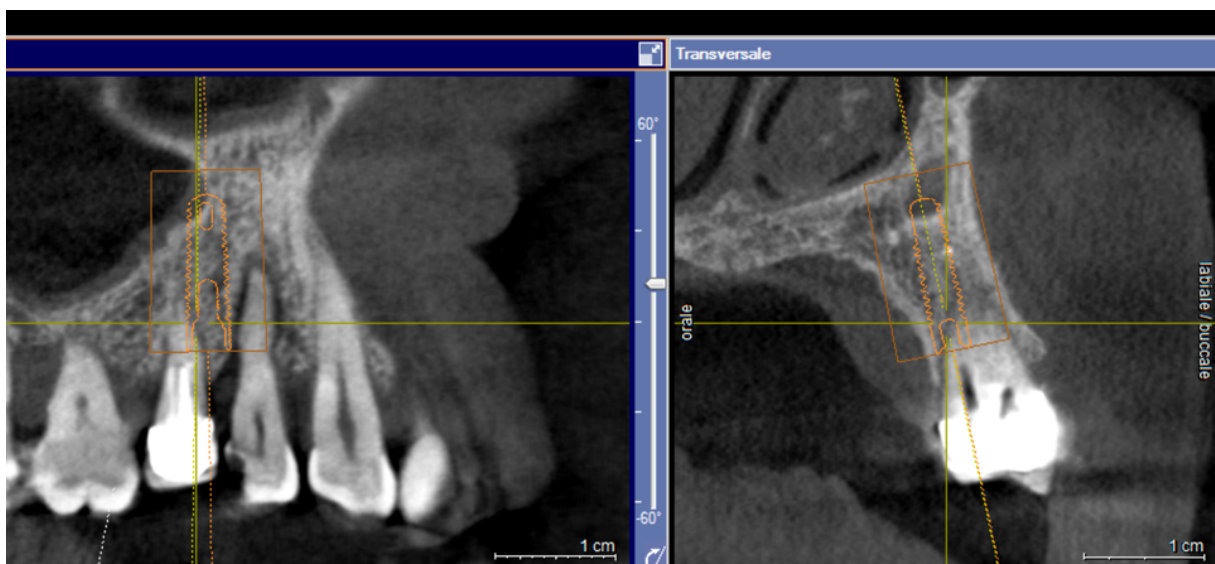


Figure 35
Planification d'un implant en position 15

La proximité avec le sinus est importante et il est nécessaire de rester dans l'axe de la planification car la déviation de l'axe ou le déplacement du point d'impact pourrait entraîner la perforation de la membrane de Schneider.

Ci-dessous nous observons le résultat clinique final au niveau de l'implant en 15 et également au niveau général.

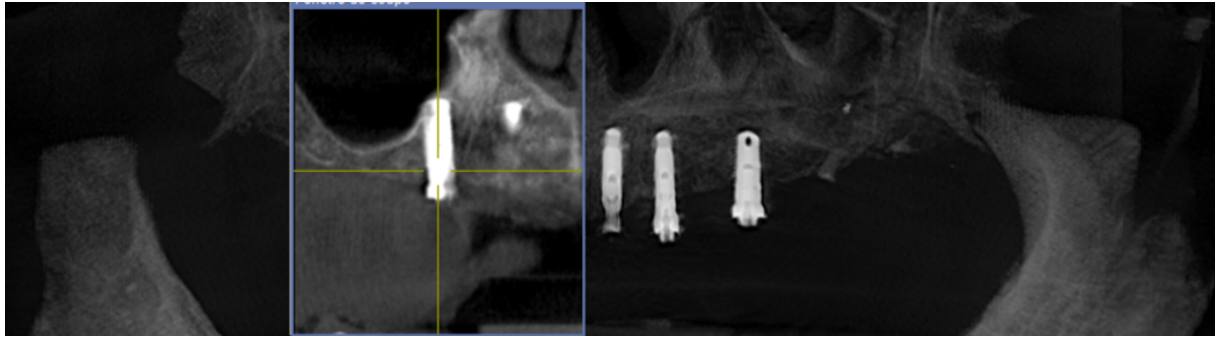


Figure 36

Pose d'un implant en position 15

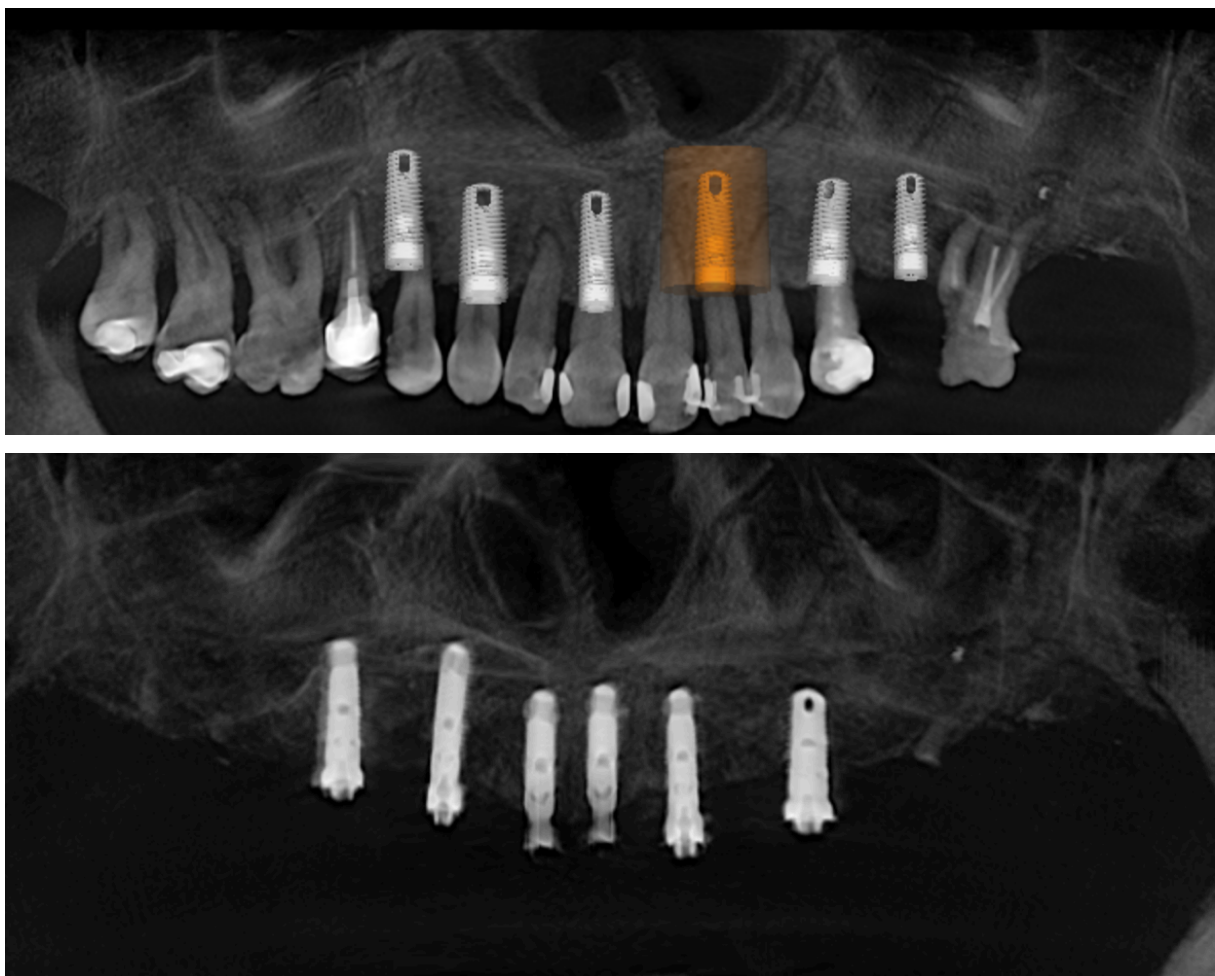


Figure 37

Comparaison des scanners pré et post opératoires.

Nous observons en comparant les deux radiographies que le positionnement des implants est plutôt bien respecté. Cependant au niveau de l'implant 21, un décalage s'est effectué puisqu'il était positionné en place de 22 sur la planification. Nous pouvons imaginer que le praticien a

voulu changer l'emplacement de l'implant par rapport à la densité osseuse du site 22. Si l'os n'était pas de bonne qualité il a pu faire le choix de changer de site d'implantation. Étant donné que la densité osseuse n'est pas clairement objectivable avec une radiographie, les plans du praticien peuvent changer en cours de chirurgie. Cela veut dire qu'il est tout de même important que le chirurgien ait l'expérience suffisante pour modifier son geste et pouvoir travailler sans guide physique ou dynamique si nécessaire.

Dans le deuxième cas nous allons comparer la pose de 6 implants dentaire mandibulaire chez l'édenté partiel.

Ci-dessous nous visualisons la situation initiale et la planification implantaire.

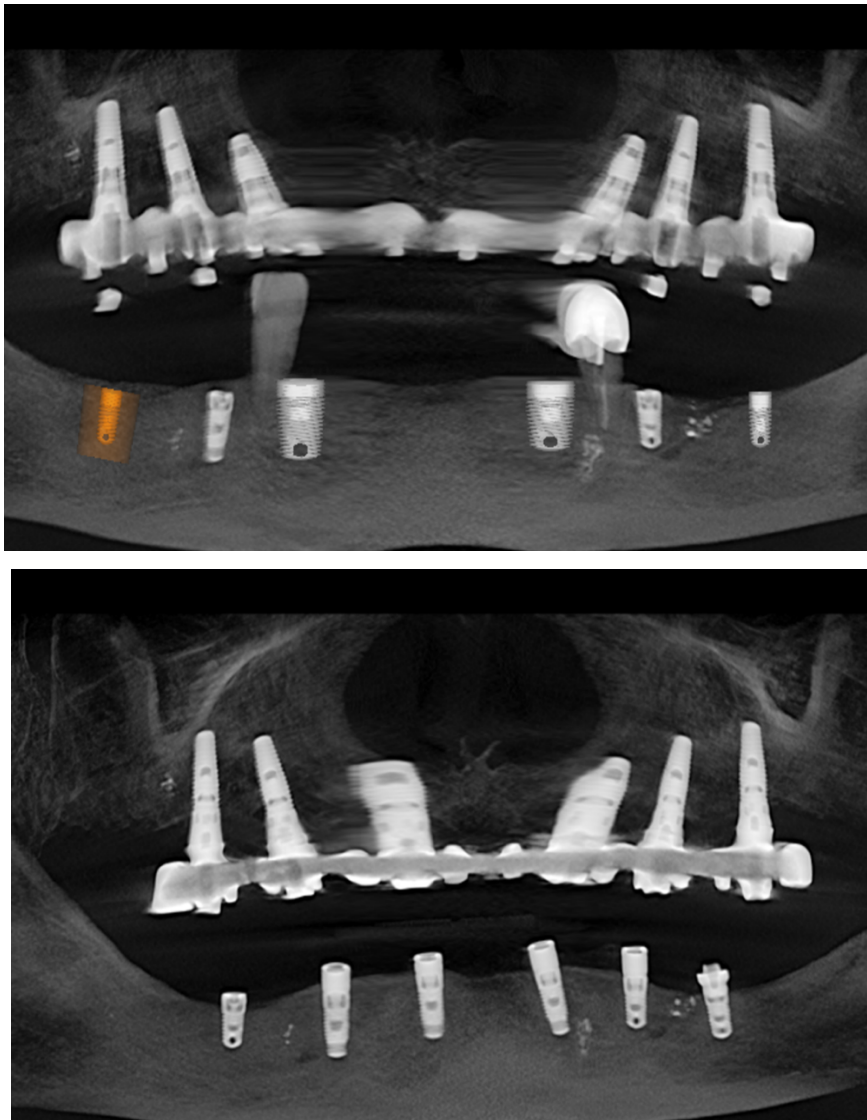


Figure 38

Comparaison des scanners pré et post opératoires.

Nous observons que la position et l'axe des implants n'est pas tout à fait identique entre les deux images. Cette modification résulte de l'absence d'utilisation de guide physique ou dynamique.

L'implant 36 est plus mésialé que sur la planification. L'axe de l'implant 32 est également plus mésialé.

Conclusion

Nous avons donc pu voir que le X-Guide offrait une bonne précision. La pose d'implant assisté par le système permet au praticien d'être plus en confiance et de se laisser guider. Cependant nous avons pu voir dans la troisième partie que la position des implants posés par des chirurgiens expérimentés se rapprochait également beaucoup de la planification. Nous concluons donc que pour des cas où le volume osseux présent est important et que l'axe de forage reste dans l'axe des dents adjacentes, la plus-value clinique du système est réduite puisqu'elle n'apporte pas un meilleur résultat. Pour ces cas-là, le seul avantage d'utiliser le X-Guide serait de travailler en Flapless. Effectivement, il est toujours compliqué pour le praticien de ne pas visualiser le volume osseux. Or avec l'aide du X-Guide et en prenant compte sa fiabilité, le praticien pourrait travailler en Flapless et réduire le temps de chirurgie de 25 à 40%. En revanche pour les cas plus complexe où le volume osseux résiduel est moins important ou que l'axe de forage ne peut être guidé par les dents résiduels, l'apport de la machine est indéniable.

Les études montrent également que lorsque le praticien a recours à un moyen de chirurgie guidée le X-Guide offre les meilleurs résultats.

Pour les praticiens peu expérimentés ce système offre une véritable aide à la planification et à la pose. Cela permet donc une mise en confiance pour le jeune chirurgien.

Il est également important de noter qu'il existe un temps d'adaptation au système. Les cas étudiés ici ont été réalisés peu de temps après la prise en main du système. Effectivement le protocole de mise en fonction n'est pas complexe mais reste tout de même à connaître pour éviter la perte de temps en salle de chirurgie. Un nouveau protocole clinique s'installe car des étapes de calibrages de forets sont nécessaires. Il est nécessaire d'avoir plus de recul sur ce système ce qui nous permettra d'avoir une base de données de cas à étudier plus important et de juger de sa fonctionnalité avec un praticien qui aura acquis plus d'expérience dans l'utilisation du système.

Bibliographie

1. Widmann G, Bale RJ. Accuracy in computer-aided implant surgery--a review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006 Mar;21(3):305–13.
2. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology application in surgical implant dentistry: A systemic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29(suppl):s25–s42.
3. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry: A systemic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl):92–109.
4. Noharet R, Pettersson A, Bourgeois D. Accuracy of implant placement in the posterior maxilla as related to 2 types of surgical guides: a pilot study in the human cadaver. *J Prosthet Dent*. 2014 Sep;112(4):526–32.
5. 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 Craniomaxillofac Surg*. 2010 Oct;38(8):488–93.

6. Vercruyssen M, Cox C, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M. A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental navigation or the use of a pilot-drill template. *J Clin Periodontol*. 2014 Jul;41(8):717–23.

7. Vercruyssen M, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. Depth and lateral deviations in guided implant surgery: an RCT comparing guided surgery with mental navigation or the use of a pilot-drill template. *Clin Oral Implants Res*. 2015 Nov;26(12):1315–20.

8. Younes F, Cosyn J, De Bruyckere T, Cleymaet R, Bouckaert E, Eghbali A. A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol*. 2018;45(7):721–32.

9. Raico Gallardo YN, da Silva-Olivio IRT, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2017 May;28(6):602–12.

10. Seo C, Juodzbals G. Accuracy of Guided Surgery via Stereolithographic Mucosa-Supported Surgical Guide in Implant Surgery for Edentulous Patient: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res*. 2018 Jan;9(1):e1.

11. Marlière DAA, Demétrio MS, Picinini LS, De Oliveira RG, Chaves Netto HDDM. Accuracy of computer-guided surgery for dental implant placement in fully edentulous patients: A systematic review. *Eur J Dent*. 2018 Jan;12(1):153–60.

12. Kühl S, Zürcher S, Mahid T, Müller-Gerbl M, Filippi A, Cattin P. Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2013 Jul;24(8):763–9.
13. Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(1):101–15.
14. Vercruyssen M, van de Wiele G, Teughels W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M. Implant- and patient-centred outcomes of guided surgery, a 1-year follow-up: An RCT comparing guided surgery with conventional implant placement. *J Clin Periodontol.* 2014 Dec;41(13):1154–60.
15. Laleman I, Bernard L, Vercruyssen M, Jacobs R, Bornstein MM, Quirynen M. Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31 Suppl:s103–17.
16. Vercruyssen M, Hultin M, Van Assche N, Svensson K, Naert I, Quirynen M. Guided surgery: accuracy and efficacy. *Periodontol 2000.* 2014;66(1):228–46.
17. Cohen N. État des lieux de l’implantologie en France. *Le fil dentaire.* 2015;
18. Agrawal KK, Rao J, AnwarM, Singh K, Himanshu D. Flapless vs flapped implant insertion in patients with controlled type 2 diabetes subjected to delayed loading : 1-

year follow-up results from a randomized controlled trial. Eur J Oral Implantol. 2017;10(4):403_13

19. D'haese J, Van De Velde T, Elaut L, De Bruyn H. A prospective study on the accuracy of mucosally supported stereolithographic surgical guides in fully edentulous maxillae. Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Apr;14(2):293–303.
20. Emery RW, Merritt SA, Lank K, Gibbs JD. Accuracy of Dynamic Navigation for Dental Implant Placement-Model-Based Evaluation. J Oral Implantol. 2016 Oct;42(5):399–405.

Table des Figures

Figure 1 : <i>Planification de deux implants dentaires en position 12 et 22</i>	<i>p.14</i>
Figure 2 : <i>Guide chirurgical pour pose de 2 implants en position 12 et 22</i>	<i>p.14</i>
Figure 3 : <i>Pose de 2 implants en position 12 et 22 avec utilisation d'un guide chirurgical physique à appui dentaire</i>	<i>p.15</i>
Figure 4 : <i>illustration de guides chirurgicaux</i>	<i>p.16</i>
Figure 5 : <i>Paramétrés de références dans la littérature (2)</i>	<i>p.17</i>
Figure 6 : <i>Illustration du dispositif X-GUIDE Nobel Biocare</i>	<i>p.19</i>
Figure 7 : <i>X-Clip</i>	<i>p.20</i>
Figure 8 : <i>Récipient d'eau chaude et d'eau glacée</i>	<i>p.20</i>
Figure 9 : <i>Positionnement du X-Clip</i>	<i>p.20</i>
Figure 10 : <i>Matching de la radiographie tridimensionnelle et d'empreinte optique intra-oral.</i>	<i>p.21</i>
Figure 11 : <i>Shéma représentant les 3 billes métalliques du X-Clip</i>	<i>p.21</i>
Figure 12 : <i>Positionnement d'un implant en 21.</i>	<i>P.21</i>
Figure 13 : <i>Salle de chirurgie équipée du système X-GUIDE</i>	<i>p.22</i>
Figure 14 : <i>Salle de chirurgie équipée du système X-GUIDE</i>	<i>p.22</i>
Figure 15 : <i>Vérification de la concordance entre la clinique et l'interface de navigation.</i>	<i>p.23</i>

Figure 16 : <i>Étalonnage du nouveau foret à l'aide de la Go-Plate.</i>	<i>p.23</i>
Figure 17 : <i>Illustration de l'écran d'ordinateur durant la chirurgie</i>	<i>p.24</i>
Figure 18 : <i>illustration de l'écran d'ordinateur durant la chirurgie</i>	<i>p.24</i>
Figure 19 : <i>Étalonnage de l'implant et son porte implant puis sa mise en place.</i>	<i>p.25</i>
Figure 20 : <i>Tableau représentant les écarts de positionnements des implants avec utilisation de la navigation dynamique</i>	<i>p.26</i>
Figure 21 : <i>Tableau représentant les écarts de positionnements des implants avec chirurgie à main levée</i>	<i>p.26</i>
Figure 22 : <i>Tableau représentant les temps en minutes des différentes étapes de chirurgie</i>	<i>p.27</i>
Figure 23 : <i>site opératoire après pose d'un implant en technique Flapless</i>	<i>p.28</i>
Figure 24: <i>opératoire après pose d'implants avec lambeau d'accès</i>	<i>p.28</i>
Figure 25 (18) : <i>Tableau comparatif des différents systèmes de chirurgies guidées</i>	<i>p.30</i>
Figure 26 : <i>planification d'un implant en position 47</i>	<i>p.35</i>
Figure 27 : <i>pose d'un implant en position 47</i>	<i>p.36</i>
Figure 28 : <i>planification d'un implant en position 47 vue axiale.</i>	<i>p.37</i>
Figure 29 : <i>pose d'un implant en position 47 vue axiale.</i>	<i>P.37</i>
Figure 30 : <i>Planification de deux implants en position 12 et 22</i>	<i>p38</i>

Figure 31 : <i>Pose de deux implants en position 12 et 22</i>	<i>p.38</i>
Figure 32 : <i>comparaison des scanners pré et post opératoires.</i>	<i>p.39</i>
Figure 33 : <i>Planification de 6 implants chez un patient atteint de parodontite chronique généralisée.</i>	<i>p.40</i>
Figure 34 : <i>planification d'un implant en position 15</i>	<i>p.41</i>
Figure 35 : <i>Planification d'un implant en position 15</i>	<i>p.41</i>
Figure 36 : <i>Pose d'un implant en position 15</i>	<i>p.42</i>
Figure 37 : <i>Comparaison des scanners pré et post opératoires.</i>	<i>p.42</i>
Figure 38: <i>Comparaison des scanners pré et post opératoires.</i>	<i>p.44</i>

BOIS Lilian – X Guide de Nobel Biocare : Cas cliniques

Au début des années 1980, le Professeur Branemark dévoile les découvertes qu'il a fait au sujet de la biocompatibilité du titane avec l'os, et de la possibilité de créer une racine artificielle permettant de réhabiliter prothétiquement les patients édentés complets.

Quarante années plus tard l'implantologie est en plein essor et les problématiques sont désormais tout autres. Le problème désormais est de poser des implants dans la position idéale en tenant compte du support osseux, de l'occlusion et de l'intégration esthétique.

L'un des biais actuels de l'implantologie est la difficulté pour le praticien à reproduire avec exactitude ce qu'il a construit avec précision sur un logiciel de planification. Le praticien face à la planification cherche à reproduire cette dernière en s'adaptant au site opératoire. La difficulté de cet exercice rend la pose d'implants parfois imparfaite quant à l'axe, la position ou la longueur de forage.

En 2018, Nobel Biocare commercialise le système X-Guide.

Cet appareil permet, selon la société Nobel, la pose d'implant assisté par ordinateur.

A l'aide de capteurs positionnés à la fois sur le patient et sur le contre angle, l'appareil guide le praticien afin de poser l'implant dans la position prédéfinie dans le logiciel d'implantologie par le praticien.

Nous verrons les applications cliniques du X-Guide de Nobel dans plusieurs situations cliniques, et nous étudierons sa fiabilité. Le but est de savoir si la reproductibilité entre planification et situation post chirurgicale est suffisante pour permettre au praticien d'éviter de créer un lambeau d'accès, qui représente la plus grande partie de la douleur post chirurgicale pour le patient.

Mots clés :

- implantologie
- X-guide
- Navigation dynamique

Jury : Président Monsieur le professeur Cyril Villat

Assesseurs Monsieur le maitre de conférences Bruno Comte

 Monsieur le maitre de conférences Gilbert Viguié

 Monsieur l'assistant hospitalier Laurent Venet

Adresse de l'auteur :

Bois Lilian

25 Rue Saint Michel

69007 Lyon

