

**Précision des guides chirurgicaux
réalisés en CFAO : analyse de la
littérature**

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

Présentée et soutenue publiquement par
Yoann ABIZMIL
Né le 26/12/1991

Le 07/07/2016 devant le jury ci-dessous :

Président : M. le Professeur Yves AMOURIQ
Assesseur : M. le Docteur Edouard LANOISELEE
Assesseur : M. le Docteur François BODIC
Invité : M. le Docteur Thibaud CASAS

Directeur de thèse : M. le Docteur Alain HOORNAERT

UNIVERSITÉ DE NANTES	
Président	Pr LABOUX Olivier
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE	
Doyen	Pr AMOURIQ Yves
Assesseurs	Dr BADRAN Zahi Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	
Madame ALLIOT-LICHT Brigitte Monsieur AMOURIQ Yves Monsieur GIUMELLI Bernard Monsieur LESCLOUS Philippe	Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre
Professeurs des Universités	
Monsieur BOULER Jean-Michel	
Professeurs Emérites	
Monsieur BOHNE Wolf	Monsieur JEAN Alain
Praticiens Hospitaliers	
Madame DUPAS Cécile Madame LEROUXEL Emmanuelle	Madame HYON Isabelle Madame GOEMAERE GALIERE Hélène
Maîtres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.	Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D.
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Madame BLERY Pauline Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Serena Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur VERNER Christian	Monsieur AUBEUX Davy Madame BERNARD Cécile Madame BOEDEC Anne Madame BRAY Estelle Monsieur CLÉE Thibaud Madame CLOITRE Alexandra Monsieur DAUZAT Antoine Madame MAIRE-FROMENT Claire-Hélène Monsieur DRUGEAU Kevin Madame GOUGEON Béatrice Monsieur LE BOURHIS Antoine Monsieur LE GUENNEC Benoît Madame MAÇON Claire Madame MERAMETDJIAN Laure Monsieur PILON Nicolas Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur ROLOT Morgan
Enseignants Associés	A.T.E.R.
Monsieur KOUADIO Alain (Assistant Associé) Madame RAKIC Mia (MC Associé) Madame VINATIER Claire (MC Associé)	Monsieur LAPERINE Olivier

Mise à jour le 10/03/2016

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Yves AMOURIQ

Professeur des Universités,
Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherches
Dentaires,
Docteur de l'Université de Nantes,
Département de Prothèses,
Doyen de l'UFR d'Odontologie de Nantes,
Chef de service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgicale.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Pour la qualité de l'enseignement théorique et clinique que vous m'avez prodigués pendant mes années d'études.

Veillez recevoir mes plus sincères remerciements et l'expression de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur Alain HOORNAERT

Maître de Conférences des Universités,
Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherches
Dentaires,
Docteur de l'Université d'Orsay,
Département de Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,
Biomatériaux, Biophysiques, Radiologiques de la Faculté d'Odontologie de Nantes.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur de bien vouloir diriger cette thèse.

Pour votre aide à chaque étape de ce travail, pour votre disponibilité, la qualité de votre écoute et de vos enseignements durant toutes ces années d'études.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude et de mes respectueux remerciements.

A Monsieur le Docteur Edouard LANOISELEE

Docteur en Chirurgie Dentaire.

-NANTES-

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Pour m'avoir aidé à trouver et à mener à bien ce sujet.

Pour votre enseignement clinique de qualité au cours de mes études.

Pour votre gentillesse, votre disponibilité et vos conseils précieux dans la rédaction de ce travail.

Veillez trouver ici l'expression de mes sentiments respectueux et de ma grande sympathie à votre égard.

A Monsieur le Docteur François BODIC

Maître de Conférences des Universités,
Praticien Hospitalier des Centres de Soins, d'Enseignement et de Recherches
Dentaires,
Docteur de l'Université de Nantes,
Département de Prothèses.

-NANTES-

Pour l'honneur que vous me faites de siéger parmi les membres du jury.

Pour la qualité de votre enseignement.

Veillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Sommaire :

1. Introduction.....	10
2. Généralités en implantologie.....	11
2.1 Facteurs de risque généraux.....	12
2.2 Facteurs de risque esthétique.....	12
2.3 Facteurs de risque biomécaniques.....	12
3. Le guide radiologique.....	14
3.1 Caractéristiques.....	14
4. Les guides chirurgicaux.....	17
4.1 Caractéristiques.....	17
4.2 Procédés de fabrication des guides chirurgicaux à l'aide de la CFAO.....	18
4.2.1 Méthodes additives.....	18
4.2.2 Méthodes soustractives : transformation du guide radiologique en guide chirurgical.....	19
4.3 Classification en fonction du type d'appui.....	20
4.3.1 Guide chirurgical à appui dentaire.....	20
4.3.2 Guide chirurgical à appui muqueux.....	21
4.3.3 Guide chirurgical à appui osseux.....	21
5. Précision dans la chaîne de transmission des données de la chirurgie guidée.....	22
5.1 Spécifique à l'utilisation d'un guide radiologique.....	22
5.1.1 Défaut de positionnement du guide radiologique lors de la radiographie.....	22
5.2 Points communs avec ou sans guide radiologique.....	23
5.2.1 Déformations liées à l'empreinte.....	23
5.2.2 Distorsions propres à la radiographie 3D.....	23
5.2.3 Divergences inhérentes à la précision de fabrication du guide chirurgical.....	24
5.2.4 Divergences inhérentes à la phase chirurgicale : pour le guide à appui dentaire / muqueux / osseux.....	24
6. Analyse de la littérature.....	25
6.1 Recherche et sélection des articles.....	25
6.2 Etude des articles.....	28
6.3 Résumé des études.....	29
6.4 Récapitulatif des résultats.....	30
6.5 Analyse graphique des résultats.....	31
6.6 Hypothèses concernant la précision des guides chirurgicaux.....	35
7. Conclusion.....	37
Annexes.....	38
Bibliographie.....	62
Table des illustrations.....	65

1. INTRODUCTION

L'implantologie moderne se développe depuis le début des années 1980, en relation avec la découverte de l'ostéointégration par le Professeur Bränemark à la fin des années 1970. Il s'agissait d'un réel progrès permettant de pallier aux déficiences des prothèses amovibles complètes. Les implants étaient mis en place selon le volume osseux disponible, sans trop se préoccuper de leur position exacte, l'ostéointégration étant considérée comme l'objectif majeur.

Suite aux succès obtenus en prothèse complète, l'implantologie fut étendue aux patients partiellement édentés.

Les praticiens ont donc été confrontés à des restaurations en secteur antérieur et donc à une exigence esthétique.

Pour ce faire, la discipline dut évoluer et passer d'une implantologie guidée par l'anatomie des bases osseuses à une implantologie guidée par les exigences prothétiques.

Des guides dits chirurgicaux ont alors fait leur apparition, correspondant à un duplicata du projet prothétique. Ils permettaient au premier foret d'indiquer la direction générale du forage, les forets suivants étaient utilisés sans le guide, des déviations par rapport à la direction initiale prévue devenaient inévitables. De plus, il n'y avait aucune indication sur l'os à implanter. Dans cette optique, la radiographie rétro alvéolaire et panoramique furent complétées par la tomodynamométrie (scanner et cone beam).

Dans un premier temps, le praticien avait à sa disposition une série de planches 2D ainsi que des calques d'implants afin de réaliser sa planification. La visualisation en 3D était alors fictive, c'est pourquoi des logiciels de simulation en 3D furent développés permettant petit à petit de simuler la position d'un implant dans tous les plans de l'espace, afin d'obtenir une position adéquate chirurgicalement et prothétiquement.

De cette simulation est né un objectif, celui de faire coïncider le projet des axes de forage et la réalité. Pour y parvenir, le guide chirurgical réalisé par stéréolithographie fut conçu, permettant le passage de tous les forets ainsi que la pose d'implant, au travers de ce guide.

L'implantologie profite de l'essor de la conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) pour lier l'informatique aux différentes étapes du plan de traitement implantaire, de la planification à la réalisation de prothèses, en passant par la chirurgie.

Le but de ce travail est d'évaluer la précision des guides chirurgicaux réalisés en CFAO, au travers d'une analyse de la littérature.

Pour ce faire nous développerons quelques généralités en implantologie, apporterons quelques précisions concernant les guides radiologiques puis nous décrirons les différents guides chirurgicaux avant de chercher à comprendre l'origine des défauts de précision. Enfin nous étudierons différentes études et analyserons leurs résultats.

2. GENERALITES EN IMPLANTOLOGIE (1,2)

Toute démarche médicale repose sur la mise en œuvre d'un traitement ayant pour but d'améliorer ou rétablir la fonction et/ou de restaurer l'esthétique. La démarche habituelle en dentisterie est d'établir un plan de traitement, il s'agit de définir le but à atteindre et les moyens à mettre en œuvre pour y aboutir. Après avoir écouté la demande du patient et envisagé les objectifs de traitements avec lui, il est possible de suivre le chemin suivant :

Examen clinique

*

Détermination de l'objectif

*

Recherche des facteurs de risque

*

Evaluation de la difficulté du traitement

*

Etablissement d'un plan de traitement

*

Définition des moyens à mettre en œuvre

La difficulté des traitements implantaires repose essentiellement sur la possibilité de détecter les patients à risque pour lesquels le taux d'échec et de complications est nettement supérieur à la moyenne.

Il existe plusieurs types de facteurs de risque :

2.1. Facteurs de risques généraux

Ils sont évalués lors de l'examen préliminaire, incluant :

- Un bilan général : condition de santé générale, âge, psychologie et motivation du patient.
- L'étiologie de l'édentement : carie, maladie parodontale, fracture
- Un examen exobuccal : ligne du sourire
- Un examen endobuccal : ouverture buccale, hygiène, palpation endobuccale, relation intermaxillaire, résorption osseuse verticale, distance crête osseuse-dent antagoniste, hauteur interarcade en ouverture maximum, distance mésiodistale, présence de lésion, d'abcès...
- Une évaluation fonctionnelle : abrasion, usure dentaire, parafonctions...
- Un bilan radiographique
- Un bilan parodontal

2.2. Facteurs de risques esthétiques

Il en existe plusieurs types :

- Facteurs de risques muqueux : ligne du sourire, qualité de la gencive, papilles des dents adjacentes
- Facteurs de risques dentaires : forme des dents, position du point de contact interdentaire, forme du contact interdentaire
- Facteurs de risques osseux et implantaire : concavité vestibulaire, implants adjacents, résorption osseuse verticale
- Facteurs liés au patient : exigences esthétiques, qualité de l'hygiène (contrôle de plaque)
- Facteurs liés au praticien : expérience clinique

2.3. Facteurs de risques biomécaniques

- Facteurs de risques géométriques : nombre d'implants par rapport au nombre de dents à remplacer, type d'implant, extension prothétique, positionnement de l'implant, hauteur de la restauration prothétique...
- Facteurs de risques occlusaux : patient bruxomane, répartition des forces lors des guidages mandibulaires, type d'édentement
- Facteurs de risques osseux : densité de l'os et qualité de la stabilité primaire de l'implant, diamètre de l'implant trop faible par rapport à la situation clinique
- Facteurs de risques technologiques (liés aux matériaux) : défauts d'adaptation des travées implantaire, prothèses scellées

- Signaux d'alarme : dévissage répété des vis de prothèses ou de piliers, fracture répétée du matériau cosmétique, fracture des vis, perte osseuse continue au-delà de la 1^{ère} spire de l'implant

Pour anticiper certains risques esthétiques ou biomécaniques, il est important de garder à l'esprit que l'acte prothétique est la finalité de l'acte implantaire et préside à l'indication de l'implant, d'où la nécessité de disposer d'un plan de traitement précis pour minimiser les aléas pouvant survenir : (3)

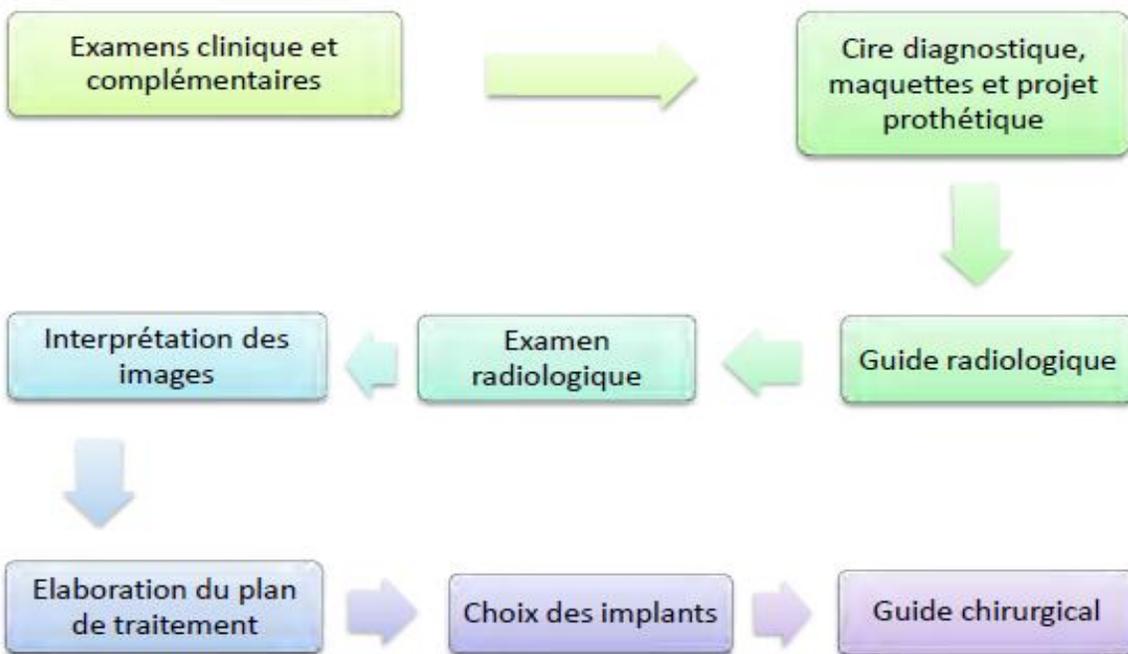


Figure 1 : Schéma représentant le déroulement du plan de traitement implantaire

A l'aide de ce schéma nous comprenons que l'élément faisant le lien entre le projet prothétique et la situation clinique est le guide radiologique. Nous notons également que la finalité de ce plan de traitement est la planification implantaire, elle a comme objectif le choix du nombre, de la longueur, du diamètre et du positionnement des implants. Elle découle de l'analyse de l'ensemble des éléments collectés par le chirurgien-dentiste décrit auparavant. (4)

3. LE GUIDE RADIOLOGIQUE

3.1. Caractéristiques (5)



Figure 2 : Le guide radiologique

Afin que la planification aboutisse à une cohérence entre la réhabilitation prothétique et le volume osseux disponible, le praticien a la possibilité d'utiliser un guide radiologique : il s'agit d'un duplicata du projet prothétique. Il possède plusieurs caractéristiques :

- Être radio-opaque

Les éléments à visualiser doivent être chargés en une matière dense (sulfate de baryum, guttapercha) opposant une résistance aux radiations afin d'être visualisés sur les images radiographiques. Pour cela, il existe des dents du commerce radio-opaque. Leur concentration en sulfate de baryum est de 30 % environ.

Dans certains cas, la base du guide radiologique doit être aussi radio-opaque. Afin de la différencier des dents prothétiques sur la radiographie, sa concentration en sulfate de baryum sera moins importante (15% environ).

- Être rigide

Ce guide doit être en matériau rigide afin que le patient puisse le porter durant l'examen scanographique, sans risque de déformation. Les risques de déformation sont liés à la pression mécanique mais aussi à la température buccale.

- Ne pas émettre de signaux parasites (bruits)

Les signaux parasites perturbent la qualité des images (cf : restaurations métalliques, tenons, etc.). Le guide ne doit pas créer ce type d'artefacts rendant la lecture plus complexe.

- Déterminer l'enveloppe de la restauration prothétique et/ou le centre des futures dents
Le guide radiologique confronte le projet prothétique avec la réalité des bases osseuses présentes. Dans l'idéal, les deux coïncident. Pourtant, un compromis est régulièrement nécessaire entre l'axe implantaire idéal et celui autorisé par les bases osseuses disponibles.

Au niveau des faces occlusales des dents radio-opaques, un puits d'environ 2 millimètres de diamètre sera fraisé, généralement au centre de la dent, là où le praticien souhaiterait idéalement situer l'axe d'émergence de l'implant. Ce puits constitue un cylindre non radio-opaque au cœur des couronnes, visible sur les coupes obliques de la radiographie. Dans le cas où le prothésiste utilise des dents non radio-opaques, ce puits sera rempli d'éléments radio-opaques (billes de métal, guttapercha condensée, tiges de titane, résine radio-opaque,...).

- Déterminer l'épaisseur des tissus mous

Pour cela, il faut que la base du guide radiologique soit visible sur la radiographie (cf : « être radio-opaque : sulfate de baryum). De fait, la muqueuse correspond à l'espace situé entre l'os et l'intrados du guide radiologique.

- Être stable et rétenteur

Lors de la radiographie, si le guide n'est pas dans la position originelle prévue par le prothésiste, les renseignements seront erronés et les implants placés en mauvaise position. Il s'avère donc parfois nécessaire d'utiliser un crochet pour stabiliser le guide, provoquant des artefacts sur le scanner ; une autre possibilité consiste à inclure les faces palatines des dents présentes sur l'arcade dans le guide radiologique, augmentant ainsi la précision dans le positionnement du guide. Dans le cas de patients édentés complets, un mordu intermaxillaire garantira le bon positionnement du guide radiologique.

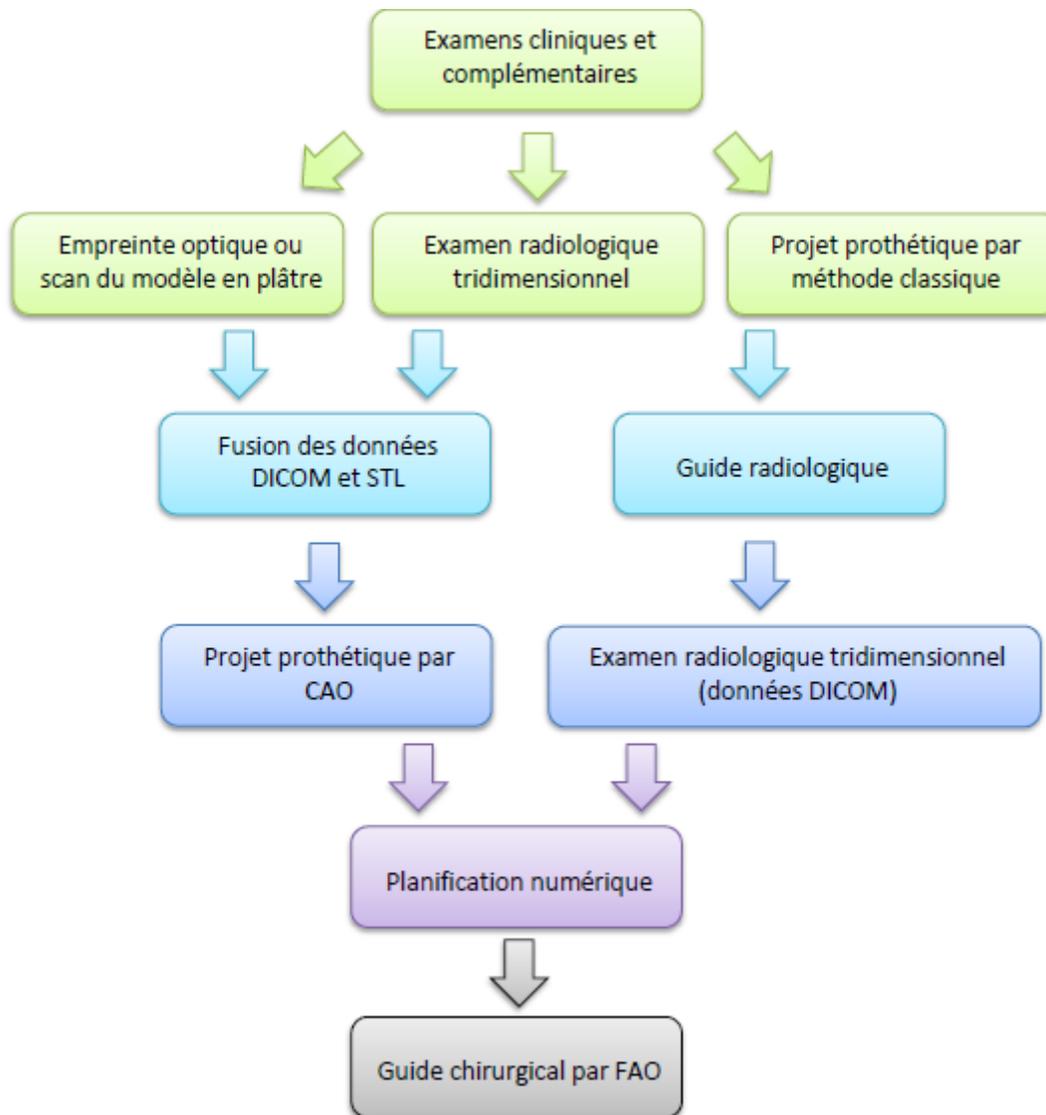


Figure 3 : Schéma indiquant les voies aboutissant à la réalisation du guide chirurgical

Désormais, il existe certains cas où le guide radiologique n'est plus indispensable, en effet certains logiciels sont capables de relier directement l'examen radiologique tridimensionnel et le projet prothétique réalisé de manière numérique à partir d'une empreinte optique ou du scan d'un modèle en plâtre.

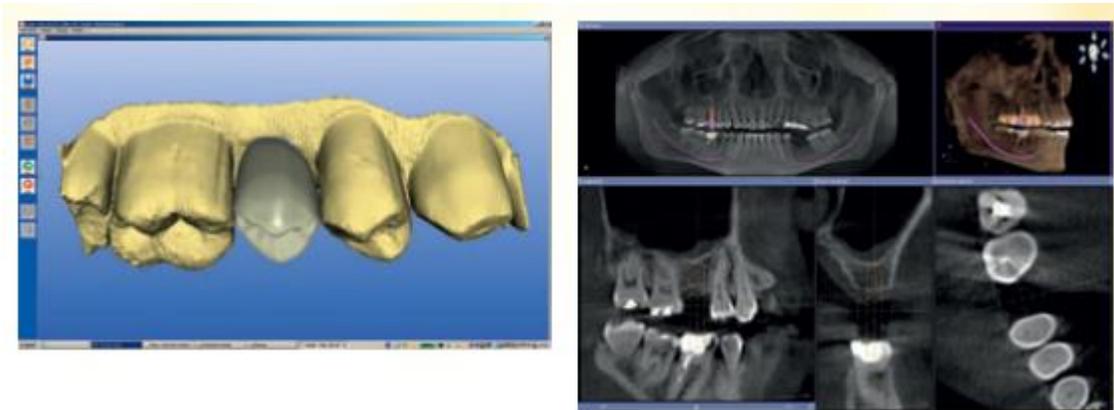


Figure 4 : Exemple de projet prothétique numérique en vue d'un implant en site de 15. (Cerec meets Galileos)

Ceci est permis grâce aux données d'acquisition DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine), qui assurent la communication des différents équipements d'imagerie médicale numérique. Ce format est celui utilisé par tous les logiciels de planification en implantologie orale.

4. LES GUIDES CHIRURGICAUX

La dernière étape de la planification implantaire consiste en la réalisation d'un guide chirurgical, il permet de transposer la simulation réalisée au préalable avec la cavité buccale du patient. Cela permet au chirurgien, lors du forage et de la mise en place de l'implant, de ne pas dévier du projet conçu. On parlera de sécurisation de l'acte avec un guidage lors des étapes de forages conformément au projet prothétique.

4.1. Caractéristiques (2)

Le guide chirurgical idéal satisfait à un cahier des charges :

- Il est précis, stable et rigide
- Il est de mise en place facile et reproductible et son positionnement doit pouvoir être contrôlé
- Il permet le contrôle tridimensionnel du positionnement implantaire
- Il n'interfère pas avec le geste chirurgical lors de l'élévation des lambeaux
- Il permet le refroidissement des forets pendant l'intervention

- Il est compatible avec le protocole de forage
- Il est peu encombrant et doit tenir compte de l'ouverture buccale du patient pendant le forage
- Il est adapté au type d'édentement et au concept thérapeutique choisi
- Il est stérilisable sans déformation

4.2. Procédés de fabrication des guides chirurgicaux à l'aide de la CFAO (5)

4.2.1. Méthodes additives

- La stéréolithographie :

C'est un procédé issu de l'industrie, permettant de réaliser des prototypes d'objets tridimensionnels à partir d'une modélisation informatique. Le principe consiste à polymériser couche par couche une résine photosensible liquide à l'aide d'un faisceau laser commandé par ordinateur.

La plateforme sur laquelle le faisceau laser sera projeté et qui permettra la polymérisation, se trouve dans une cuve remplie de résine liquide. En se déplaçant vers le bas dans le plan vertical, elle permet à la polymérisation de s'effectuer couche par couche, à raison de 0,070 à 0,75 millimètres par couche. Ce type de polymérisation par couche donne à la pièce un état de surface rugueux dit en strie d'échelon. A la fin du procédé, le guide chirurgical en résine reçoit, dans les trous prévus à cet effet appelés « canon », les cylindres en titane de 5 millimètres de long destinés à guider le forage. Le sommet du canon du guide peut varier en fonction du positionnement de l'implant et du dénivelé de crête entre deux implants.

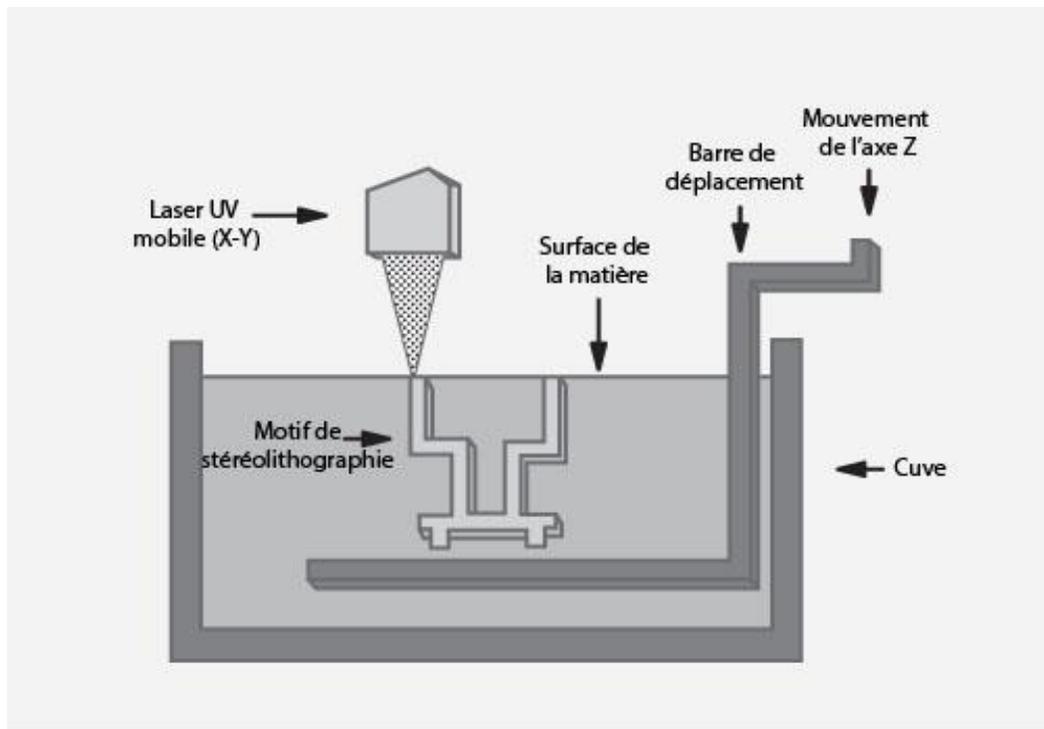


Figure 5 : Schéma illustrant la stéréolithographie

- Liage de poudre par frittage laser :

Ce procédé correspond à l'utilisation de fines particules de matériau qui seront fusionnées sous l'effet d'un laser pour se lier et former l'objet souhaité par couches.

Pour faire le lien avec la stéréolithographie, le principe de plateau descendant est le même. En revanche, la matière n'est pas présente à l'origine (bain) mais est étalée par la machine au-dessus des précédentes. Ainsi une couche se construit de la manière suivante : mise en place d'une couche de poudre, polymérisation laser des zones concernées par l'objet, descente du plateau. Cette série d'actions étant réalisée autant de fois que nécessaire pour la réalisation de l'objet.

4.2.2. Méthode soustractive - Transformation du guide radiologique en guide chirurgical

Dans cette technique, le principe est de transformer le guide utilisé lors de l'examen radiologique en guide chirurgical. En travaillant ainsi, il est possible de supprimer toute ambiguïté quant à la possibilité de positionner précisément le guide lors de la chirurgie. En effet, s'agissant de la même base, si le guide radiologique était stable en bouche sa transformation en guide chirurgical ne va pas modifier ce paramètre. Cependant, ce type de fabrication du guide chirurgical ne peut s'appliquer que dans le cadre d'un guide à appui dentaire et/ou muqueux et non dans le cadre d'un guide à appui osseux car il n'est

pas possible de réaliser l'examen radiologique avec un guide radiologique à appui osseux.

Cette technique correspond au procédé utilisé par la société Keystone Dental avec son produit EasyGuide.

Pour permettre cette transformation, le guide radiologique est réalisé avec un système de repérage spatial radio-opaque (billes, X,...). Ce système de repérage va permettre au logiciel de planification de calculer les coordonnées tridimensionnelles des cylindres qui recevront les canons, dans leur position prévue lors de la planification implantaire, par rapport à ce système de repérage.

Une fois fait, le système de repérage va être utilisé pour placer précisément le guide radiologique dans un système d'usinage dont il sera le repère tridimensionnel.

L'usinage de l'emplacement des canons peut alors être fait précisément en fonction des données informatiques transmises au système d'usinage pour transformer le guide radiologique en guide chirurgical.

Une autre solution visant à transformer le guide radiologique consiste à l'évider en vestibulaire ou en lingual (palatin), ceci ne donnant que le point d'émergence des implants et apportant donc une précision bien moindre. (6)

4.3. Classification en fonction du type d'appui (5)

4.3.1. Guide chirurgical à appui dentaire

Ce guide chirurgical est indiqué dans les cas d'édentement partiel. C'est le plus facile à manipuler, il est simple à mettre en œuvre et simple à mettre en place. Le guide chirurgical à appui dentaire est le plus simple et également le plus précis de tous les guides chirurgicaux.

Il est particulièrement indiqué dans les cas d'édentement encastré : l'appui se fait sur les dents adjacentes à l'édentement. Cependant, une pression trop exagérée déforme le ligament alvéolo-dentaire, enfonce les dents adjacentes au site à implanter et donc nuit à la précision du transfert des points de repère. Il est aussi indiqué pour les édentements terminaux, soit distaux, mais la zone édentée doit être inférieure à 30mm.

Il permet d'effectuer des chirurgies avec ou sans lambeau.



Figure 6 : Guide chirurgical à appui dentaire

4.3.2. Guide chirurgical à appui muqueux

Ce guide chirurgical est indiqué dans les cas d'édentement total mais aussi d'édentement partiel lorsque l'édentement s'étend sur 30 mm et plus. Le guide est directement posé sur la muqueuse. Son avantage par rapport au guide osseux est d'éviter une chirurgie avec lambeau. Il est légèrement moins précis que les autres guides. Il est complexe à mettre en œuvre car il faut s'assurer continuellement de sa bonne position. Ceci est rendu possible grâce à une clé d'occlusion et éventuellement des vis de fixation.

La différence de précision de ces 2 guides s'explique par les valeurs de dépressibilité dentaire de l'ordre de 0,2mm et muqueuse allant de 0,2 à 4mm selon les situations cliniques.

4.3.3. Guide chirurgical à appui osseux

Ce guide chirurgical est indiqué dans tous les cas où un lambeau doit être soulevé : lors d'un cas de « All on four », de bridge complet sur implants, lorsqu'il y a besoin d'une apposition osseuse ou tout simplement, lorsque le praticien désire visualiser la crête parce qu'elle est fine ou parce qu'il y a des défauts osseux. Le guide est directement en contact avec l'os.

Comme pour le guide chirurgical à appui muqueux, il comporte des cales dans le sens vertical sous la forme de dents pour caler l'occlusion et nécessite la pose de vis ou de clavettes assurant une bonne stabilité. Il n'existe pas de risque de déformation élastique comme pour le guide muqueux car l'appui est directement sur le rebord alvéolaire dans ce cas.

5. PRECISION DANS LA CHAÎNE DE TRANSMISSION DES DONNÉES DE LA CHIRURGIE GUIDÉE (5)

Nous comprenons aisément que l'emploi de ces guides est une aide majeure pour la réalisation de l'acte chirurgical. Cependant il peut exister des déviations entre la planification informatique et la réalité clinique postopératoire, résultant d'un défaut de précision dans la chaîne de transmission des données de la chirurgie guidée et un manque d'information des scanners sur la qualité de l'os.

Nous avons précédemment évoqué deux solutions possibles pour parvenir à la mise en place de l'implant, la première faisant appel à un guide radiologique utilisé lors d'un examen scanographique, aboutissant à une planification numérique à l'origine de la conception d'un guide chirurgical. La deuxième solution consiste à se passer d'un guide radiologique en utilisant la capacité des logiciels à relier directement empreinte optique intrabuccale (ou d'un moulage) et examen scanographique.

De ces deux cas nous allons évoquer les origines des défauts de précisions lors de la chaîne de transmission.

5.1. Spécifique à l'utilisation d'un guide radiologique

5.1.1. Défaut de positionnement du guide radiologique lors de la radiographie

La tomodensitométrie avec le guide radiologique en bouche constitue le premier maillon de la chaîne de transmission des données informatique. L'objectif est de restituer les rapports qu'entretiennent les bases osseuses avec le projet prothétique. Tout écart sera source de distorsion entraînant une déviation de l'implant. C'est pourquoi la stabilité du guide est primordiale, elle dépend de la qualité et de la précision de l'empreinte à l'origine du modèle en plâtre ainsi que de la qualité des tissus sur lesquels il va reposer. La réalisation d'une clé d'occlusion peut être préconisée dans certains cas.

5.2. Points communs avec ou sans guide radiologique

5.2.1. Déformations liées à l’empreinte

Il peut s’agir :

Soit d’une empreinte conventionnelle nécessitant le respect des protocoles habituels en fonction du matériau utilisé (spatulation, temps de travail, désinfection...), la précision de l’enregistrement des éléments de la cavité buccale (dents, structures ostéomuqueuses, freins, insertions musculaire...), l’absence de défauts de l’empreinte (bulles, déchirement, tirage...).

Soit d’une empreinte optique : Il est important de travailler sur un parodonte sain. Le plus souvent, pour obtenir une empreinte optique de précision, il était nécessaire d’appliquer une fine couche de poudre opaque à la surface des volumes à enregistrer, ceci n’est plus indispensable étant donné l’évolution des dispositifs. Il est également important de maintenir la langue et les joues à distance.

L’accessibilité de la caméra peut être une limite étant donné qu’une ouverture buccale limitée ou bien un ramus mandibulaire proche des surfaces dentaires peuvent limiter voir empêcher l’accès de la caméra dans les secteurs postérieurs. Les mouvements du patient doivent être minimes, pouvant entraîner des défauts d’enregistrement. (7)

5.2.2. Distorsions propres à la radiographie 3D

Quelle que soit la technique radiographique utilisée, scanner ou cone beam, c’est un logiciel informatique qui reconstitue le volume analysé après l’acquisition. Plusieurs études ont été réalisées pour évaluer la précision du scanner (0,137mm par Liang et al. 2009) et du cone beam (0,165mm à 0,282mm par Liang et al. 2009). Nous pouvons dire que peu importe la technique d’acquisition, la précision de mesure est de l’ordre du millimètre, induisant une sous ou surestimation du volume osseux.

Lors de l’enregistrement des clichés, il est nécessaire d’anticiper les artéfacts, d’origine cinétique et/ou métallique. Dans le cas des artéfacts métalliques on note la présence de plages de perturbations hypodenses, plus ou moins intenses (zones d’ombre, bandes sombres), de stries radiaires noires ou blanches, qui sont centrées sur les structures métalliques.

En pratique, pour limiter ces artéfacts, il est nécessaire de retirer tout objet métallique amovible susceptible de se retrouver dans le champ exploré (prothèses adjointes, bijoux, piercing...).

Les artéfacts sont quant à eux dus aux mouvements du patient et s’expriment sur l’image par un dédoublement des contours des différentes structures. La définition de

l'image est alors dégradée par un flou cinétique important qui peut parfois être responsable de mesures erronées. Pour les réduire il est nécessaire d'employer des moyens de contention efficaces ainsi que la coopération du patient et un temps d'acquisition le plus court possible.

Il existe en dernier lieu des artéfacts de capteurs, nécessitant une maintenance technique de l'appareil. (8)

5.2.3. Divergences inhérentes à la précision de fabrication du guide chirurgical

Comme décrit précédemment, le guide chirurgical est souvent réalisé par stéréolithographie, la précision des machines est de plus ou moins 0,1mm par 100mm, soit un taux d'erreur de 0,1%. Les dispersions ne devraient donc pas être imputées à la fabrication du guide chirurgical (d'Haese et al. 2009)

5.2.4. Divergences inhérentes à la phase chirurgicale : pour le guide à appui dentaire / muqueux / osseux

La chirurgie proprement dite est le second moment, après la radiographie du guide radio opaque en bouche, le plus à même d'introduire des erreurs par rapport au projet calculé. En effet le guide est soumis à des forces de pression, de cisaillement et/ou de torsion susceptible de déplacer les fûts de forage.

Le guide à appui dentaire est a priori le plus stable, notamment celui traitant d'un édentement encastré. En effet lors d'un édentement terminal le seul point d'appui dentaire est antérieur, les canons de forage se retrouvent donc sur la gencive déformable par pression dans les cas de chirurgie sans lambeau, ou dans le vide quand un lambeau est soulevé. Des erreurs peuvent donc apparaître par rapport au projet initial.

Le guide à appui muqueux repose sur une surface dépressible, toute pression inhomogène génère une bascule hors de la position initiale et donc une déviation du point d'impact et de l'angulation initiaux des implants. Pour éviter ce type de problème, il est intéressant de recourir à une clé d'occlusion ou à des vis de stabilisation.

Le guide à appui osseux ne connaît pas les mêmes contraintes de dépressibilité mais il reste nécessaire de le stabiliser par des vis. L'anesthésie peut créer une source de malposition car l'injection locale peut entraîner des tuméfactions muqueuses notamment en palatin, et engendrer une instabilité du guide. Il est donc préférable de réaliser des anesthésies à distance des zones d'appui.

6. ANALYSE DE LA LITTÉRATURE

6.1. Recherche et sélection des articles

La recherche électronique des articles scientifiques a été réalisée sur PubMed, uniquement en anglais étant donné l'absence de résultats en français. Aucune restriction concernant les dates de publication n'a été mise en place. Les mots clés employés seront décrits pour chaque texte par la suite.

La recherche d'articles a également été manuelle, se basant entre autres sur les travaux de Hultin & Co. 2012 ainsi que Schneider & Co. 2009. (11,12)

La sélection quant à elle s'est effectuée à partir du titre, aboutissant ou non à la lecture du résumé et enfin à la lecture de l'article dans sa totalité.

Au total 23 études ont été retenues et présentent des caractéristiques communes :

- Leurs objectifs doivent être clairs, à savoir analyser la précision des guides chirurgicaux réalisés par CFAO au travers du positionnement des implants. Pour ce faire certaines étapes de leurs protocoles sont similaires :
 - Examen radiographique tridimensionnel de la zone à implanter, planification implantaire, réalisation du guide chirurgical, phase chirurgicale sous anesthésie locale (pour les études in vivo) et nouvel examen radiographique tridimensionnel.

Ensuite intervient l'analyse, elle consiste à comparer la position finale de l'implant à travers sa position souhaitée lors de la planification. Plusieurs valeurs peuvent être mesurées :

α correspond à la déviation angulaire de l'axe de l'implant entre planification et position réelle

a représente la déviation au niveau du col

b représente la déviation au niveau de l'apex

c est la différence de profondeur de l'implant

Certaines études compareront ces résultats avec des groupes contrôle (usage de guides conventionnels, chirurgie à main levée...).

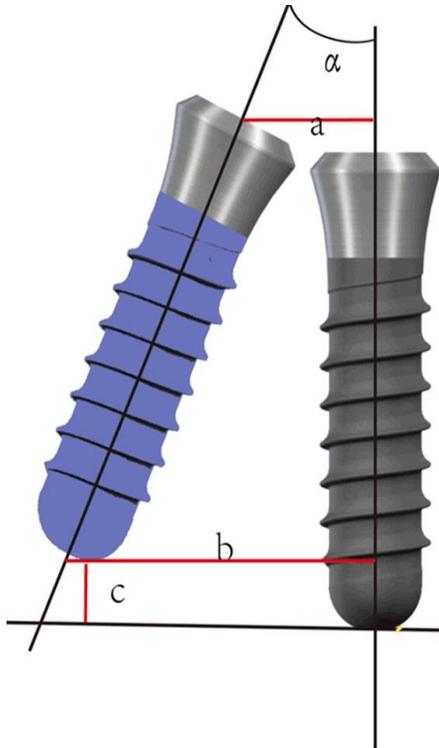


Figure 7 : Schéma représentant les variables étudiées

Lors de notre analyse, nous mettrons en avant certaines caractéristiques propres à chaque étude :

- Etude in vivo/in vitro
- nombre de patients
- paramètres d'enregistrement des radiographies tridimensionnelles pré et post opératoire
- caractéristiques de la planification implantaire : logiciel, opérateur
- marque, nombre, longueur des implants
- types de guides chirurgicaux et usage partiel ou total
- utilisation ou non de vis de fixation
- analyse statistique
- logiciel utilisé pour la mesure des résultats
- résultats d'une ou plusieurs variables décrites dans la figure ci-dessus

Enfin nous tenterons de détecter les éventuels biais des études, afin d'aboutir au grade de recommandation de ces articles à l'aide de la définition de la HAS (Haute Autorité de Santé) :

- Niveau de preuve : Le niveau de preuve d'une étude caractérise la capacité de l'étude à répondre à la question posée.

Cette capacité se juge, d'une part, par la correspondance de l'étude au cadre du travail (sujet, population, paramètres de jugement pris en compte), et d'autre part par les caractéristiques suivantes :

- l'adéquation du protocole d'étude à la question posée;
- l'existence ou non de biais importants dans la réalisation, et en particulier l'adaptation de l'analyse statistique aux objectifs de l'étude ;
- la puissance de l'étude et en particulier la taille de l'échantillon.

Niveau de preuve des études cliniques

Types d'études		Force des recommandations
Niveau 1	Essais comparatifs randomisés de forte puissance Méta-analyses d'essais comparatifs randomisés Analyse de décision basée sur des études bien menées	A Preuve scientifique établie
Niveau 2	Essais comparatifs randomisés de faible puissance Etudes comparatives non randomisées bien menées Etudes de cohorte	B Présomption scientifique
Niveau 3 Niveau 4	Etudes cas/témoin Etudes comparatives biaisées Etudes rétrospectives Séries de cas Etude épidémiologiques descriptives	C Faible niveau de preuve scientifique

Figure 8 : Tableau des niveaux de preuve de la HAS

6.2. Etude des articles

Pour chaque article retenu dans notre étude, vous retrouverez en annexe l'analyse détaillée selon les critères suivant :

- Titre
- Auteurs
- Année de publication
- Mots clés Pubmed
- Nombre de patients
- Types d'édentements
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques
- Usage d'un guide radiologique
- Format des données radiographiques
- Logiciel de la planification implantaire
- Opérateur de la planification implantaire
- Marque des implants
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire)
- Longueur des implants
- Types de guides chirurgicaux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux
- Méthode chirurgicale
- Même opérateur pour toutes les chirurgies
- Usage de vis de fixation
- Analyse statistique adaptée
- Logiciel employé pour la mesure des résultats
- Résultats de l'étude
- Biais ou source de confusion

6.3. Résumé des études

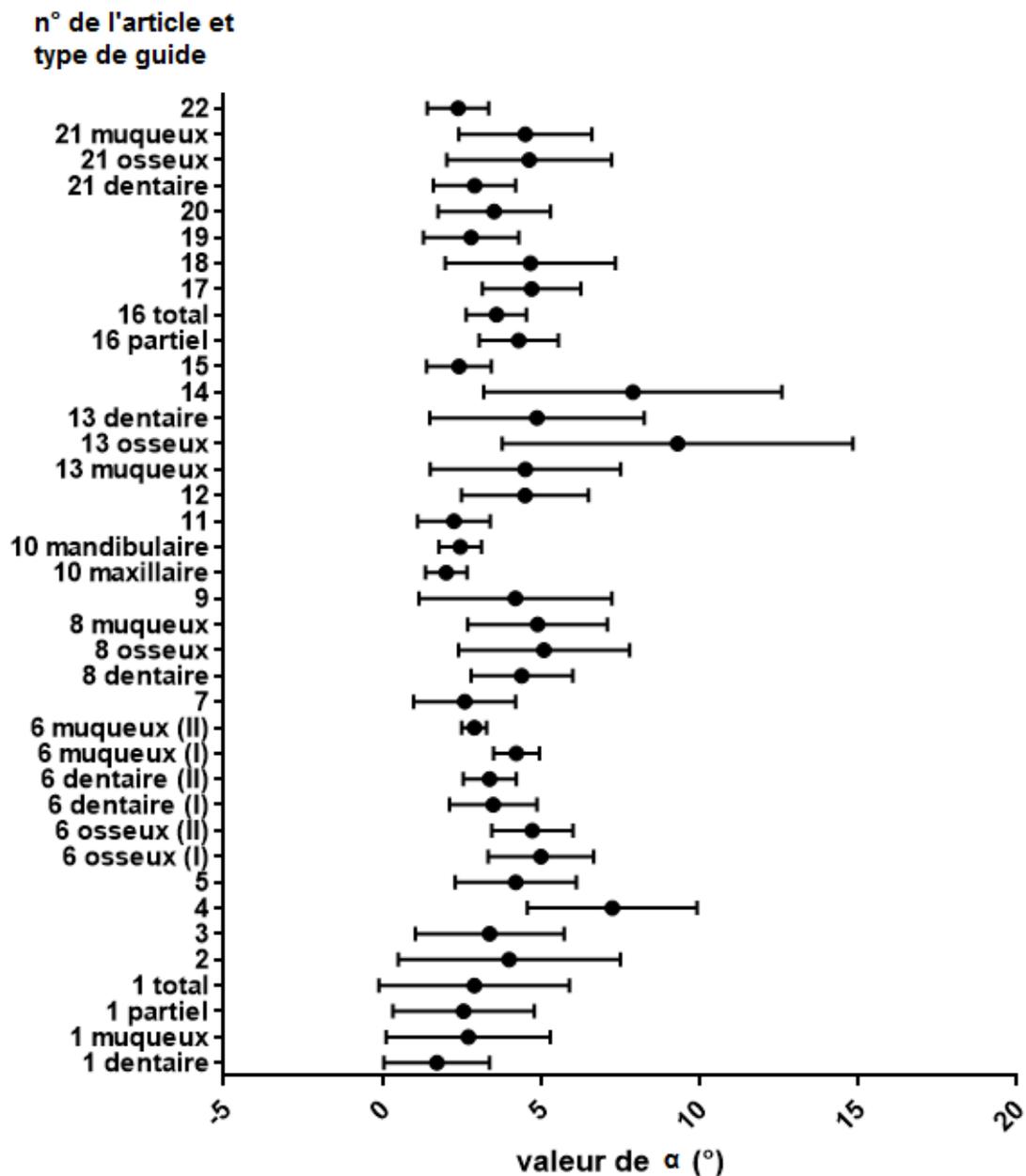
n° de l'article	in vitro vs in vivo	nombre de patients/ modèles	précision critères inclusion/ exclusion	épaisseur coupes ConeBeam (mm)	logiciel de planification	marque des implants	nombre d'implants (maxillaire/ mandibulaire)	longueur des implants (mm)	nombre de guides chirurgicaux	usage partiel ou total des guides chirurgicaux	méthode chirurgicale (L=avec lambeau/F= flapless)	usage de vis de fixation
1	in vivo	24	oui	-	Simplant	Straumann	111(69/42)	-	28	partiel ou total	F	-
2	in vitro	6	oui	0,75	NobelClinician	Nobel	39 (39/0)	7 ou 10	6	-	L	-
3	in vivo	9	oui	-	Implant Master	Zimmer	18	10 à 13	9	-	F ou L	-
4	in vivo	4	oui	1	Simplant	-	21(12/9)	-	6	partiel	L	-
5	in vivo	60	oui	-	Simplant	Osstem	109	-	-	-	-	-
6	in vivo	54	oui	-	Simplant et Stent Cad	SPI et Astra	279	8 à 13	60	partiel ou total	F ou L	oui
7	in vivo	13	oui	-	Astra	Astra	77(77/0)	8 à 15	13	total	F	oui
8	in vivo	21	oui	-	Stent Cad	Zimmer	94(48/46)	-	-	-	F ou L	-
9	in vivo	10	oui	-	CoDiagnostiX	Nobel	23(0/23)	10 à 13	10	-	F	-
10	in vitro	17	oui	0,75	Procera	Nobel	145(78/67)	-	17	total	F	oui
11	in vivo	30	non	0,3	Procera	Nobel	139(89/50)	-	25	total	F	oui
12	in vitro	5	-	-	Simplant	Zimmer	50(0/50)	10	5	-	-	-
13	in vivo	10	oui	-	Simplant	PlanIHealth	116(67/49)	10 à 18	14	partiel	F ou L	non
14	in vivo	25	non	-	Simplant	Nobel ou Zimmer	89	-	27	partiel	F ou L	-
15	in vivo	2	oui	-	3Diagnosys	Promote plus	14(6/8)	-	4	total	F	oui
16	in vitro	5	oui	0,25	CoDiagnostiX	Straumann	38(0/38)	10	5	total	F	-
17	in vitro	2	non	-	Stent Cad	Straumann	11(0/11)	8 ou 12	4	-	L	-
18	in vivo	20	oui	0,5	Simplant	Impladent	225	10 à 15	28	total	F	oui
19	in vivo	16	oui	0,6	Simplant	Astra	75	-	17	total	F	oui
20	in vivo	18	oui	1	Procera	Nobel	86	10 à 13	-	-	-	oui
21	in vivo	30	oui	-	Stent Cad	Zimmer	110(58/52)	-	-	-	F ou L	-
22	in vivo	10	oui	0,8	Astra	Astra	44	8 à 11	-	total	L	oui
23	in vitro	25	-	0,625	Procera	Nobel	150(150/0)	13	25	total	-	oui

6.4. Récapitulatif des résultats

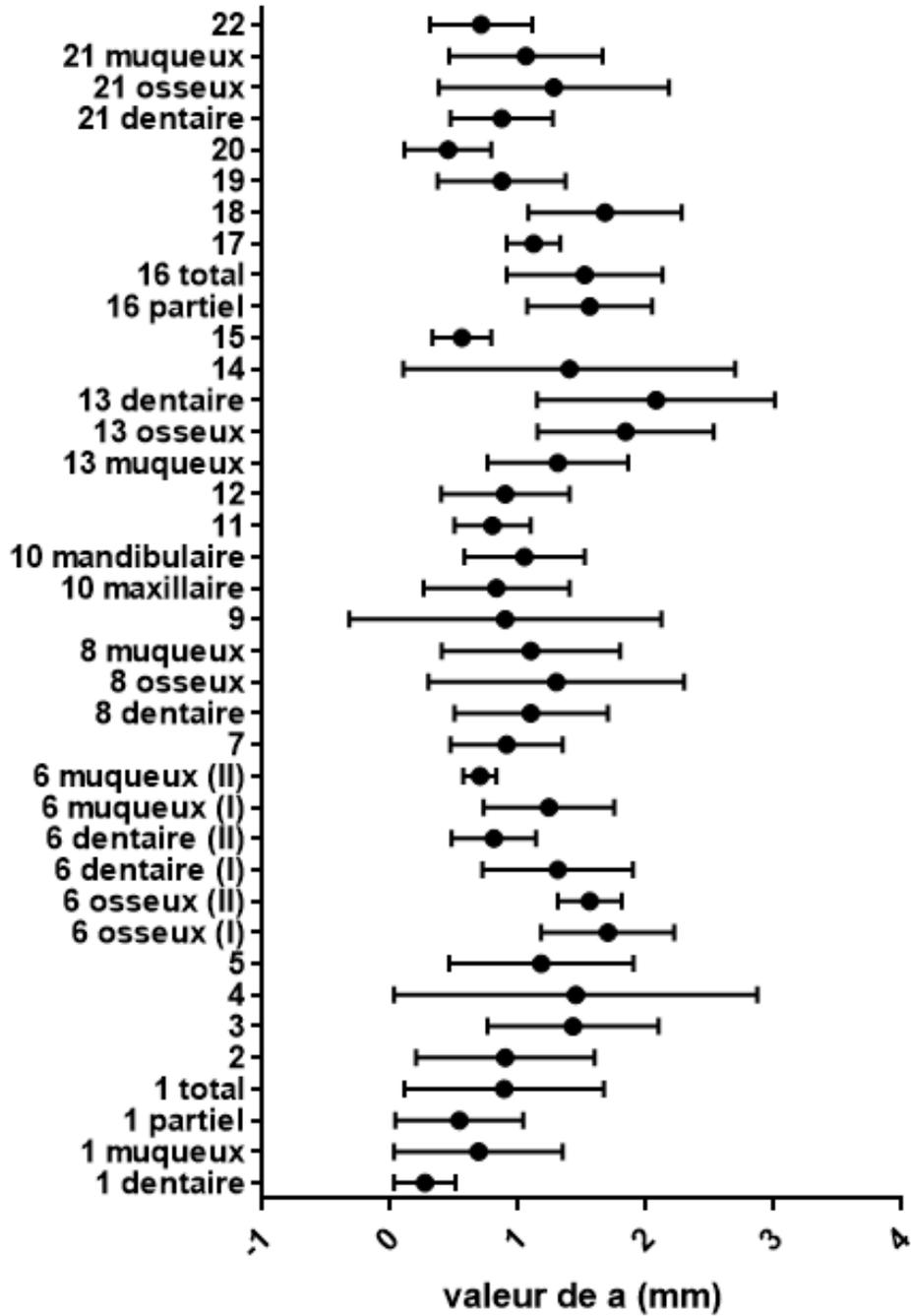
n° de l'article	type de guide	valeur de α (°)	valeur de a (mm)	valeur de b (mm)	valeur de c (mm)
1	appui dentaire	1,72 ± 1,67	0,27 ± 0,24	0,37 ± 0,35	0,32 ± 0,32
1	appui muqueux	2,71 ± 2,58	0,69 ± 0,66	0,94 ± 0,75	0,51 ± 0,48
1	usage partiel	2,56 ± 2,23	0,54 ± 0,50	1,10 ± 0,85	
1	usage total	2,90 ± 3,00	0,89 ± 0,78	0,81 ± 0,64	
2		4 ± 3,5	0,9 ± 0,7	1,1 ± 0,9	0,2 ± 0,5
3		3,39 ± 2,35	1,43 ± 0,67	1,72 ± 0,61	1,26 ± 0,75
4		7,25 ± 2,67	1,45 ± 1,42	2,99 ± 1,77	
5		4,21 ± 1,91	1,18 ± 0,72	1,43 ± 0,74	0,54 ± 0,29
6	appui osseux (système I)	5 ± 1,66	1,70 ± 0,52	1,99 ± 0,64	
6	appui osseux (système II)	4,73 ± 1,28	1,56 ± 0,25	1,86 ± 0,4	
6	appui dentaire (système I)	3,5 ± 1,38	1,31 ± 0,59	1,62 ± 0,54	
6	appui dentaire (système II)	3,39 ± 0,84	0,81 ± 0,33	1,01 ± 0,4	
6	appui muqueux (système I)	4,23 ± 0,72	1,24 ± 0,51	1,4 ± 0,47	
6	appui muqueux (système II)	2,9 ± 0,39	0,7 ± 0,13	0,76 ± 0,15	
7		2,60 ± 1,61	0,91 ± 0,44	1,13 ± 0,52	
8	appui dentaire	4,4 ± 1,6	1,1 ± 0,6	1,3 ± 0,7	
8	appui osseux	5,1 ± 2,7	1,3 ± 1	1,6 ± 1,5	
8	appui muqueux	4,9 ± 2,2	1,1 ± 0,7	1,7 ± 1	
9		4,2 ± 3,04	0,9 ± 1,22	0,9 ± 0,94	
10	maxillaire	2,02 ± 0,66	0,83 ± 0,57	0,96 ± 0,50	0,1 ± 0,60
10	mandibulaire	2,46 ± 0,67	1,05 ± 0,47	1,24 ± 0,58	0,48 ± 0,52
11		2,26 ± 1,14	0,80 ± 0,30	1,09 ± 0,40	0,15 ± 0,76
12		4.5 ± 2	0.9 ± 0.5	1.0 ± 0.6	
13	appui muqueux	4,51 ± 3	1,31 ± 0,55	1,64 ± 0,8	0,83 ± 0,58
13	appui osseux	9,31 ± 5,53	1,84 ± 0,69	2,26 ± 0,73	1,35 ± 0,64
13	appui dentaire	4,88 ± 3,38	2,08 ± 0,93	2,59 ± 1,81	1,51 ± 1,06
14		7,9 ± 4,7	1,4 ± 1,3	1,6 ± 1,2	1,0 ± 1,0
15		2,42 ± 1,02	0,56 ± 0,23	0,64 ± 0,29	
16	usage partiel	4,3 ± 1,25	1,56 ± 0,49	1,84 ± 0,47	
16	usage total	3,6 ± 0,95	1,52 ± 0,61	1,55 ± 0,71	
17		4,71 ± 1,55	1,12 ± 0,21	1,21 ± 0,50	1,42 ± 0,30
18		4,67 ± 2,68	1,68 ± 0,6	2,19 ± 0,83	
19		2,8 ± 1,5	0,87 ± 0,50	1,10 ± 0,53	0,5 ± 0,5
20		3,53 ± 1,77	0,45 ± 0,34	0,65 ± 0,47	0,53 ± 0,40
21	appui dentaire	2,91 ± 1,3	0,87 ± 0,4	0,95 ± 0,6	
21	appui osseux	4,63 ± 2,6	1,28 ± 0,9	1,57 ± 0,9	
21	appui muqueux	4,51 ± 2,1	1,06 ± 0,6	1,6 ± 1,0	
22		2,39 ± 0,97	0,71 ± 0,40	0,77 ± 0,38	0,47 ± 0,43
23		0,61	0,59	0,73	0,51

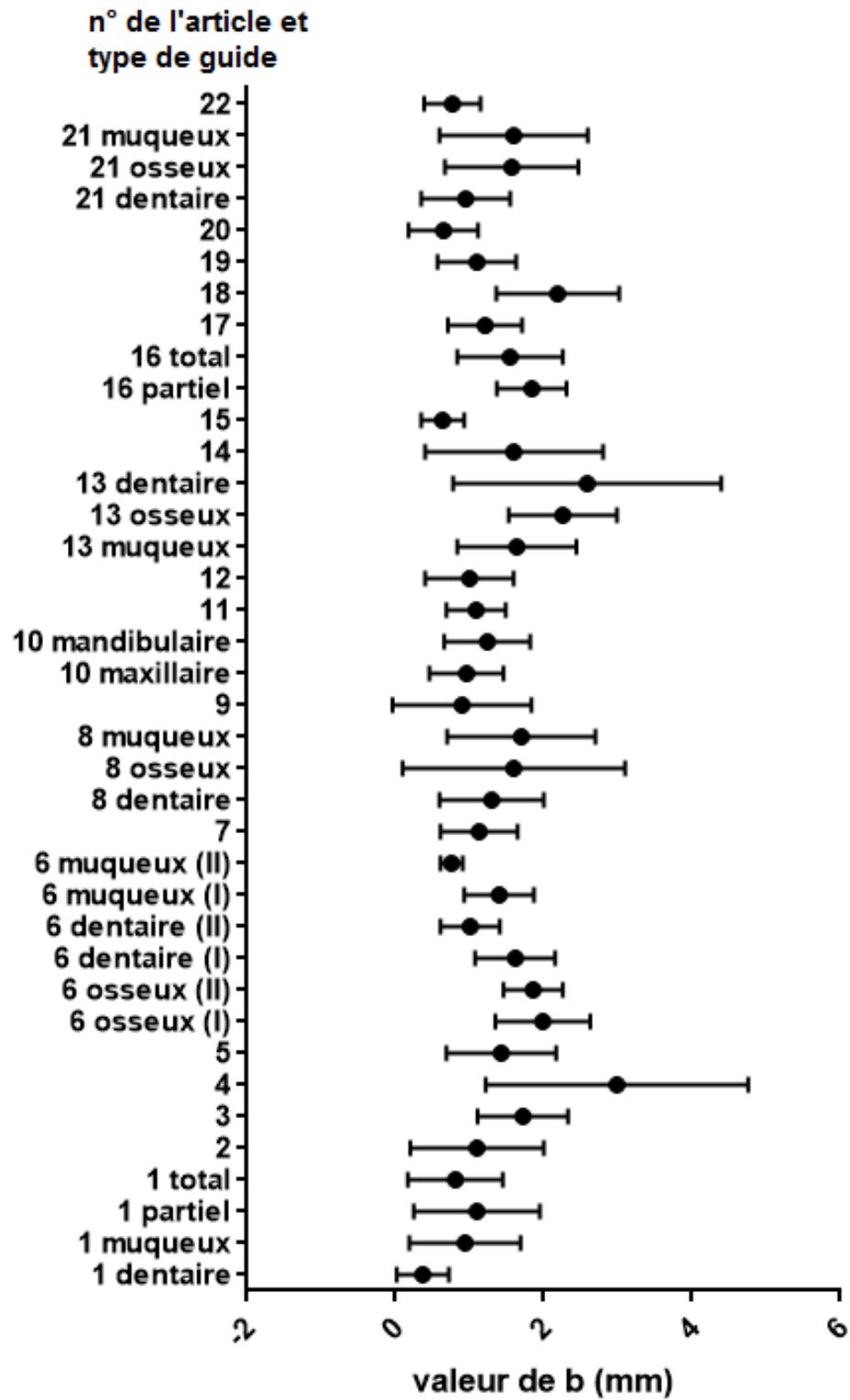
Pour réaliser ce tableau, seuls les résultats concernant les chirurgies guidées ont été conservés, pour l'article n°9 les valeurs les plus élevées ont été retenues (à savoir les mesures dans le sens méso-distal) et pour l'article n°23, les écarts type ne sont pas précisés et aucune donnée ne permet de la calculer, cette étude ne sera donc pas analysée par la suite.

6.5. Analyse graphique des résultats

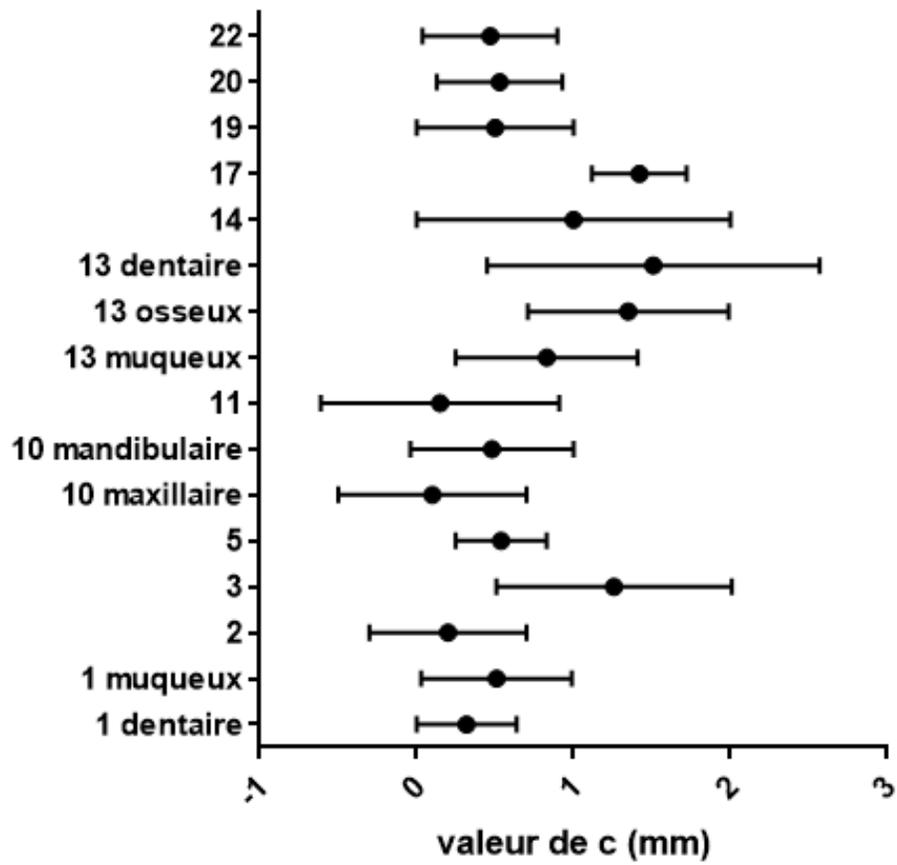


n° de l'article et
type de guide





n° de l'article et
type de guide



6.6. Hypothèses concernant la précision des guides chirurgicaux

Pour chacun des 4 graphiques précédents, l'objectif est d'évaluer quelles études (et donc quels guides et quels protocoles) présentent les déviations les plus importantes. Pour ce faire, nous nous baserons sur la valeur de la médiane afin de ne pas tenir compte des valeurs extrêmes (à la différence de la moyenne arithmétique).

En nous référant au tableau de la HAS précédemment exposé, nous pouvons classer la totalité des études avec un faible niveau de preuve scientifique, ces dernières correspondant à des séries de cas.

La médiane calculée pour α est 4° (moyenne de $3,99^\circ$) et un écart type médian de $1,72^\circ$ (moyenne de $2,0^\circ$), nous considérerons donc que les valeurs non comprises entre 2,28 et 5,72 correspondent aux études aboutissant à des déviations angulaire de l'axe de l'implant trop importantes. Il s'agit des guides des études n°4, 11 et 14 ainsi que des guides à appui dentaire de l'étude n°1, osseux de l'étude n°13 et des guides maxillaires de l'étude n°10.

La médiane calculée pour a est 1,08mm (moyenne de 1,11mm) et un écart type médian de 0,56mm (moyenne de 0,59mm), nous considérerons donc que les valeurs non comprises entre 0,52 et 1,64 correspondent aux études aboutissant à des déviations du col de l'implant trop importantes. Il s'agit des guides des études n°18 et 20 ainsi que des guides à appui dentaire de l'étude n°1, osseux de l'étude n°6 (système I) et osseux et dentaire de l'étude n°13.

La médiane calculée pour b est 1,24mm (moyenne de 1,37mm) et un écart type médian de 0,63mm (moyenne de 0,72mm), nous considérerons donc que les valeurs non comprises entre 0,61 et 1,87 correspondent aux études aboutissant à des déviations de l'apex trop importantes. Il s'agit des guides des études n°4 et 18 ainsi que des guides à appui dentaire de l'étude n°1, osseux de l'étude n°6 (système I) et osseux et dentaire de l'étude n°13.

La médiane calculée pour c est 0,51mm (moyenne de 0,71mm) et un écart type médian de 0,52mm (moyenne de 0,59mm), nous considérerons donc que les valeurs non comprises entre -0,01 et 1,03 correspondent aux études aboutissant à des déviations de profondeur de l'implant trop importantes. Il s'agit des guides des études n°3, 17 ainsi que des guides à appui dentaire et osseux de l'étude n°13.

Les études citées précédemment comportent un nombre important de biais et d'informations manquantes, néanmoins il semblerait que l'usage de guides chirurgicaux à appui muqueux entraînent des déviations plus marquées, tandis qu'un usage de manière totale, ainsi que l'utilisation de vis de fixation améliorent la précision de la chirurgie guidée.

A noter que les valeurs calculées dans notre étude se rapprochent des résultats des revues de la littérature de Schneider & Co de 2009 faisant état des moyennes suivantes : $a = 1,07\text{mm}$; $b = 1,63\text{mm}$; $c = 0,43\text{mm}$ et $\alpha = 5,26^\circ$ ainsi que de Van Assche & Co de 2012 : $a = 0,99\text{ mm}$; $b = 1,24\text{ mm}$; $c = 0,46\text{ mm}$ et $\alpha = 3,81^\circ$. (34)

Afin d'améliorer les protocoles des études et obtenir des résultats plus significatifs, il pourrait être intéressant de comparer des études in vivo utilisant les mêmes paramètres d'acquisition d'imagerie tridimensionnelle, que ceux-ci soient identiques en pré et post chirurgical, que la planification implantaire soit réalisée par l'opérateur des chirurgies et que toutes les chirurgies soient réalisées par la même personne au sein d'une étude. Enfin pour permettre une analyse de qualité, il semblerait bénéfique que les résultats soient détaillés en fonction des caractéristiques de l'implant (court vs long), des types de guides chirurgicaux (appui osseux, muqueux ou dentaire), de leur usage (partiel vs total), de l'arcade implantée (maxillaire vs mandibulaire) et son type d'édentement (partiel vs total), du type de chirurgie (avec ou sans lambeau) et de l'usage ou non de vis de fixation.

7. CONCLUSION

L'implantologie est un domaine en évolution permanente au cœur de la dentisterie moderne. Ces évolutions ont pour but d'apporter des nouvelles solutions aux thérapeutiques implantaire, au travers de technologies venant au service des praticiens.

La complexité du traitement prothétique implantaire réside dans les indications, l'analyse pré-implantaire et l'élaboration du plan de traitement.

L'avènement de la tomodensitométrie dans un premier temps a permis le développement d'une vision tridimensionnelle, puis des logiciels de simulation implantaire sont nés. C'est grâce à ces derniers que les planifications implantaires ont pu être perfectionnées.

Puis l'évolution s'est poursuivie, donnant naissance aux guides chirurgicaux. Ces guides en résine réalisés « sur mesure » par procédé stéréolithographique représentent un progrès décisif dans le transfert des données en bouche. Nous avons donc étudié ces guides à travers différentes études. La quasi-totalité des guides chirurgicaux réalisés de nos jours font appel à des procédés de CFAO, c'est pourquoi seuls ces derniers ont fait l'objet de notre attention.

Nous avons pu noter l'importance du nombre de systèmes présents sur le marché, avec une idéologie commune : faire de l'implantologie une pratique à la portée de tous.

La réalité en est tout autre, en effet les différentes études n'ont pas démontré d'efficacité sans failles, même si la majorité de ces études nécessiteraient une amélioration de leur protocole. Les déviations observées par rapport à la planification furent de l'ordre du millimètre au niveau du col et de l'apex, autour d'un demi-millimètre quant à la profondeur de l'implant et autour de 4° au niveau de leur angulation. Le consensus de Hultin & Co. (2012), conclu sur un taux de survie implantaire similaire entre la chirurgie conventionnelle et guidée.

L'utilisation de guides chirurgicaux en implantologie reste tout de même une belle avancée dans le domaine de la chirurgie implantaire guidée et permettent une simplification de la phase chirurgicale. Elle permet un temps chirurgical raccourci et la possibilité de chirurgie sans lambeau, apportant un confort au patient en terme de suites opératoires diminuées. L'apport de ces guides chirurgicaux se ressent davantage au sein de plans de traitement complexes incluant une pose d'implants multiples et en regard de zones anatomiques particulières.

Il n'existe à l'heure actuelle pas de solutions miracles permettant une implantation aussi précise que souhaitée lors de la planification. Ceci pouvant s'expliquer par le nombre important de facteurs à prendre en compte dont notamment la formation, l'expérience du praticien et le respect des protocoles. Ces derniers sont les points clés de la réussite des thérapeutiques implantaires, c'est pourquoi nous pourrions être amenés à nous demander si l'usage des guides chirurgicaux serait davantage bénéfique à des praticiens débutant ? Offrent-ils un réel apport pour des implantologues expérimentés ?

ANNEXES

Article n° 1(11)

- Titre : Accuracy of different types of computer-aided design/ computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement
 - Auteurs : Wei Geng, Changying Liu, Yucheng Su, Jun Li, Yanmin Zhou
 - Année de publication : 2015
 - Mots clés Pubmed : accuracy surgical guide dental implant
 - Nombre de patients : 24 (28 arcades)
 - Types d'édentements : 15 complets, 13 partiels
 - Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
 - Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Quantitative Radiology
 - Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
 - Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
 - Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
 - Usage d'un guide radiologique : oui
 - Format des données radiographiques : DICOM
 - Logiciel de la planification implantaire : Siplant
 - Opérateur de la planification implantaire : non précisé
 - Marque des implants : Straumann
 - Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 111 (69/42)
 - Longueur des implants : non précisée
 - Types de guides chirurgicaux : à appui muqueux (pour 59 implants) et dentaire (pour 52 implants)
 - Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 28
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : 6 guides de manière partielle (29 implants) et 9 de manière totale (30 implants)
 - Méthode chirurgicale : flapless
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
 - Usage de vis de fixation : non précisé
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : Siplant
- Résultats de l'étude :
- Pour les guides chirurgicaux à appui dentaire : $\alpha = 1,72 \pm 1,67^\circ$;
 $a = 0,27 \pm 0,24$ mm ; $b = 0,37 \pm 0,35$ mm ; $c = 0,32 \pm 0,32$ mm
- Pour les guides chirurgicaux à appui muqueux : $\alpha = 2,71 \pm 2,58^\circ$;
 $a = 0,69 \pm 0,66$ mm ; $b = 0,94 \pm 0,75$ mm ; $c = 0,51 \pm 0,48$ mm
- Pour les guides chirurgicaux utilisés de manière partielle : $\alpha = 2,56 \pm 2,23^\circ$;
 $a = 0,54 \pm 0,50$ mm ; $b = 1,10 \pm 0,85$ mm
- Pour les guides chirurgicaux utilisés de manière totale : $\alpha = 2,90 \pm 3,00^\circ$;
 $a = 0,89 \pm 0,78$ mm ; $b = 0,81 \pm 0,64$ mm

- Biais ou sources de confusion : Pas d'informations concernant les opérateurs des Cone Beam, de la planification et des chirurgies, ainsi que sur l'usage de vis de fixation, sur la longueur des implants utilisés et sur les paramètres du Cone Beam. De plus les guides chirurgicaux partiels ou totaux ne sont utilisés qu'avec les guides à appui muqueux, sans préciser la raison. Enfin concernant les résultats, la déviation de profondeur des implants n'a pas été calculée pour les guides utilisés partiellement ou totalement.

Article n° 2 (12)

- Titre : Accuracy of implant placement in the posterior maxilla as related to 2 types of surgical guides: A pilot study in the human cadaver
- Auteurs : Renaud Noharet, Andreas Pettersson, Denis Bourgeois
- Année de publication : 2014
- Mots clés Pubmed : accuracy surgical guide dental implant
- Nombre de patients : 6 cadavres humains (arcades maxillaires)
- Types d'édentements : classe I de Kennedy-Applegate : édentement bilatéral postérieur (maxillaire uniquement dans cette étude)
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Somatom Sensation, Siemens
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,75 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : non précisé
- Logiciel de la planification implantaire : NobelClinician
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Nobel
- Nombre d'implants mis en place : 39 (maxillaire)
- Longueur des implants : 12 de 7mm, 27 de 10mm
- Types de guides chirurgicaux : non précisé
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 6
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
- Méthode chirurgicale : avec lambeau
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : NobelGuide Validation

- Résultats de l'étude : 19 implants ont été mis en place à l'aide des guides chirurgicaux, 20 à l'aide d'une transformation du guide radiologique.

Pour les chirurgies guidées : $\alpha = 4 \pm 3,5^\circ$; $a = 0,9 \pm 0,7\text{mm}$; $b = 1,1 \pm 0,9\text{mm}$; $c = 0,2 \pm 0,5\text{mm}$

Pour les chirurgies « à main levée » : $\alpha = 9,2 \pm 4,3^\circ$; $a = 2,1 \pm 1,1\text{mm}$; $b = 2,3 \pm 1,2\text{mm}$; $c = 0,3 \pm 1\text{mm}$

- Biais ou sources de confusion : Ce travail étant réalisé sur des cadavres, il ne prend pas en compte diverses contraintes telles que le saignement per-opératoire, les mouvements du patient... pouvant interférer sur la précision du positionnement des implants. De plus certaines informations ne sont pas spécifiées dans l'étude : les opérateurs des Cone Beam et de la planification, le type de guide chirurgicaux utilisés ainsi que leur usage total ou partiel.

Article n° 3 (13)

- Titre : Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides
- Auteurs : Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL
- Année de publication : 2013
- Mots clés Pubmed : accuracy surgical guide dental implant

Particularité de l'étude : elle compare la précision de guides chirurgicaux conventionnels (transformation du guide radiologique) et de guides chirurgicaux réalisés en CFAO par rapport à la planification implantaire, ceci au travers de la mise en place d'implants dans des positions symétriques (secteur 1-2 ou 3-4) chez un même patient.

- Nombre de patients : 9
- Types d'édentements : partiels (dans des positions symétriques)
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : iCAT, Imaging Sciences
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisés
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : Implant Master, iDent
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Zimmer
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 18 (non précisé)
- Longueur des implants : 10 à 13 mm
- Types de guides chirurgicaux : à appui dentaire

- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 9
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
 - Méthode chirurgicale : sans lambeau avec le guide chirurgical, avec lambeau pour le guide conventionnel
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : non précisé
- Résultats de l'étude :
 Pour les guides conventionnels : $\alpha = 6,73 \pm 4,30^\circ$; $a = 2,19 \pm 1,02$ mm ;
 $b = 2,81 \pm 1,24$ mm ; $c = 1,81 \pm 1,08$ mm
 Pour les guides chirurgicaux : $\alpha = 3,39 \pm 2,35^\circ$; $a = 1,43 \pm 0,67$ mm ;
 $b = 1,72 \pm 0,61$ mm ; $c = 1,26 \pm 0,75$ mm
- Biais ou sources de confusion : Plusieurs informations sont manquantes, à savoir l'opérateur et les paramètres des Cone Beam pré et post opératoire, l'opérateur des chirurgies, la position des implants (maxillaire ou mandibulaire) ainsi que l'usage partiel ou total des guides chirurgicaux.

Article n° 4(14)

- Titre : Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results
- Auteurs : Di Giacomo GA , Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL
- Année de publication : 2005
- Mots clés Pubmed : accuracy surgical guide dental implant
- Nombre de patients : 4
- Types d'édentements : partiels
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : CSI Materialise, Ann Arbor
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : radiologue identique pour les 2
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 1,0 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : Simplant
- Opérateur de la planification implantaire : examinateur autre que le chirurgien
- Marque des implants : non précisé
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 21 (12/9)
- Longueur des implants : non précisée
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui dentaire et/ou osseux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 6

- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : partiel
 - Méthode chirurgicale : avec lambeau
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui
 - Analyse statistique adaptée : non précisée
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : non précisé
- Résultats de l'étude : $\alpha = 7,25 \pm 2,67^\circ$; $a = 1,45 \pm 1,42\text{mm}$; $b = 2,99 \pm 1,77\text{mm}$
- Biais ou sources de confusion : Un certain nombre de données ne sont pas spécifiées dans cette étude, notamment la marque et la longueur des implants ainsi que le test statistique ou le logiciel utilisé pour la mesure des résultats. Ces résultats ne sont pas détaillés en fonction du type de guide chirurgical et ne comprennent pas la valeur de déviation de profondeur de l'implant.

Article n°5 (15)

- Titre : Accuracy evaluation of computer-designed surgical guide template in oral implantology
- Auteurs : Shen P, Zhao J, Fan L, Qiu H, Xu W, Wang Y, Zhang S, Kim YJ
- Année de publication : 2015
- Mots clés Pubmed : accuracy dental implant
- Nombre de patients : 60
- Types d'édentements : non précisés
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : NewTown VG en pré, non précisé en post
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisés
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : Simplant
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Osstem
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 109 (non précisé)
- Longueur des implants : non précisée
- Types de guides chirurgicaux : non précisés
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : non précisé
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
- Méthode chirurgicale : non précisée
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui au sein de chaque groupe
- Usage de vis de fixation : non précisé

- Analyse statistique adaptée : non précisée
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : non précisé
- Résultats de l'étude : Sans guide chirurgical (52 implants) : $\alpha = 8,84 \pm 4,64^\circ$;
a = $2,07 \pm 0,51\text{mm}$; b = $2,89 \pm 1,02\text{mm}$; c = $0,78 \pm 0,33\text{mm}$
Avec guide chirurgical (59 implants) : $\alpha = 4,21 \pm 1,91^\circ$; a = $1,18 \pm 0,72\text{mm}$;
b = $1,43 \pm 0,74\text{mm}$; c = $0,54 \pm 0,29\text{mm}$
- Biais ou sources de confusion : un nombre important d'informations sont manquantes dans cette étude, les types d'édentements des patients, les opérateurs et paramètres des Cone Beam pré et post chirurgicaux, l'opérateur de la planification implantaire, la longueur des implants, leur localisation (maxillaire ou mandibulaire), le nombre, les types et l'usage des guides chirurgicaux, la méthode chirurgicale ainsi que le test statistique employé. De plus nous ne savons pas si le chirurgien est le même pour les 2 groupes.

Article n°6 (16)

- Titre : Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer-aided implant placement: a computed tomography-based clinical comparative study
- Auteurs : Arisan V, Karabuda ZC, Ozdemir T
- Année de publication : 2010
- Mots clés Pubmed : Accuracy stereolithographic guide
- Nombre de patients : 54
- Types d'édentements : complets ou partiels
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Iluma, Imtec Imaging
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : non précisé
- Logiciel de la planification implantaire : Stent Cad et Simplant
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : SPI et Astra
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 294 mais 279 retenues pour les mesures (non précisé)
- Longueur des implants : 8 à 13 mm
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui muqueux, osseux et dentaire (par prototypage rapide)
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 60
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total pour les guides chirurgicaux à appui dentaire et muqueux du système II, sinon partiel

- Méthode chirurgicale : avec ou sans lambeau
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : non, 3 praticiens différents
- Usage de vis de fixation : oui
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Analyze 9.0
- Résultats de l'étude :

Deviations	Guide System	Mean \pm SD	Guide
α (°)	System I	5.0 \pm 1.66	Bone-supported
	System II	4.73 \pm 1.28	Bone-supported
	System I	3.5 \pm 1.38	Tooth-supported
	System II	3.39 \pm 0.84	Tooth-supported
	System I	4.23 \pm 0.72	Mucosa-supported
	System II	2.9 \pm 0.39	Mucosa-supported
a (mm)	System I	1.70 \pm 0.52	Bone-supported
	System II	1.56 \pm 0.25	Bone-supported
	System I	1.31 \pm 0.59	Tooth-supported
	System II	0.81 \pm 0.33	Tooth-supported
	System I	1.24 \pm 0.51	Mucosa-supported
	System II	0.7 \pm 0.13	Mucosa-supported
b (mm)	System I	1.99 \pm 0.64	Bone-supported
	System II	1.86 \pm 0.4	Bone-supported
	System I	1.62 \pm 0.54	Tooth-supported
	System II	1.01 \pm 0.40	Tooth-supported
	System I	1.4 \pm 0.47	Mucosa-supported
	System II	0.76 \pm 0.15	Mucosa-supported

- Biais ou sources de confusion : Les opérateurs des Cone Beam ainsi que de la planification ne sont pas spécifiés. De même pour l'épaisseur des coupes des Cone Beam et la localisation des implants (maxillaire ou mandibulaire). L'étude comporte un biais car les interventions ont été réalisées par 3 praticiens différents. Enfin, les valeurs de déviations de profondeur de l'implant n'ont pas été calculées.

Article n°7 (17)

- Titre : A prospective study on the accuracy of mucosally supported stereolithographic surgical guides in fully edentulous maxillae
 - Auteurs : Jan D'haese, Tommie Van De Velde, Lucien Elaut, Hugo De Bruyn
 - Année de publication : 2012
 - Mots clés Pubmed : accuracy stereolithographic surgical guide
 - Nombre de patients : 13
 - Types d'édentements : maxillaires édentés complet
 - Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
 - Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Siemens Somatom Definition en pré, non précisé en post Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
 - Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisé
 - Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisé
 - Usage d'un guide radiologique : oui
 - Format des données radiographiques : non précisé
 - Logiciel de la planification implantaire : Astra
 - Opérateur de la planification implantaire : praticien réalisant les chirurgies
 - Marque des implants : Astra
 - Nombre d'implants mis en place (maxillaire): 78 mais 77 retenues pour l'analyse
 - Longueur des implants : 8 à 15 mm
 - Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui muqueux
 - Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 13
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
 - Méthode chirurgicale : flapless
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui
 - Usage de vis de fixation : oui
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : Mimics 9.0
- Résultats de l'étude : $\alpha = 2,60 \pm 1,61^\circ$; $a = 0,91 \pm 0,44$ mm ; $b = 1,13 \pm 0,52$ mm
- Biais ou sources de confusion : Les données sont manquantes concernant l'opérateur et les paramètres d'enregistrement des Cone Beam pré et post chirurgicaux. Les valeurs de déviations de profondeur de l'implant n'ont pas été calculées.

Article n°8 (18)

- Titre : Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants
 - Auteurs : Ersoy AE, Turkyilmaz I, Ozan O, McGlumphy EA
 - Année de publication : 2008
 - Mots clés Pubmed : implant placement stereolithographic surgical guides
 - Nombre de patients : 21
 - Types d'édentements : 14 partiels, 7 complets
 - Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
 - Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Discovery 16 ST, General Electric en pré, non précisé en post
 - Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : radiologue en pré, non précisé en post
 - Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
 - Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisés
 - Usage d'un guide radiologique : oui
 - Format des données radiographiques : non précisé
 - Logiciel de la planification implantaire : Stent Cad
 - Opérateur de la planification implantaire : dentiste réalisant la chirurgie
 - Marque des implants : Zimmer
 - Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire): 94 (48/46)
 - Longueur des implants : non précisée
 - Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique par prototypage rapide, appui muqueux (23 implants), osseux (45 implants) ou dentaire (26 implants)
 - Nombre de guides chirurgicaux utilisés : non précisé
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
 - Méthode chirurgicale : avec et sans lambeau (53 et 41 implants respectivement)
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
 - Usage de vis de fixation : non précisé
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : Rhinoceros 4.0
-
- Résultats de l'étude : guide à appui dentaire : $\alpha = 4,4 \pm 1,6^\circ$; $a = 1,1 \pm 0,6\text{mm}$; $b = 1,3 \pm 0,7\text{mm}$
Guide à appui osseux : $\alpha = 5,1 \pm 2,7^\circ$; $a = 1,3 \pm 1\text{mm}$; $b = 1,6 \pm 1,5\text{mm}$
Guide à appui muqueux : $\alpha = 4,9 \pm 2,2^\circ$; $a = 1,1 \pm 0,7\text{mm}$; $b = 1,7 \pm 1\text{mm}$
-
- Biais ou sources de confusion : il n'est pas spécifié si le radiologue et les paramètres d'enregistrement des Cone Beam pré et post chirurgicaux sont identiques. D'autres informations sont manquantes telles que la longueur des implants, le nombre, l'usage partiel ou total des guides chirurgicaux, l'utilisation ou non de vis de fixation de ces guides et si toutes les chirurgies ont été réalisées par le même praticien. Enfin, les résultats ne comprennent pas la valeur de déviation de profondeur de l'implant.

Article n°9 (19)

- Titre : 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)
- Auteurs : Nickenig HJ, Wichmann M, Hamel J, Schlegel KA, Eitner S
- Année de publication : 2010
- Mots clés Pubmed : accuracy surgical guide templates
- Nombre de patients : 10
- Types d'édentements : classe II de Kennedy (édentement unilatéral postérieur) mandibulaire
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : New Tom Company en pré, non précisé en post
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisés
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : CoDiagnostiX
- Opérateur de la planification implantaire : personnel autre que le chirurgien
- Marque des implants : Nobel
- Nombre d'implants mis en place (mandibulaire): 23
- Longueur des implants : 3 de 10mm, 11 de 11,5mm, 9 de 13mm
- Types de guides chirurgicaux : à appui dentaire
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 10
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
- Méthode chirurgicale : flapless
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : un chirurgien-dentiste a réalisé les interventions avec les guides chirurgicaux sur les 10 patients, puis un prothésiste et un chirurgien maxillo facial ont réalisé les interventions sans guides et sur les moulages de ces 10 mêmes patients.
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : CoDiagnostiX
- Résultats de l'étude :
Pour la chirurgie guidée : $\alpha = 4,2 \pm 3,04^\circ$; $a = 0,9 \pm 1,06\text{mm}$ (sens vestibulo-lingual) ; $a = 0,9 \pm 1,22\text{mm}$ (sens mésio-distal) ; $b = 0,6 \pm 0,57\text{mm}$ (sens vestibulo-lingual) ; $b = 0,9 \pm 0,94\text{mm}$ (sens mésio-distal)
Pour la chirurgie à main levée par le chirurgien maxillo-facial : $\alpha = 9,8 \pm 4,25^\circ$; $a = 3,5 \pm 2,24\text{mm}$ (sens vestibulo-lingual) ; $a = 2,4 \pm 1,91\text{mm}$ (sens mésio-distal) ; $b = 2,5 \pm 2,48\text{mm}$ (sens vestibulo-lingual) ; $b = 2,0 \pm 2,02\text{mm}$ (sens mésio-distal)
Pour la chirurgie à main levée par le prothésiste : $\alpha = 10,9 \pm 4,50^\circ$; $a = 2,6 \pm 2,44\text{mm}$ (sens vestibulo-lingual) ; $a = 2,2 \pm 2,30\text{mm}$ (sens mésio-distal) ; $b = 1,8 \pm 2,04\text{mm}$ (sens vestibulo-lingual) ; $b = 2,3 \pm 2,13\text{mm}$ (sens mésio-distal)

- Biais ou sources de confusion : les informations concernant l'opérateur et les paramètres des Cone Beam pré et post chirurgicaux ne sont pas mentionnées. De même pour l'usage partiel ou total des guides chirurgicaux. De plus il ne s'agit pas du même praticien réalisant les interventions avec et sans guides chirurgicaux et la méthode à main levée est réalisée sur des moulages en plâtre, les opérateurs ne sont donc pas contraints aux mouvements du patients par exemple. La précision des résultats est également biaisée car le Cone Beam post opératoire est réalisé sur des moulages, ce qui additionne les défauts de l'empreinte aux résultats. Enfin, ces derniers ne comprennent pas la valeur de déviation de profondeur de l'implant.

Article n°10 (20)

- Titre : Accuracy of CAD/CAM-guided surgical template implant surgery on human cadavers: Part I
- Auteurs : Pettersson A, Kero T, Gillot L, Cannas B, Fäldt J, Söderberg R, Näsström K
- Année de publication : 2010
- Mots clés Pubmed : accuracy CAD/CAM guided surgery
- Nombre de patients : 17 cadavres (10 maxillaires, 7 mandibules)
- Types d'édentements : édentés totaux
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Somatom Sensation, Siemens
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,75 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : ProCera
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Nobel
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire): 145 (78/67)
- Longueur des implants : non précisée
- Types de guides chirurgicaux : à appui muqueux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 17
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
- Méthode chirurgicale : flapless
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
- Usage de vis de fixation : oui
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : non précisé

- Résultats de l'étude : Au maxillaire : $\alpha = 2,02 \pm 0,66^\circ$; $a = 0,83 \pm 0,57\text{mm}$; $b = 0,96 \pm 0,50\text{mm}$; $c = 0,1 \pm 0,60\text{mm}$
A la mandibule : $\alpha = 2,46 \pm 0,67^\circ$; $a = 1,05 \pm 0,47\text{mm}$; $b = 1,24 \pm 0,58$; $c = 0,48 \pm 0,52\text{mm}$
- Biais ou sources de confusion : Les informations concernant les opérateurs des Cone Beam, des planifications et des chirurgies sont manquantes. La longueur des implants utilisés n'est pas spécifiée. Enfin ce travail étant réalisé sur des cadavres, il ne prend pas en compte diverses contraintes telles que le saignement per-opératoire, les mouvements du patient... Pouvant interférer sur la précision du positionnement des implants.

Article n°11.(21)

- Titre : Accuracy of virtually planned and template guided implant surgery on edentate patients
- Auteurs : Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, Näsström K, Klinge B
- Année de publication : 2012
- Mots clés Pubmed : accuracy surgical template implant
- Nombre de patients : 30
- Types d'édentements : au moins une arcade totalement édentée
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : non
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : NewTom
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,3 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : Procera
- Opérateur de la planification implantaire : praticien réalisant les chirurgies
- Marque des implants : Nobel
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire): 191 mais 139 retenus pour l'étude (89/50)
- Longueur des implants : non précisée
- Types de guides chirurgicaux : à appui muqueux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 34 mais 25 retenus pour l'étude
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
- Méthode chirurgicale : flapless
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui
- Usage de vis de fixation : oui
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Nobel Guide Validation

- Résultats de l'étude : $\alpha = 2,26 \pm 1,14^\circ$; $a = 0,80 \pm 0,30\text{mm}$; $b = 1,09 \pm 0,40\text{mm}$; $c = 0,15 \pm 0,76\text{mm}$
- Biais ou sources de confusion : Dans cette étude, les critères d'inclusion et d'exclusion des patients ne sont pas spécifiés, de même pour l'opérateur des Cone Beam pré et post chirurgicaux et la longueur des implants utilisés.

Article n°12 (22)

- Titre : Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide
- Auteurs : Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N
- Année de publication : 2003
- Mots clés Pubmed : accuracy stereolithographic surgical guide

Particularité de l'étude : elle est réalisée sur des modèles en résine, chaque modèle est remis à un praticien différent, lequel effectuera les chirurgies avec un guide conventionnel (transformation du guide radiologique) secteur 4 et avec le guide chirurgical secteur 3.

- Nombre de modèles d'étude : 5 modèles mandibulaires en résine
 - Types d'édentements : complets
 - Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Xoran Technologies, Ann Arbor
 - Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
 - Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
 - Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisé
 - Usage d'un guide radiologique : oui pour le secteur 4, pas pour le secteur 3
 - Format des données radiographiques : non précisé
 - Logiciel de la planification implantaire : Simplant
 - Opérateur de la planification implantaire : praticien autre que les chirurgiens
 - Marque des implants : Zimmer
 - Nombre d'implants mis en place (mandibulaire): 50
 - Longueur des implants : 10mm
 - Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 5
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : 1 chirurgien pour chaque modèle
 - Usage de vis de fixation : non précisé
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : Analyze 4.0
-
- Résultats de l'étude : Pour le guide conventionnel : $\alpha = 8 \pm 4,5^\circ$; $a = 1.5 \pm 0.7 \text{ mm}$; $b = 2.1 \pm 0.97 \text{ mm}$
Pour le guide chirurgical : $\alpha = 4.5 \pm 2^\circ$; $a = 0.9 \pm 0.5 \text{ mm}$; $b = 1.0 \pm 0.6 \text{ mm}$

- Biais ou sources de confusion : Cette étude ayant été réalisée sur des modèles en résine, elle ne prend pas en compte diverses contraintes telles que le saignement per-opératoire, les mouvements du patient...De plus il existe quelques biais au sein de l'étude : les planifications ont été réalisées par un autre praticien que ceux ayant réalisé les chirurgies, le guide radiologique n'est pas utilisé pour le groupe test et les paramètres d'enregistrement du Cone Beam post opératoire ne sont pas précisés. Enfin, les valeurs de déviation de profondeur de l'implant n'ont pas été mesurées.

Article n°13 (23)

- Titre : Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical template
- Auteurs : Cassetta M, Stefanelli LV, Giansanti M, Calasso S
- Année de publication : 2012
- Mots clés Pubmed : Accuracy stereolithographic guide
- Nombre de patients : 10
- Types d'édentements : partiel (classe I de Kennedy) ou complet
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Asteion Multi, Toshiba en pré, non précisé en post
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisés
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : non précisé
- Logiciel de la planification implantaire : Simplant
- Opérateur de la planification implantaire : praticien réalisant les interventions
- Marque des implants : Plan 1 Health
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire): 116 (67/49)
- Longueur des implants : 10 à 18mm
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui osseux, muqueux ou dentaire
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 14
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : partiel
- Méthode chirurgicale : sans lambeau pour les guides à appui muqueux et dentaire
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui
- Usage de vis de fixation : non
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Mimics

- Résultats de l'étude : Pour les guides à appui muqueux : $\alpha = 4,51 \pm 3^\circ$;
a = $1,31 \pm 0,55$ mm ; b = $1,64 \pm 0,8$ mm ; c = $0,83 \pm 0,58$ mm
Pour les guides à appui osseux : $\alpha = 9,31 \pm 5,53^\circ$; a = $1,84 \pm 0,69$ mm ;
b = $2,26 \pm 0,73$ mm ; c = $1,35 \pm 0,64$ mm
Pour les guides à appui dentaire : $\alpha = 4,88 \pm 3,38^\circ$; a = $2,08 \pm 0,93$ mm ;
b = $2,59 \pm 1,81$ mm ; c = $1,51 \pm 1,06$ mm
- Biais ou sources de confusion : le principal manque d'informations concerne l'opérateur et les paramètres d'enregistrement des Cone Beam pré et post chirurgicaux.

Article n°14 (24)

- Titre : Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study
- Auteurs : Valente F, Schioli G, Sbrenna A
- Année de publication : 2009
- Mots clés Pubmed : Accuracy oral implant
- Nombre de patients : 25 patients (17 dans un centre, 8 dans un autre)
- Types d'édentements : partiel ou complet
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : non précisés
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Asteion Multi, Toshiba centre 1 ; Somatom Sensation, Siemens centre 2.
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : même radiologue
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : non précisé
- Logiciel de la planification implantaire : Simplant
- Opérateur de la planification implantaire : celui réalisant les chirurgies
- Marque des implants : Nobel ou Zimmer
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire): 104 mais 89 pour l'analyse (non précisé)
- Longueur des implants : non précisée
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographiques à appui osseux, muqueux ou dentaire
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 27
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : partiel
- Méthode chirurgicale : avec ou sans lambeau
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : 2 chirurgiens différents, 1 dans chaque centre
- Usage de vis de fixation : non précisé
- Analyse statistique adaptée : oui

- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Mimics
- Résultats de l'étude : $\alpha = 7,9 \pm 4,7^\circ$; $a = 1,4 \pm 1,3$ mm ; $b = 1,6 \pm 1,2$ mm ; $c = 1,0 \pm 1,0$ mm
- Biais ou sources de confusion : Plusieurs données ne sont pas précisées au sein de l'étude, à savoir les critères d'inclusion et d'exclusion des patients, les paramètres de coupe des Cone Beam, la longueur des implants, leur localisation détaillée (maxillaire ou mandibulaire), l'utilisation ou non de vis de fixation pour certains guides chirurgicaux et enfin les résultats en fonction des différents types de guides ne sont pas détaillés (appui osseux, muqueux, dentaire). De plus, les interventions sont réalisées par 2 chirurgiens différents.

Article n°15 (25)

- Titre : Accuracy of computer-aided template-guided oral implant placement: a prospective clinical study
- Auteurs : Mario Beretta, Pier Paolo Poli, Carlo Maiorana
- Année de publication : 2014
- Mots clés Pubmed : accuracy guided oral implant
- Nombre de patients : 2
- Types d'édentements : complets
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : 3Diagnosys
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Promote Plus
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire): 14 (6/8)
- Longueur des implants : non précisée
- Types de guides chirurgicaux : à appui muqueux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 4
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
- Méthode chirurgicale : flapless
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui
- Usage de vis de fixation : oui
- Analyse statistique adaptée : non car échantillon trop faible
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : 3Diagnosys

- Résultats de l'étude : $\alpha = 2,42 \pm 1,02^\circ$; $a = 0,56 \pm 0,23$ mm ; $b = 0,64 \pm 0,29$ mm
- Biais ou sources de confusion : Plusieurs informations sont manquantes telles que la marque, l'opérateur et le paramétrage des Cone Beam pré et post chirurgicaux, l'opérateur de la planification implantaire et la longueur des implants. Les résultats ont été obtenus sans analyse statistique en raison de la taille de l'échantillon trop faible, et la valeur de déviation de profondeur de l'implant n'a pas été mesurée.

Article n°16 (26)

- Titre : Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery
- Auteurs : Kühl S, Zürcher S, Mahid T, Müller-Gerbl M, Filippi A, Cattin P
- Année de publication : 2013
- Mots clés Pubmed : accuracy guided implant surgery
- Nombre de patients : 5 mandibules humaines
- Types d'édentements : 2 complets, 1 classe I de Kennedy, 2 classe II
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Accuitomo
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,25 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : CoDiagnostiX
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Straumann
- Nombre d'implants mis en place (mandibulaire) : 38
- Longueur des implants : 10mm
- Types de guides chirurgicaux : à appui muqueux ou dentaire
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 5
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
- Méthode chirurgicale : flapless
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
- Usage de vis de fixation : non précisé
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : non précisé
- Résultats de l'étude : Pour la chirurgie semi guidée (guide chirurgical retiré pour la mise en place de l'implant) : $\alpha = 4,3 \pm 1,25^\circ$; $a = 1,56 \pm 0,49$ mm ; $b = 1,84 \pm 0,47$ mm

Pour la chirurgie entièrement guidée : $\alpha = 3,6 \pm 0,95^\circ$; $a = 1,52 \pm 0,61$ mm ;
 $b = 1,55 \pm 0,71$ mm

- Biais ou sources de confusion : Il n'est pas spécifié si l'opérateur de la planification implantaire est celui réalisant les chirurgies, et si toutes les chirurgies sont réalisées par le même praticien. De plus l'usage de vis de fixation pour les guides chirurgicaux à appui muqueux n'est pas mentionné. Enfin les valeurs de déviation de profondeur de l'implant n'ont pas été mesurées.

Article n°17 (27)

- Titre : Precision of implant placement with stereolithographic templates: a pilot in vitro study
- Auteurs : Hakan Bilhan, Selda Arat, Emre Mumcu, Onur Geckili, Olcay Sakar
- Année de publication : 2012
- Mots clés Pubmed : Precision implant placement
- Nombre de patients : 2 mandibules de cadavres humains
- Types d'édentements : complets
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : non
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : NewTom et ILUMA, Imtec Imaging
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : radiologue spécialisé en maxillo-faciale en pré, non précisé en post
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisés
- Usage d'un guide radiologique : non précisé
- Format des données radiographiques : non précisé
- Logiciel de la planification implantaire : Stent CAD
- Opérateur de la planification implantaire : celui réalisant la radiographie pré opératoire
- Marque des implants : Straumann
- Nombre d'implants mis en place (mandibulaire): 11
- Longueur des implants : 5 de 12mm et 6 de 8mm
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui osseux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 4
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
- Méthode chirurgicale : avec lambeau
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
- Usage de vis de fixation : non précisé
- Analyse statistique adaptée : non précisée
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Rhinocéros 4.0

- Résultats de l'étude : $\alpha = 4,71 \pm 1,55^\circ$; $a = 1,12 \pm 0,21$ mm ; $b = 1,21 \pm 0,50$ mm ; $c = 1,42 \pm 0,30$ mm
- Biais ou sources de confusion : Il existe plusieurs informations manquantes dans cette étude concernant l'opérateur et les paramètres des Cone Beam pré et post chirurgicaux, l'usage d'un guide radiologique, l'usage partiel ou total des guides chirurgicaux, l'opérateur des interventions et l'analyse statistique employée. Enfin cette étude ayant été réalisée sur des cadavres, elle ne prend pas en compte diverses contraintes telles que le saignement per-opératoire, les mouvements du patient...

Article n°18 (28)

- Titre : Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible
- Auteurs : Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Stefanelli LV
- Année de publication : 2014
- Mots clés Pubmed : Accuracy stereolithographic guide
- Nombre de patients : 20
- Types d'édentements : complets
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Asteion Multi, Toshiba
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,5 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : non précisé
- Logiciel de la planification implantaire : Simplant
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Prime, Implants
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 225 (non précisé)
- Longueur des implants : 10 à 15mm
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui muqueux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 28
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
- Méthode chirurgicale : flapless
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
- Usage de vis de fixation : oui (pour 18 guides)
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Mimics
- Résultats de l'étude : $\alpha = 4,67 \pm 2,68^\circ$; $a = 1,68 \pm 0,6$ mm ; $b = 2,19 \pm 0,83$ mm

- Biais ou sources de confusion : Les informations sont manquantes concernant les opérateurs des Cone Beam, de la planification implantaire et de la phase chirurgicale. De même pour la position détaillée des implants (maxillaire ou mandibulaire). Les résultats ne comprennent pas les valeurs de déviation de profondeur des implants.

Article n°19 (29)

- Titre : The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience
- Auteurs : Van de Wiele G, Teughels W, Vercruyssen M, Coucke W, Temmerman A, Quirynen M
- Année de publication : 2015
- Mots clés Pubmed : Accuracy stereolithographic guide
- Nombre de patients : 16
- Types d'édentements : complets
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Scanora 3D, Soredex
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,6 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : Simplant
- Opérateur de la planification implantaire : chirurgien réalisant l'intervention
- Marque des implants : Astra
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 76 mais 75 pour l'analyse (non précisé)
- Longueur des implants : non précisée
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui muqueux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 17
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
- Méthode chirurgicale : flapless
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : non, 9 chirurgiens différents
- Usage de vis de fixation : oui
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Mimics
- Résultats de l'étude : $\alpha = 2,8 \pm 1,5^\circ$; $a = 0,87 \pm 0,50$ mm ; $b = 1,10 \pm 0,53$ mm ; $c = 0,5 \pm 0,5$ mm

- Biais ou sources de confusion : L'opérateur des Cone Beam pré et post chirurgicaux n'est pas spécifié, tout comme la longueur et la position (maxillaire ou mandibulaire) des implants. De plus les chirurgies sont réalisées par 9 praticiens différents.

Article n°20 (30)

- Titre : Computed tomography-based evaluation of template (NobelGuide™)-guided implant positions: a prospective radiological study
- Auteurs : Vasak C, Watzak G, Gahleitner A, Strbac G, Schemper M, Zechner W
- Année de publication : 2011
- Mots clés Pubmed : template guided implant positions
- Nombre de patients : 18
- Types d'édentements : complets ou partiels
- Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
- Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Tomoscan SR6000, Philips
- Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
- Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 1 mm
- Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
- Usage d'un guide radiologique : oui
- Format des données radiographiques : DICOM
- Logiciel de la planification implantaire : Procera
- Opérateur de la planification implantaire : non précisé
- Marque des implants : Nobel
- Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire): 86 (non précisé)
- Longueur des implants : 10 à 13 mm
- Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui muqueux ou dento-muqueux
- Nombre de guides chirurgicaux utilisés : non précisé
- Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
- Méthode chirurgicale : non précisée
- Même opérateur pour toutes les chirurgies : non, 2 chirurgiens différents
- Usage de vis de fixation : oui
- Analyse statistique adaptée : oui
- Logiciel employé pour la mesure des résultats : Procera
- Résultats de l'étude : $\alpha = 3,53 \pm 1,77 \text{ }^\circ$; $a = 0,45 \pm 0,34 \text{ mm}$; $b = 0,65 \pm 0,47 \text{ mm}$; $c = 0,53 \pm 0,40 \text{ mm}$

- Biais ou sources de confusion : Les opérateurs des Cone Beam pré et post chirurgicaux ainsi que de la planification ne sont pas spécifiés. De même pour le nombre de guides chirurgicaux et leur usage partiel ou total, ainsi que pour la méthode chirurgicale employée et la position des implants (maxillaire ou mandibulaire). Enfin, les interventions sont réalisées par 2 praticiens différents.

Article n°21 (31)

- Titre : Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement
 - Auteurs : Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF
 - Année de publication : 2009
 - Mots clés Pubmed : Accuracy stereolithographic guide
 - Nombre de patients : 30
 - Types d'édentements : partiel ou complet
 - Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
 - Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Discovery 16ST, General Electric
 - Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : radiologue en pré, non précisé en post
 - Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : non précisée
 - Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : non précisés
 - Usage d'un guide radiologique : oui
 - Format des données radiographiques : non précisé
 - Logiciel de la planification implantaire : Stent Cad
 - Opérateur de la planification implantaire : chirurgien réalisant les interventions
 - Marque des implants : Zimmer
 - Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 110 (58 / 52)
 - Longueur des implants : non précisée
 - Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique (prototypage rapide) à appui muqueux, osseux ou dentaire
 - Nombre de guides chirurgicaux utilisés : non précisé
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : non précisé
 - Méthode chirurgicale : avec ou sans lambeau
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : non précisé
 - Usage de vis de fixation : non précisé
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : Rhinocéros 4.0
- Résultats de l'étude :
- Pour les guides chirurgicaux à appui dentaire : $\alpha = 2,91 \pm 1,3^\circ$; $a = 0,87 \pm 0,4 \text{ mm}$;
 $b = 0,95 \pm 0,6 \text{ mm}$
- Pour les guides chirurgicaux à appui osseux : $\alpha = 4,63 \pm 2,6^\circ$; $a = 1,28 \pm 0,9 \text{ mm}$;
 $b = 1,57 \pm 0,9 \text{ mm}$

Pour les guides chirurgicaux à appui muqueux : $\alpha = 4,51 \pm 2,1^\circ$; $a = 1,06 \pm 0,6$ mm ;
 $b = 1,6 \pm 1,0$ mm

- Biais ou sources de confusion : plusieurs données sont manquantes dans cette étude telles que l'opérateur du Cone Beam post opératoire, les paramètres d'enregistrement des Cone Beam, la longueur des implants, le nombre et l'usage partiel ou total des guides chirurgicaux, l'opérateur des chirurgies et l'usage ou non de vis de fixation. Les valeurs de déviations de profondeur des implants n'ont pas été mesurées.

Article n°22 (32)

- Titre : Deviations between Placed and Planned Implant Positions: An Accuracy Pilot Study of Skeletally Supported Stereolithographic Surgical Templates
 - Auteurs : Stefan Stübinger, Carlos Buitrago-Tellez, Gianni Cantelmi
 - Année de publication : 2014
 - Mots clés Pubmed : accuracy stereolithographic surgical guide
 - Nombre de patients : 10
 - Types d'édentements : complets
 - Précision des critères d'inclusion et d'exclusion : oui
 - Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : Philips Electronic
 - Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : non précisé
 - Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,8mm
 - Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
 - Usage d'un guide radiologique : oui
 - Format des données radiographiques : non précisé
 - Logiciel de la planification implantaire : Astra
 - Opérateur de la planification implantaire : chirurgien réalisant les interventions
 - Marque des implants : Astra
 - Nombre d'implants mis en place (maxillaire / mandibulaire) : 44 (non précisé)
 - Longueur des implants : 8 à 11 mm
 - Types de guides chirurgicaux : stéréolithographique à appui osseux
 - Nombre de guides chirurgicaux utilisés : non précisé
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
 - Méthode chirurgicale : avec lambeau
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : oui
 - Usage de vis de fixation : oui
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : Mimics
-
- Résultats de l'étude : $\alpha = 2,39 \pm 0,97^\circ$; $a = 0,71 \pm 0,40$ mm ;
 $b = 0,77 \pm 0,38$ mm ; $c = 0,47 \pm 0,43$ mm

- Biais ou sources de confusion : Les informations manquantes concernent la localisation des implants (maxillaire ou mandibulaire) et le nombre de guides chirurgicaux utilisés.

Article n°23 (33)

- Titre : Accuracy of virtually planned and CAD/CAM-guided implant surgery on plastic models
 - Auteurs : Andreas Pettersson, Timo Kero, Rikard Söderberg, Karin Näsström
 - Année de publication : 2014
 - Mots clés Pubmed : accuracy guided implant surgery
 - Nombre de modèles d'étude : 25 modèles maxillaires en plastique
 - Types d'édentements : complet
 - Marque du Cone Beam pré et post chirurgical : General Electrics
 - Opérateur du Cone Beam pré et post chirurgical : radiologue identique
 - Epaisseur des coupes utilisée pour le Cone Beam : 0,625 mm
 - Paramètres d'enregistrement pré et post chirurgical identiques : oui
 - Usage d'un guide radiologique : oui
 - Format des données radiographiques : DICOM
 - Logiciel de la planification implantaire : Procera
 - Opérateur de la planification implantaire : non précisé
 - Marque des implants : Nobel
 - Nombre d'implants mis en place : 150
 - Longueur des implants : 13 mm
 - Nombre de guides chirurgicaux utilisés : 25
 - Usage partiel ou total des guides chirurgicaux : total
 - Même opérateur pour toutes les chirurgies : 5 chirurgiens différents
 - Usage de vis de fixation : oui
 - Analyse statistique adaptée : oui
 - Logiciel employé pour la mesure des résultats : Nobel Guide Validation
- Résultats de l'étude : $\alpha = 0,61^\circ$; $a = 0,59\text{mm}$; $b = 0,73\text{mm}$; $c = 0,51\text{mm}$
- Biais ou sources de confusion : cette étude ayant été réalisée sur des modèles en plastique, elle ne prend pas en compte diverses contraintes telles que le saignement per-opératoire, les mouvements du patient... De plus les résultats rassemblent les données concernant 5 chirurgiens différents et les écarts type ne sont pas calculés.

BIBLIOGRAPHIE

1. Renouard F. Prise de décision en pratique implantaire. Paris : Quintessence International; 2005. 232 p.
2. Baudoin C-A, Bennani V. Un projet prothétique en implantologie. Paris : Quintessence International; 2003. 133 p.
3. Goudot P, Lacoste J-P. guide pratique d'implantologie. Issy-Les-Moulineaux : Elsevier Masson; 2013. 248 p.
4. Diss A, Peltier B, Berdougou M. La planification implantaire. Fil Dent. 2009;(43). <http://www.lefildentaire.com/images/stories/articles3/clinic-formation-la-planification-implantaire/clinic-formation-la-planification-implantaire.pdf>
5. Szmukler-Moncler S, Davarpanah M, Davarpanah K. Implantologie assistée par ordinateur. Reuil Malmaison : CdP; 2010. 241 p.
6. Missika P, Benhamou-Lavner A, Kleinfinger-Goutmann I. Accéder à l'implantologie. Reuil Malmaison : CdP; 2003. 150 p.
7. Moussally C, Cazier S, Attal J-P. L'empreinte optique. Entret Bichat. 2010; <http://www.digital-dental-cadcam-cfao.fr/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=42>
8. Dr Bellaïche N. Cone beam pratique en odontostomatologie – Partie II - Principe, technique, qualité d'image, artefacts, types d'appareil, indications | Dent Tribune Int 2014. http://www.dental-tribune.com/articles/specialities/general_dentistry/18694_cone_beam_pratique_en_odontostomatologie__partie_ii-principe_technique_qualite_dimage_artefacts_types_dappareil_indications.html
9. Hultin M, Svensson KG, Trulsson M. Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic review. Clin Oral Implants Res. 2012;23 (Suppl 6):124-35.
10. 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. 2009;20 (Suppl 4):73-86.
11. 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. 2015;8(6):8442-9.
12. 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;112(3):526-32.

13. Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL. Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(2):563-72.
14. 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.* 2005;76(4):503-7.
15. Shen P, Zhao J, Fan L, Qiu H, Xu W, Wang Y, et al. Accuracy evaluation of computer-designed surgical guide template in oral implantology. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2015 ; 43(10):2189-94.
16. Arisan V, Karabuda ZC, Ozdemir T. Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer-aided implant placement: a computed tomography-based clinical comparative study. *J Periodontol.* 2010;81(1):43-51.
17. 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;14(2):293-303.
18. 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.* 2008;79(8):1339-45.
19. 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-Maxillofac Surg.* 2010;38(7):488-93.
20. Pettersson A, Kero T, Gillot L, Cannas B, Fäldt J, Söderberg R, et al. Accuracy of CAD/CAM-guided surgical template implant surgery on human cadavers: Part I. *J Prosthet Dent.* 2010;103(6):334-42.
21. Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, Näsström K, Klinge B. Accuracy of virtually planned and template guided implant surgery on edentate patients. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(4):527-37.
22. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003;18(4):571-7.
23. Cassetta M, Stefanelli LV, Giansanti M, Calasso S. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical template. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(3):655-63.
24. Valente F, Schirotti G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(2):234-42.

25. Beretta M, Poli PP, Maiorana C. Accuracy of computer-aided template-guided oral implant placement: a prospective clinical study. *J Periodontal Implant Sci.* 2014;44(4):184-93.
26. 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;24(7):763-9.
27. Bilhan H, Arat S, Mumcu E, Geckili O, Sakar O. Precision of implant placement with stereolithographic templates: a pilot in vitro study. *J Oral Implantol.* 2012;38(5):569-74.
28. Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Stefanelli LV. Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(5):1071-8.
29. Van de Wiele G, Teughels W, Vercruyssen M, Coucke W, Temmerman A, Quirynen M. The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(12):1489-94.
30. Vasak C, Watzak G, Gahleitner A, Strbac G, Schemper M, Zechner W. Computed tomography-based evaluation of template (NobelGuide™)-guided implant positions: a prospective radiological study. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(10):1157-63.
31. 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.* 2009;67(2):394-401.
32. Stübinger S, Buitrago-Tellez C, Cantelmi G. Deviations between placed and planned implant positions: an accuracy pilot study of skeletally supported stereolithographic surgical templates. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014;16(4):540-51.
33. Pettersson A, Kero T, Söderberg R, Näsström K. Accuracy of virtually planned and CAD/CAM-guided implant surgery on plastic models. *J Prosthet Dent.* 2014;112(6):1472-8.
34. Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(6):112-23.

Table des illustrations

Figure 1 : Schéma représentant le déroulement du plan de traitement implantaire.....	13
Figure 2 : Le guide radiologique.....	14
Figure 3 : Schéma indiquant les voies aboutissant à la réalisation du guide chirurgical.....	16
Figure 4 : Exemple de projet prothétique numérique en vue d'un implant en site de 15 (Cerec meets Galileos).....	17
Figure 5 : Schéma illustrant la stéréolithographie.....	19
Figure 6 : Guide chirurgical à appui dentaire.....	20
Figure 7 : Schéma représentant les variables étudiées.....	26
Figure 8 : Tableau des niveaux de preuve de la HAS.....	27

ABIZMIL (Yoann). - Précision des guides chirurgicaux réalisés en CFAO : analyse de la littérature. – 66p ; 7 ill. ; 3 tabl. ; 34 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent ; Nantes ; 2016)

RESUME

Depuis le début des années 1980, l'implantologie est un domaine à part entière de l'odontologie n'ayant cessé de se développer.

L'évolution de l'imagerie tridimensionnelle ainsi que des outils informatiques n'y est pas étrangère, ceci ayant pour but de simplifier et d'optimiser la phase chirurgicale de la thérapeutique implantaire.

En effet, l'usage de logiciels de planification en 3D a permis à différents types de guides chirurgicaux de voir le jour. L'objectif de ces derniers est de faire coïncider l'axe de forage du projet prothétique implantaire avec la réalité clinique.

Nous nous sommes donc questionné au sujet de la précision de ces guides chirurgicaux réalisés en CFAO.

Pour tenter d'y répondre nous avons réalisé une analyse statistique à partir de la littérature traitant de la précision de la chirurgie guidée.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Implantologie

MOTS CLES MESH

Implants dentaires – Dental implants

Conception assistée par ordinateur – Computer-Aided Design

Chirurgie assistée par ordinateur – Surgery, computer-assisted

Planification anticipée des soins – Advance Care Planning

JURY

Président : Professeur Amouriq Y.

Directeur : Docteur Hoornaert A.

Assesseur : Docteur Lanoiselee E.

Assesseur : Docteur Bodic F.

Invité : Docteur Casas T.

ADRESSE DE L'AUTEUR

12 rue du puits d'argent – 44000 Nantes

yoann.abizmil@gmail.com