# Navigation chirurgicale en implantologie

# Surgical Navigation in Implantology

# Dr Philippe Campan

Service d'odontologie - CHU Toulouse Ranqueil - 3, chemin des Maraîchers 31400 Toulouse.

Le positionnement tri dimensionnel des implants est un des facteurs déterminants du succès implantaire. Il est dicté par des impératifs biologiques et prothétiques. Biologiquement, il faut prendre en compte le déficit de vascularisation péri-implantaire lié à la perte de l'apport vasculaire desmodontal : des épaisseurs tissulaires suffisantes doivent permettre la vascularisation intrinsèque de l'os et de la muqueuse péri-implantaire. Prothétiquement, le positionnement de l'implant doit être compatible avec le profil d'émergence de la couronne tout en ménageant assez de place pour maintenir/obtenir des tissus mous épais.

Il existe plusieurs systèmes de navigation dynamique ou de robotique passive qui permettent à la fois la planification implantaire et le report de la planification en bouche. Le système présenté est le système X-Guide, X-Nav Technologies, apparu en 2015. Le logiciel comporte deux volets : un de planification et un de chirurgie. Il permet d'être bien plus précis que lors de la mise en place des implants à main levée ou avec un guide chirurgical classique. Il est aussi précis que les systèmes qui utilisent des guides stéréolithographiques, soit pour guider le forêt pilote, soit l'ensemble de la séquence de forage, voire l'implant.

La navigation chirurgicale présente l'avantage de connaître à tout moment et en temps réel le positionnement de l'extrémité du forêt et de son angulation. Le site opératoire dégagé permet le contrôle du geste chirurgical, l'effectivité de l'irrigation et enfin la vérification par le chirurgien et l'aide opératoire du déroulement correct de l'intervention.

#### Mots clés

- ♦ Implantologie
- ♦ Systèmes de robotique passive
- ♦ Navigation dynamique

#### **Abstract**

Three-dimensional positioning of implants is one of the determining factors of implants success in the short, medium and long term. This is guided by biological and prosthetic imperatives. Biologically, vascularization's deficit must be taken into account. Indeed, the loss of teeth leads to loss of the vascularization, the peri-implant vascular is reduced. This must be compensated for a greater bone thickness and will limit peri-implant osteolysis and gingival recessions. Prosthetically, implant's position must be compatible with the crown emergence profile. Enough space must be managed to obtain thick soft tissue.

There are several dynamic navigations or passive robotics systems. They offer two advantages, on one hand they permit implants' planification, and on the other hand planification's report in mouth. The presented system, appeared in 2015 is called X-Guide system, X-Nav Technology. The software has 2 components: one for planification and the other for surgery. It is much more precise than free hand implantation or classic surgical guide. Implants angulations may vary by several degrees, neck and apex positions may have differences of 2, 3 or 4 millimeters. This shift induces implant positions which are not in line with the prosthetic project and vascularization imperatives. It is as precise as stéréolithographics guides for fully or partially guided methods surgery.

Surgery navigation has the advantage to know with precision and in real time the drill position and orientation. The operating site is free. This enables control of surgical procedure, effectiveness of the irrigation and also verification by the surgeon and his assistant of the correct course of the intervention.

#### Keywords

- ♦ Implantology
- ◆ Passive robotic systems
- ◆ Dynamic navigation

## Correspondance

Dr Philippe Campan - DDS - PhD - MCU - PH - Chirurgie orale. Service d'odontologie - CHU Toulouse Ranqueil - 3, chemin des Maraîchers 31400 Toulouse. E-mail: phcampan@gmail.com

# Introduction

Le positionnement tri dimensionnel des implants est un des facteurs déterminants du succès implantaire, à court, moyen et long terme. Les règles de positionnement, qu'elles soient verticales, sagittales et horizontales sont bien codifiées. Elles sont dictées par des impératifs biologiques et des impératifs prothétiques. D'un point de vue biologique, il faut prendre en compte le déficit de vascularisation péri-implantaire lié à la perte de l'apport vasculaire du ligament alvéolo-dentaire : des épaisseurs tissulaires suffisantes doivent permettre la vascularisation intrinsèque de l'os et de la muqueuse péri-implantaire, ainsi que la création d'un espace biologique, attache épithélio-conjonctive qui est la jonction entre le milieu extérieur (la cavité buccale) et le milieu intérieur (le tissu gingival et osseux) (1). D'un point de vue prothétique, le positionnement de l'implant doit être compatible avec le profil d'émergence de la couronne tout en ménageant assez de place pour maintenir/obtenir des tissus mous épais.

La méthode dite conventionnelle consiste à définir un projet prothétique dans un schéma occlusal satisfaisant. Ce projet, véritable référence du traitement, sert à la réalisation d'un guide d'imagerie, avec des repères radio-opaques centrés sur les faces occlusales des dents à remplacer, que le patient porte lors de l'examen radiologique, le plus souvent un CBCT (Cone

Disponible en ligne sur www.academie-chirurgie.fr/publications/les-e-memoires 1634-0647 © 2019 Académie Nationale de Chirurgie.

1

E-Mem Acad Natle Chir. 2019;18(1):005.

Beam Computerized Tomography). Il est ensuite possible, avec des calques implantaires superposés aux planches radiographiques, de choisir le diamètre, la longueur et l'angulation des implants en accord avec le projet prothétique et le volume osseux. Le guide radiologique est ensuite transformé en guide chirurgical qui permet de réaliser les forages implantaires et de reporter ainsi la planification radiologique en bouche. Cette technique, bien que plus précise que la technique « à main levée », c'est-à-dire sans guide, reste néanmoins très imprécise (2). Les variations de positionnement affectent la position du col de l'implant, celle de son apex, mais aussi son angulation, qui peut varier de plusieurs degrés (3). Ce décalage induit des positionnements implantaires en inadéquation avec le projet prothétique et parfois aussi avec les impératifs de vascularisation.

L'apport du numérique par le biais de logiciels de planification permet de positionner virtuellement les implants de façon idéale. Mais la question est le report précis de la planification en bouche lors de la chirurgie.

# La robotique

Il existe deux techniques permettant de palier à ces inconvénients, d'une part la robotique semi-active et d'autre part la robotique passive.

## La robotique semi-active utilise des guides stéréolitographiques

Imprimés à partir de logiciels de planification (4) ils permettent de guider le foret pilote, ou bien l'ensemble de la séquence de forage et même la mise en place de l'implant. La précision est considérablement améliorée par rapport à la technique conventionnelle (5). La difficulté réside dans la fixité de ces guides en bouche. Ils doivent être maintenus soit par des appuis dentaires soit par des vis de fixation, permettant ainsi de réaliser les forages en respectant la planification (6, 7).

### La robotique passive, ou navigation chirurgicale, ou encore navigation dynamique

C'est un dispositif de télémétrie qui détecte en temps réel la position exacte du foret implantaire. Le système pionnier fut le système Robodent® (2001), dispositif très séduisant mais qui présentait une certaine complexité d'utilisation, ainsi que quelques inconvénients que les nouveaux systèmes, apparus depuis ont en partie corrigé. Il existe maintenant plusieurs systèmes de navigation dynamique ou de robotique passive qui permettent à la fois la planification implantaire et le report de la planification en bouche. Le système présenté est le système X-Guide, X-Nav Technologies, apparu en 2015 (Fig.1). Il est bien plus précis que la mise en place des implants à main levée ou avec un guide chirurgical classique (8). Il est aussi précis que les systèmes qui utilisent des guides stéréolithographiques, soit pour guider le forêt pilote, soit l'ensemble de la séquence de forage, voire l'implant (9, 10).

Le logiciel comporte deux volets : un de planification et un de chirurgie.

#### La planification

La pièce clé du système (Fig.2) est un dispositif repérable radiologiquement (X-Clip) qui sert à faire le lien entre la radiographie et le système de robotique. Il s'agit d'une petite gouttière thermoformée sur trois dents environ qui est clippée fermement sur l'arcade. Il faut pouvoir la repositionner à plusieurs reprises de façon univoque. Le X-Clip contient trois billes métalliques qui seront reconnues par le système. Le patient passe le CBCT avec le X-Clip en bouche. (Fig.3) L'examen radiographique (fichier DiCom : « Digital Imaging and Communication in Medicine ») est importé dans le système du fichier numérisé (Fig.4). À ce stade, on ne dispose que des coupes osseuses, mais aucune information sur la topographie des tissus mous et sur le projet prothétique. Un fichier STL est obtenu soit par numérisation du projet prothétique via un scanner de table à partir d'un modèle en plâtre, soit à partir d'une empreinte optique intra-orale. Le fichier STL (Fichier de stéréolithographie) (Fig.5) est importé dans le logiciel de planification ou il est superposé au fichier DiCom (Fig.6). On peut alors réaliser le positionnement des implants, (Fig.7) en tenant compte du volume osseux, de l'espace mésio-distal disponible, de la position du collet clinique de la dent à remplacer, de la topographie de la muqueuse et de la position des dents antagonistes. Le logiciel n'a pas prévu de bibliothèque d'implants mais il est possible d'y inclure les formats des implants à utiliser. Une fois le positionnement des implants effectué, le système est verrouillé. Un clic suffit alors pour passer dans la partie la plus innovante du système.

# La chirurgie

Pour transférer la position planifiée des implants, le système fonctionne comme un GPS à l'échelle de la bouche. Il se compose d'un dispositif de télémétrie qui détecte en temps réel la position exacte, d'une part des trackers (Fig.8) solidarisés au patient (tracker patient) et d'autre part au contre-angle d'implantologie (Fig.9). Ce dispositif de télémétrie, contenu dans un boîtier est disposé au-dessus du patient comme un scialytique. Ce boîtier contient également deux caméras et une source de lumière bleue ; celle-ci permet de détecter les trackers en les mettant en surbrillance. Les caméras, très proches des dispositifs de télémétrie filment la scène sous deux angles différents et permettent de comprendre très vite si un élément s'interpose dans le champ du dispositif de télémétrie. Le système comprend également deux trackers, un associé au patient par l'intermédiaire du X-clip, l'autre associé au contre angle chirurgical. L'ensemble des éléments est calibré au début de chaque chirurgie : le foret monté sur le contre-angle (Fig.10, 11) est présenté au système par l'intermédiaire d'une plaque en céramique appelée Go-Plate. On connaît ainsi à tout moment la position de la pointe du foret par rapport à l'os alvéolaire et au projet prothétique. Avant tout forage, il est recommandé de contrôler que la superposition des données radiologiques et de la réalité du patient est parfaitement effective. Il faut pointer le foret sur un élément anatomique connu, par exemple la cuspide d'une dent et contrôler qu'il pointe exactement le même détail anatomique sur les coupes multiplanaires. Un décalage signifierait un mauvais positionnement du X-Clip et donc du tracker patient.

L'écran est divisé en plusieurs parties (Fig.12) :

• une partie concerne un système de cible constitué de trois éléments : un point bleu qui correspond à l'émergence de l'implant, un cylindre à l'axe de l'implant et une jauge de profondeur disposée autour de la cible ;

E-Mem Acad Natle Chir. 2019;18(1):005.

• une autre partie concerne les reconstructions multiplanaires qui permettent de voir la planification implantaire, le contour du fichier STL du projet prothétique et le contour virtuel du foret.

Le forage peut commencer. (Fig.13) On s'assure que le point d'émergence est correct, puis on redresse l'axe de forage en se laissant guider par le cylindre sur la cible. On suit la progression du forage grâce à la jauge de forage et aux coupes multiplanaires. Tout ceci se fait en regardant l'écran. La mise en place de l'implant se fait selon le même processus.

### **Conclusions**

La navigation chirurgicale dynamique, incontestable avancée technologique, s'est améliorée depuis son avènement au début des années 2000. Des progrès notables ont été faits au niveau des logiciels, des réglages de la caméra et de la miniaturisation des capteurs. Elle présente des avantages par rapports aux systèmes alternatifs. L'utilisation de ces systèmes nécessite cependant une courbe d'apprentissage. L'intervention se fait en regardant l'écran. L'encombrement des trackers reste un inconvénient, notamment lorsqu'on intervient du côté opposé à l'opérateur. La précision est en adéquation avec le projet prothétique et les impératifs de vascularisation péri-implantaire. Cela permet des reconstructions prothétiques pérennes, anatomiques et compatibles avec une hygiène bucco-dentaire satisfaisante. Le bon positionnement des implants assure une qualité des tissus péri-implantaires osseux et muqueux permettant la prévention des alvéolyses et des récessions gingivales, étiologies fréquentes des péri-implantites. Il est possible de connaître à tout moment et en temps réel le positionnement de l'extrémité du foret et de son angulation. Le processus de mise en œuvre est bien codifié et généralisable à la plupart des situations cliniques. Il permet de faire des chirurgies complémentaires et des chirurgies minimalement invasives sans lambeau. Le site opératoire est dégagé et l'irrigation des forets effective. Le fonctionnement du système est vérifiable avant chaque forage, et il est toujours possible de « reprendre la main » si une défaillance du système survient.

# Références

- 1. Armand S. Sancier A. Trouach T. Bouzats J. Deyley B. Lamaison D. Thiry M. L'espace biologique en implantologie. JPIO vol 38 Part 1&2; pp191-210.
- 2. 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.
- 3. Nickenig HJ, 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-Maxillofacial Surg. 2010;38(7):488-93.
- 4. Geng W, Liu C, Su Y, Li J, Zhou Y. Accuracy of different type of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implants placement. Int J Clin Exp Med. 2015;8(6):8442-9
- Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical accuracy of 3 types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. J oral Maxillofac Surg. 2009;67(2):394-401
- 6. Colombo M, Mangano C, Mijiritsky E, Krebs M, Hauschild U, Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. BMC Oral Health 2017;17(1):150.
- 7. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer TechnologyApplications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. Int J Oral Maxillofac Implants. 2014;29(Supplement):25-42.
- 8. Emery RW, Merritt SA, Lank K, Gibbs JD. Accuracy of dynamic navigation for dental implant placement- Model based evaluation. J Oral Implantol. 2016; 42(5):399-405.
- 9. Block MS, Emery RW, Cullum DR, Sheikh A: Implant Placement is more accurate using dynamic navigation. J Oral Maxillofac Sur 2017;75:1377-86.
- 10. Block MS, Emery RW, Lank K, Ryan J. Implant placement accuracy using dynamic navigation. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017; 32(1):92-9.

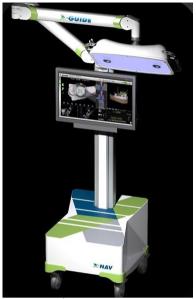


Figure 1 : système X-Guide (X-Nav Technologies) comportant les logiciels de planification et de chirurgie et le dispositif de télémétrie contenu dans un boitier (scialytique) contenant 2 caméras et une source de lumière bleue (qui permet de détecter les trackers).



Figure 2 : X-Clip : gouttière thermoformée clippée sur l'arcade contenant 3 billes reconnues par le système.



Figure 3 : CBCT (Cone Beam Computed Tomography) avec X-Clip positionné sur l'arcade.



Figure 4 : Importation du fichier DICOM dans le logiciel de planification.



Figure 5 : Importation du fichier STL dans le logiciel de planification.



Figure 6 : Superposition du fichier STL et du fichier Dicom.

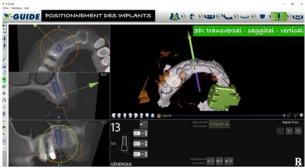


Figure 7 : Positionnement des implants dans les trois sens de l'espace en tenant compte des impératifs biologiques et prothétiques.



Figure 8 : Tracker solidarisé au X-clip (tracker patient) détecté en temps réel par le système de télémétrie. Ce dispositif doit être parfaitement fixe.



Figure 9 : Tracker contre-angle détecté en temps réel par le système de télémétrie.



Figure 10 : Calibrage des forets sur une plaque en céramique (Go Plate).



Figure 11 : Calibrage des implants avant la mise en place sur la Go Plate.



Figure 12 : Ecran de chirurgie montrant la cible (un point bleu correspondant à l'émergence de l'implant, un cylindre à l'axe de l'implant et une jauge de profondeur autour de la cible), et les reconstructions multiplanaires.

# E-Mem Acad Natle Chir. 2019;18(1):005.



Figure 13 : Contrôle du système avant le début du forage implantaire par pointage du foret sur un élément anatomique connu (cuspide dentaire par exemple). Vérification sur les coupes multiplanaires du pointage exact de l'élément anatomique.