

Une approche plus clinique et cohérente que les guides numériques

Présentation d'une technique de chirurgie implantaire guidée permettant de certifier les axes planifiés sur modèle par forage et transférés sur l'image par un guide unique radiologico-chirurgical.

En implantologie, le geste opératoire à main levée encadrée impose un décollement de pleine épaisseur qui permette de décider de l'axe de forage. Le plan de traitement sera induit par ce geste peu précis et qui impose de prendre des repères et donc d'objectiver le contour osseux sur une hauteur suffisante. De plus, cette approche opératoire nécessite une zone de sécurité osseuse pour contrer l'effet de la parallaxe. Les décollements et les incisions nécessaires (*sulculaires ou de décharge*) imposent à la cicatrisation un challenge difficile, que ce soit au niveau osseux ou gingival [1, 2, 3] avec des résultats parfois hasardeux. De surcroît, plus un lambeau est étendu, plus sa stabilisation par la suture est difficile.

Planifier l'axe de forage et le transférer en chirurgie par un guide précis permet de bouger toutes les lignes qui cadrent le geste opératoire à main levée :

incisions, décollements, zone de sécurité, avec pour but sous-jacent la simplification des plans de traitements. Le guide devient l'outil central de l'acte à l'aide duquel le geste peut évoluer. Pour cela, il faut déployer une technique fiable, précise et applicable dans toutes les situations. Actuellement, le transfert en chirurgie

d'une planification peut se faire soit par un guide dit « numérique », réalisé à partir des données de la tomographie, soit par un guide élaboré par une approche clinique qui sera certifié (et optimisé) lors de la phase tomographique par un logiciel adapté.

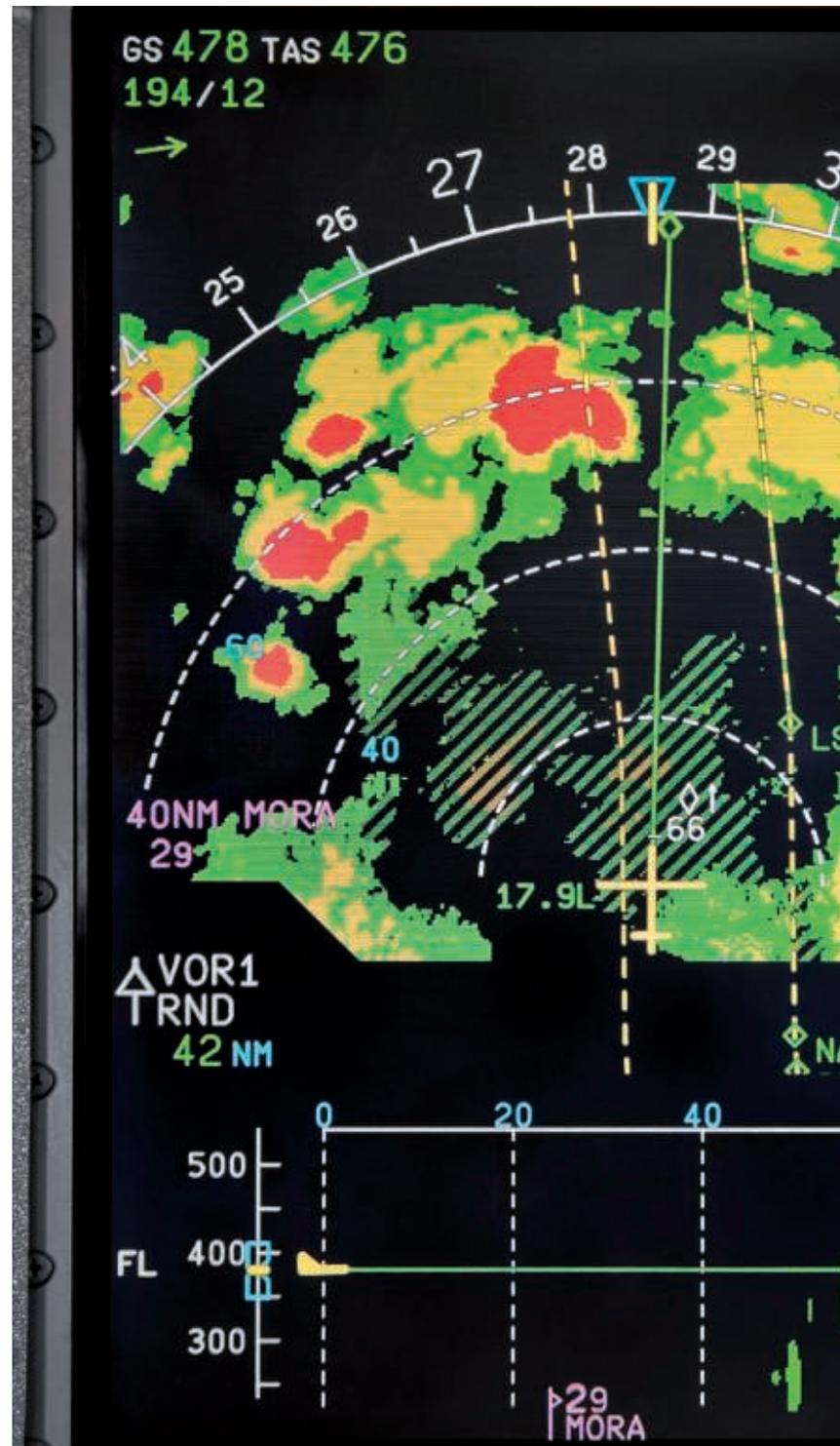
LES GUIDES CRÉÉS NUMÉRIQUEMENT

Les guides créés numériquement, dits « numériques » peuvent être réalisés par fraissage, impression 3D ou frittage laser (*métalliques*), mais toujours à partir des données de la tomographie reprises par des logiciels de planification spécifiques [4, 5, 6]. Les études sont maintenant très

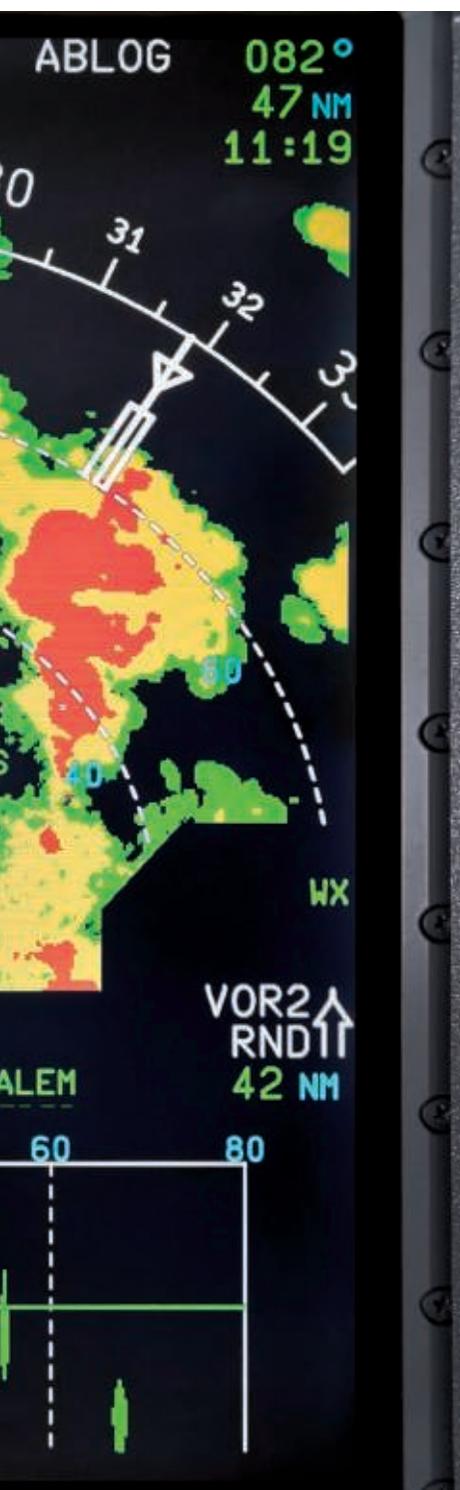
pertinentes, que ce soit au sujet de la précision ou du champ d'application des guides numériques [9, 10]. Certes, un gain de précision est apporté par rapport à un protocole de chirurgie à main levée encadrée [7, 8, 9],

mais cette précision reste relative. Les auteurs confirment des différences entre la position planifiée et la position réelle : en moyenne, 1.07 mm (CI 95 %, 0.76-1.22 mm) au sommet de la crête et 1.63 mm à l'apex implantaire (CI 95 %, 1.26-2 mm) [4]. Ce qui implique de toujours maintenir une zone de sécurité autour de l'implant lors de la planification [9].

Le logiciel permet de certifier les axes planifiés sur modèle.



ériques



les auteurs

Dr Frédéric BOUSQUET

- Exercice privé (Montpellier)
- DU d'implantologie (Marseille)
- Post graduate paro-implantologie (New York)



Dr Philippe MERAT

- Exercice privé (Paris)
- DUER d'odontologie (Paris)
- DU de gérontologie générale chirurgicale et implantaire
- DU de prothèse complète
- Co-fondateur de Scala+ et d'iContinuum



L'« imprécision » [9] des guides numériques est essentiellement due à l'approximation de reconstruction des images [11] et aux éventuels mouvements du patient pendant la phase d'acquisition [10]. À noter [10] que la respiration du patient pendant l'acquisition peut se traduire par un mouvement de l'ordre du millimètre et donc une approximation de reconstruction de cet ordre ainsi qu'une approximation de planification et de positionnement d'un guide créé numériquement.

Actuellement on rapporte [9] que l'aspect médico-économique de ces guides numériques est peu favorable : « Le surcoût engendré par le protocole ne peut être contrebalancé que pour des interventions dites complexes ». Cet aspect médico-économique peu favorable associé à l'« imprécision » relative exigeant une zone de sécurité autour de l'implant entravent nettement les possibilités d'application. Les conclusions des publications sur les guides numériques sont peu favorables.

Beaucoup d'auteurs extrapolent les conclusions sur les guides numériques à la chirurgie guidée en général, ce qui ne tient pas compte d'une autre approche de la chirurgie guidée assistée par ordinateur : le guide de réalisation conventionnelle (réalisé sur modèle selon un protocole clinique et conventionnel de l'art dentaire) certifié par un logiciel de navigation 3D adapté. C'est l'approche Accurator [12, 13, 14].

LA TECHNIQUE ACCURATOR

Dans ce cas le logiciel permet de certifier les axes planifiés sur modèle par forage et transférés sur l'image par un guide unique radiologico-chirurgical. Ce logiciel permet d'optimiser les positions implantaire (correction du guide en vue de la chirurgie). Le guide est porté par le patient pendant l'acquisition tomographique. Il est ensuite modifié si nécessaire sur le modèle en fonction de l'analyse par le logiciel 3D. La précision constatée cliniquement avec Accurator lors des chirurgies vient corroborer l'étude de Fortin et Co. sur la précision d'un guide radiologico-chirurgical. L'« imprécision » est bien inférieure au millimètre (0.2 mm en latéralité et 1° angulairement) [15].

A priori, le guide radiologico-chirurgical peut être perçu comme un inconvénient. Cela pouvait l'être quand les acquisitions étaient faites par les radiologues à distance du praticien traitant. Mais actuellement, l'imagerie 3D fait partie de notre plateau technique, et il n'y a donc plus cette incertitude de positionnement du guide par le patient chez le radiologue. La procédure permet des contrôles cliniques à tous les stades, de valider la position du guide avant la phase radiologique et donc de pouvoir avaliser son bon placement lors de la chirurgie. En comparaison, l'« imprécision » des guides numériques est en grande partie due à l'approximation de leur positionnement en chirurgie du fait des incertitudes de leur construction à partir de l'imagerie [9, 10, 11].

Il est difficile de quantifier le degré de précision d'un guide. Les auteurs sur les guides numériques indiquent que les constats cliniques (lors des interventions) permettent de quantifier le degré d'« imprécision ». Ils rapportent une « imprécision » supérieure au millimètre. Pour le guide radiologico-chirurgical type Accurator, l'imprécision que nous constatons cliniquement est inférieure au millimètre. Le résultat de l'étude [15] d'« imprécision » d'un guide radiologico-chirurgical (0.2 mm en latéralité et 1° en variation angulaire) nous paraît être le constat clinique du degré de précision du protocole Accurator.

Ce constat clinique, nous le faisons à chaque intervention d'autant plus facilement que nous ne réalisons pas de protocoles « flapless » mais minimalement invasifs plus adaptés à une bonne gestion des tissus mous (voir les cas cliniques présentés). Ainsi, la visualisation du point d'impact du forage osseux est toujours possible.

Cette précision constatée permet de supprimer la marge de sécurité conseillée avec les guides numériques [9], et ainsi de pouvoir utiliser pleinement les avantages d'un forage guidé. Les cas cliniques 2 et 3 montrent les possibilités de simplification des traitements en utilisant ce protocole précis. Bien sûr, la marge de sécurité ne pourra être supprimée qu'après une prise en main suffisante de l'outil Accurator.

Le deuxième avantage de cette technique est son aspect « médico-économique » favorable. Ce guide présente un bon ratio bénéfice/coût, quel que soit le cas à implanter [12, 13, 14]. Ce qui permet de systématiser cette planification pour plus de cohérence dans le projet de traitement et dans le geste. En effet, avant l'analyse 3D, on ne connaît pas le degré de complexité du traitement. À l'analyse 3D, il faut pouvoir avoir un geste très précis si le profil de la crête osseuse l'exige. Seul un guide radiologico-chirurgical permettra ce geste très précis.

La systématisation du protocole permet souvent de simplifier le plan de traitement des cas qui se révéleront complexes à la lecture de la 3D (voir cas 2 et 3). Dans les cas qui se révéleront simples, la systématisation apportera plus d'avantages que d'inconvénients. Parmi ces avantages, ne plus subir la parallaxe, soigner l'ergonomie de son geste, standardiser le minimalement invasif et ainsi minimiser la phase de cicatrisation, standardiser la prothèse transvisée et pouvoir placer routinièrement le pilier définitif pour une liaison optimisée avec la gencive. Le geste Accurator devient le geste habituel. Répété régulièrement, ce geste, associé à la bonne connaissance de l'outil, permettra de « tenir le degré » quand cela est nécessaire (cas clinique 3).

Il est difficile de quantifier le degré de précision d'un guide.

CAS CLINIQUE 1

Cas « simple » : pose de deux implants maxillaires avec comblement du bas fond sinusien par voie de forage - technique de Summers [16, 17]

Un patient présente un édentement récent (3 mois) en zone 24 et 26 ; (Fig.1). Une planification Accrator est faite sur le modèle par forage ; (Fig.2). Le guide en résine bi-acrylique est réalisé sur le modèle (cartouche auto-mélangeuse). L'acquisition cone beam 3D se fera guide en place muni de tiges radio-opaques calibrées. L'analyse des axes est ensuite faite par

le logiciel Accrator. L'analyse du site 24 est réalisée par le logiciel ; (Fig.3). Un implant Ø 3.5 x 10 mm est planifié. La tige radio-opaque calibrée permet de simuler sur l'image la position de l'implant tel que foré sur le modèle en plâtre. Il n'y a pas de correction d'axe nécessaire pour ce site. L'analyse par le logiciel du site 26 conduit à planifier un implant Ø 4 x 10 mm ; (Fig.4). Une correction d'axe n'est pas nécessaire. Le guide Accrator sera donc utilisé en chirurgie sans modification (pas de corrections d'axe). Il va permettre de guider les forages Ø 2, Ø 3 mm et Ø 3.6 mm et de réaliser une effraction

guidée du plancher sinusien (ostéotomes Ø 2.8 mm et Ø 3.2 mm utilisés guide en place). À noter que la zone d'effraction sinusienne et le déplacement cortical sont planifiés et donc précis (zone d'effraction dans la pente). Le geste opératoire est simple et court parce que précis et sécurisé ; (Fig.5a à 5d). Un décollement *a minima* est effectué, des forages guidés successifs Ø 2 mm, Ø 3 mm, et le passage des ostéotomes Ø 2.8 et Ø 3.2 mm pour l'effraction sinusienne et le déplacement cortical ; (Fig.5b). Un comblement du bas fond sinusien zone 26 (technique de Summers) [16, 17] est effectué, suivi d'un forage

cortical Ø 3.6 pour la zone 26. On réalise la pose des implants et des bases « On1 » définitives pour prothèse transvissée unitaire (Nobel Biocare) ; (Fig.5c). Puis on pose des capuchons de protection des bases « On1 » ; (Fig.5d). La cicatrisation du passage gingival va se faire en première intention autour des bases « On1 » définitives. Lors de la dépose des points à 8 jours postopératoires : la cicatrisation gingivale est déjà bien avancée ; (Fig.6b). La rétro-alvéolaire postopératoire le jour de la pose des implants met en évidence l'intégrité de la membrane sinusienne qui contient le greffon ; (Fig.7).

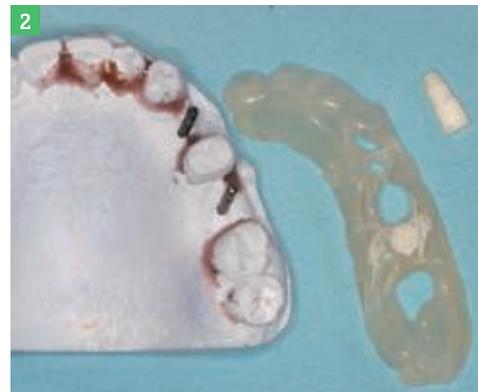


Fig.1 : Patient présentant un édentement récent (3 mois) zone 24 et 26.
Fig.2 : Une planification Accrator est faite sur le modèle par forage. Fig.3 : Analyse par le logiciel du site 24 : un implant Ø 3.5 x 10 mm est planifié.
Fig.4 : Analyse par le logiciel du site 26 : un implant Ø 4 X 10 mm est planifié.

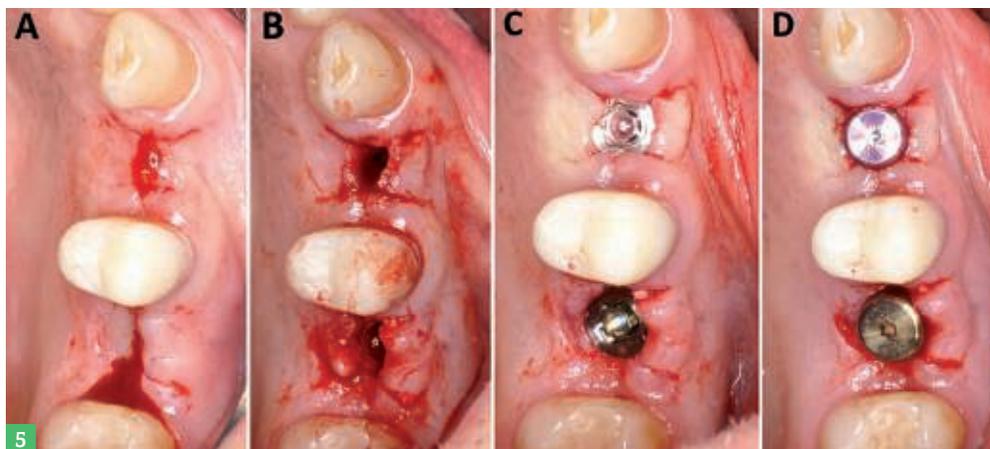
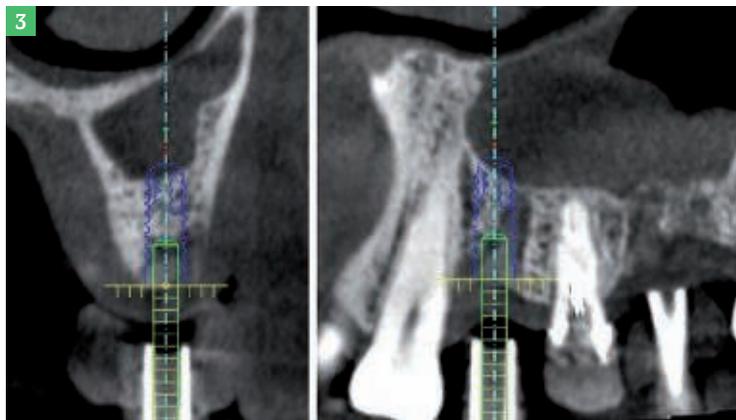
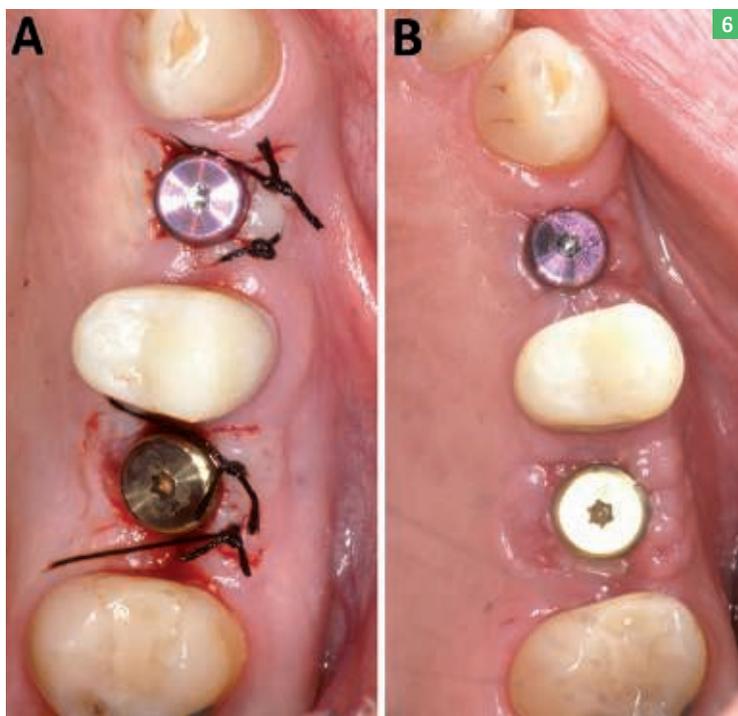


Fig.5a à 5d : Le geste opératoire est simple et court parce que précis et sécurisé. Fig.5a : Incision en H. Fig.5b : Décollement *a minima* et forages guidés successifs Ø 2 mm, Ø 3 mm, et passage des ostéotomes Ø 2.8 et Ø 3.2 mm pour l'effraction sinusienne et le déplacement cortical. Fig.5c : Pose des implants et des bases « On1 » définitives pour prothèse transvissée unitaire (Nobel Biocare). Fig.5d : Pose des capuchons de protection des bases « On1 ». Fig.6a et 6b (cas 1) : Sutures. Fig.6a : L'incision en H a permis une bonne répartition du tissu gingival kératinisé autour des capuchons de protection. Fig.6b : Dépose des points à 8 jours postopératoires : la cicatrisation gingivale est déjà bien avancée. Fig.7 : La rétro-alvéolaire postopératoire le jour de la pose des implants met en évidence l'intégrité de la membrane sinusienne qui contient le greffon.



CAS CLINIQUE 2

Cas d'une reconstruction osseuse par biomatériau associée à la pose d'un implant

Une patiente de 40 ans présente un édentement en zone 46 ; (Fig.8). L'examen clinique montre une concavité très marquée en vestibulaire qui laisse présager qu'une augmentation osseuse sera nécessaire. L'analyse *Accurator* montre que la pose d'un implant est possible mais qu'un comblement s'impose en vestibulaire ; (Fig.9). Un implant Ø 3.5 x 10 mm est planifié. Il n'y a pas de correction d'axe à réaliser sur le guide. Le protocole guidé va permettre, le jour de la pose de l'implant, de réaliser un décollement vestibulaire en forme de sac afin d'intégrer le biomatériau. Une membrane sera placée sur la partie supérieure du greffon.

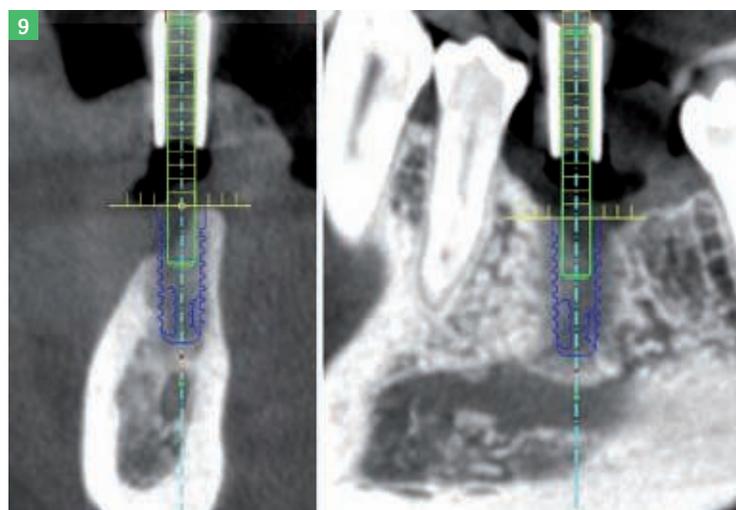
La vue volumique du logiciel montre le volume de biomatériau à apporter autour de l'implant ; (Fig.10). Le biomatériau sera bien maintenu dans la concavité en sous-périosté dans le sac de décollement créé à cet effet. Le pronostic de cicatrisation du greffon est ainsi optimisé. Le guide *Accurator* en résine bi-acrylique est placé en bouche pour la phase chirurgicale ; (Fig.11). Ce type de résine est stérilisable à 105°. Les tubes guides de forage Ø 2, Ø 3 sont successivement installés pour le forage guidé. Le forage terminal homothétique *NobelReplace* Ø 3.5 sera réalisé sans guide. L'implant Ø 3.5 x 10 mm *NobelReplace* est posé après forages guidés Ø 2 et Ø 3 mm et élargissement homothétique terminal avec le foret terminal *NobelReplace* correspondant (forage homothétique à main levée) ; (Fig.13a).



Le sac vestibulaire sous-périosté est finalisé en fonction du volume estimé du greffon ; (Fig.13b). Des trous sont créés dans la zone corticale dépériostée avec un foret Ø 1.2 mm (en mésial, vestibulaire et distal de l'implant) afin de créer des puits d'irrigation du greffon. Une vis de couverture est installée temporairement, le temps du comblement qui sera foulé dans le sac sous-périosté créé ; (Fig.13c). Une membrane (résorption à 4 semaines) est posée en partie supérieure du greffon. Elle sera coincée entre l'implant et la base « On1 » au niveau du cône d'emboîtement ; (Fig.13d). La suture viendra plaquer le tissu gingival contre la base « On1 » et son capuchon de protection ; (Fig.13e). L'absence de décollement en lingual permet une fixation fiable des sutures. La stabilité et le bon recouvrement gingival du greffon sont ainsi assurés. Lors de la dépose des points à 10 jours postopératoires, la cicatrisation est déjà avancée ; (Fig.13f). La tomographie *cone beam* 3D après le geste ; (Fig.15) permet un contrôle du volume du greffon :

coupes espacées de 0.8 mm. Le guide *Accurator* est l'outil central de ce traitement : il permet de planifier et de sécuriser les forages successifs de la pente de la crête osseuse et de réserver ensuite le décollement à la création de la zone de comblement. La comparaison entre 3D de planification et 3D postopératoire est réalisée ; (Fig.16a et b). Sur l'image 16b, les artefacts de durcissement et de segmentation [12] induisent une approximation de reconstruction des zones métalliques et des tissus environnants. Ici, l'implant apparaît plus large que la réalité et la zone osseuse périphérique plus étroite.

Fig.8 : Une patiente de 40 ans présente un édentement en zone 46. L'examen clinique montre une concavité très marquée en vestibulaire qui laisse présager qu'une augmentation osseuse sera nécessaire. Fig.9 : L'analyse *Accurator* montre que la pose d'un implant est possible mais qu'un comblement s'impose en vestibulaire.



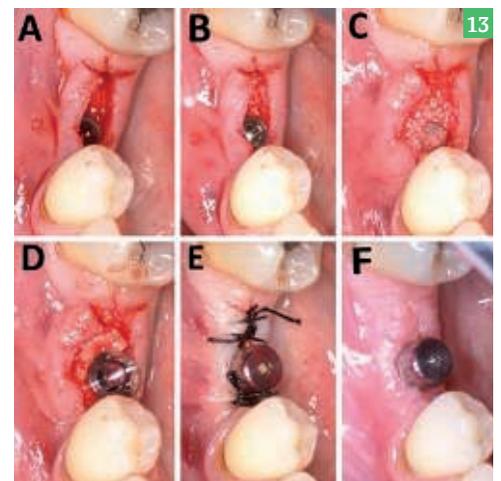
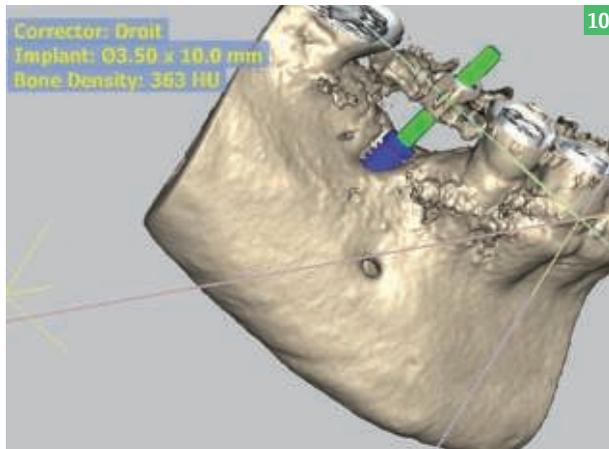
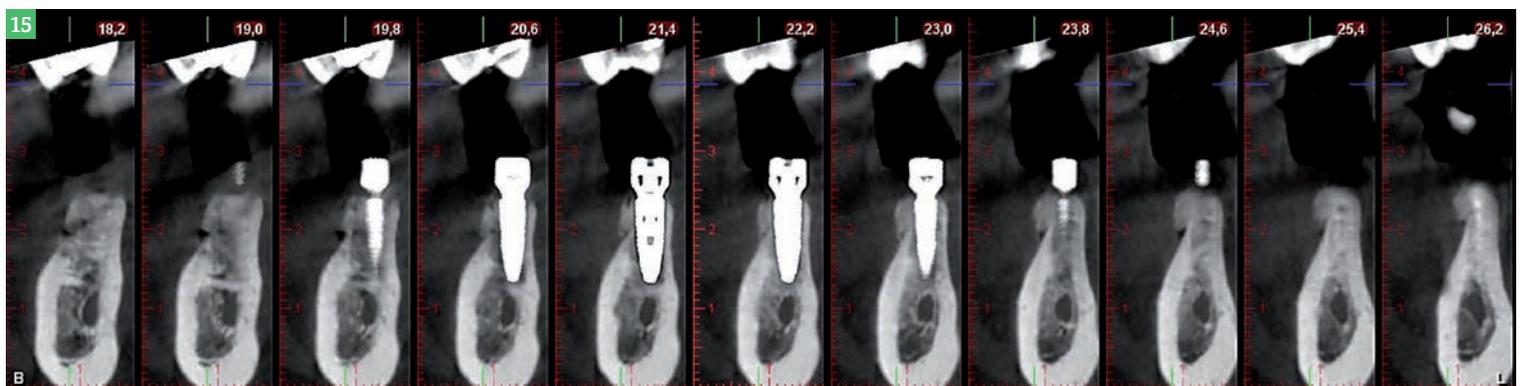


Fig.10 : La vue volumique du logiciel montre le volume de biomatériau à apporter autour de l'implant.
 Fig.11 : Le guide en résine bi-acrylique en bouche pour la phase chirurgicale.
 Fig.12 : Une incision en H est réalisée à distance de la concavité vestibulaire.
 Fig.13a à 13f : Les séquences du geste opératoire. Fig.13a : L'implant Ø 3.5 x 10 mm NobelReplace est posé après les forages guidés Ø 2et Ø 3 mm et l'élargissement homothétique terminal avec le foret terminal NobelReplace correspondant (*forage homothétique à main levée*). Fig.13b : Le sac vestibulaire sous-périosté est finalisé en fonction du volume estimé du greffon. Fig.13c : Une vis de couverture est temporairement installée, le temps du comblement qui sera foulé dans le sac sous-périosté créé. Fig.13d : Une membrane (*résorption à 4 semaines*) est posée en partie supérieure du greffon. Elle sera coincée entre l'implant et la base « On1 » au niveau du cône d'emboîtement. Fig.13e : La suture viendra plaquer le tissu gingival contre la base « On1 » et son capuchon de protection. Fig.13f : Dépose des points à 10 jours postopératoires. La cicatrisation est déjà avancée.
 Fig.14 : Vue rétroalvéolaire de l'implant posé (NobelReplace Ø 3.5 x 10 mm).
 Fig.15 : Tomographie cone beam 3D après le geste afin de contrôler le volume du greffon : coupes espacées de 0,8 mm.



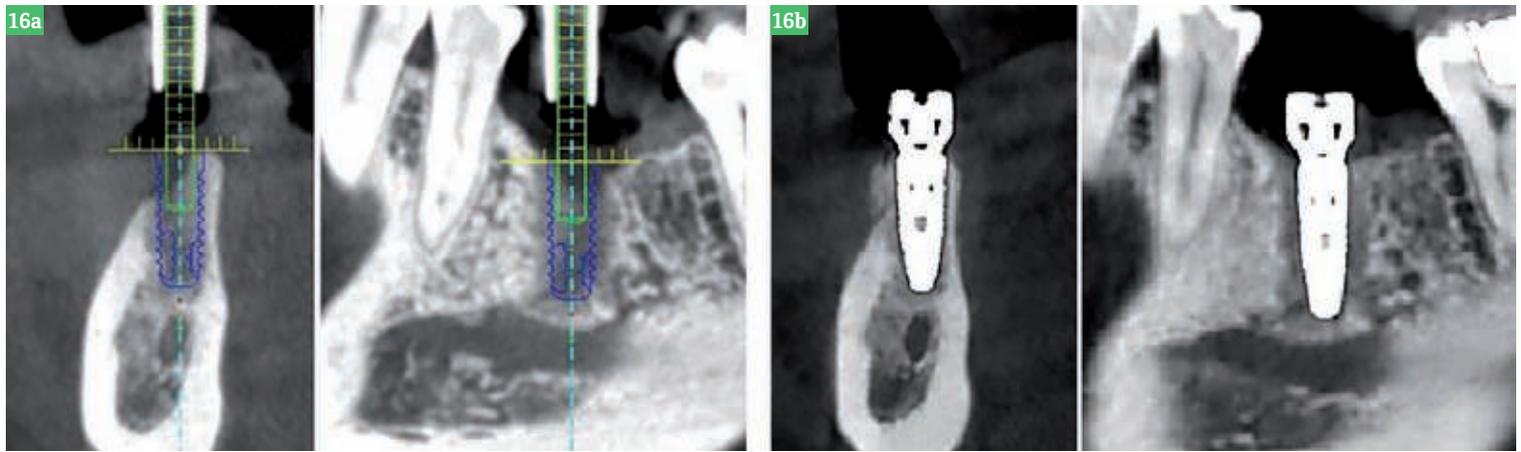


Fig.16a et b : Comparaison entre 3D de planification et 3D postopératoire.

CAS CLINIQUE 3

Pose de deux implants contigus en zone 24 et 26 après déplacement cortical et comblement palatin (la 25 n'est pas présente sur l'arcade)

Une patiente de 35 ans se présente au cabinet avec une édentation en zone 24 et une atteinte de la furcation de la 26 ; (Fig.17). La crête édentée zone 24 paraissait cliniquement simple à gérer. Une tomographie réalisée pour évaluer l'atteinte de la furcation de la 26 nous indique que la crête osseuse en zone 24 est très atrophiée. Cette première tomographie révèle que l'implantation en 24 nécessite une reconstruction préalable. Le guide radiologico-chirurgical présent sur l'image permet déjà d'évaluer la difficulté d'implantation dans cette zone. Le pronostic pour la 26 est mauvais : l'atteinte de la furcation est étendue. L'extraction est décidée. Une deuxième tomographie est réalisée 6 mois après ; (Fig.18). Le même guide a été étendu à la dent 26 extraite. Le greffon en zone 24 présente une bonne maturation (5 mois) mais son volume est insuffisant en zone mésiale. Le logiciel permet de

positionner l'implant dans la zone la plus volumineuse du greffon (*en distal*) tout en tenant compte de l'axe prothétique ; (Fig.19). La planification montre sur la vue transversale le compromis choisi : faire un comblement complémentaire en palatin par biomatériau et déplacer la corticale vestibulaire à l'aide des expandeurs guidés *Accurator*. Un implant de Ø 3.6 mm (12 mm long) est prévu après déplacement de la corticale vestibulaire en zone apexienne. L'utilisation des expandeurs guidés se fait après forage guidé différentiel (Ø2 mm à l'apex et Ø3 mm en zone corticale dans ce cas). Ces expandeurs s'utilisent guide en place afin que le déplacement cortical se fasse en conservant strictement l'axe planifié. Un protocole minimalement invasif permettra de protéger le greffon vestibulaire. À 6 mois de maturation, il est préférable que la vascularisation du greffon soit conservée. Un décollement ciblé en forme de sac sera réalisé en palatin après la pose des implants pour placer le greffon. L'incision en forme de H va permettre de répartir les tissus mous autour des piliers définitifs qui seront posés en fin d'intervention (*piliers type Multi-Unit pour*

prothèse transvissée) ; (Fig.21a). Ce type d'incision et de décollement *a minima* permettent néanmoins de visualiser et de contrôler l'ostéotomie à tout moment. Après la pose des implants (*ETK Natea*), le biomatériau est foulé en palatin dans le sac formé par décollement ciblé ; (Fig.21b). La membrane sera positionnée ensuite. À noter qu'un petit greffon est foulé en mésio-vestibulaire. Les vis de couverture sont momentanément posées pendant la phase de comblement. Les piliers définitifs sont ensuite posés ; (Fig.21c). La membrane est positionnée plus précisément avant la phase de suture. Les sutures viennent plaquer le mini-lambeau contre les piliers et les capuchons de protection vissés sur les piliers ; (Fig.22a). Les petites incisions de décharge participent à une bonne répartition des tissus mous autour des piliers définitifs. Avec ce type d'incision et de décollement *a minima*, le pronostic de cicatrisation est favorable tant au niveau gingival qu'osseux. Un contrôle 3D postopératoire est réalisé le jour de l'intervention ; (Fig.23b). La corticale vestibulaire a été déplacée au niveau de l'apex de l'implant. L'inspection de l'alvéole après l'expansion et avant la pose de l'implant a permis de confirmer

l'intégrité de la corticale déplacée. C'est moins visible sur l'image du fait des artefacts de durcissement et de segmentation qui créent des distorsions à la reconstruction à proximité d'une zone métallique [12]. Le comblement en palatin est bien visible sur l'image. Le placage des sutures ; (Fig.22a) contre les piliers et les capuchons permet d'assurer un bon pronostic de cicatrisation.

CONCLUSION

Par ces cas cliniques, nous montrons l'intérêt d'utiliser en chirurgie implantaire un système de guidage très précis et systématisable. La place que prend l'implantologie dans notre exercice nous impose de cadrer notre geste, de le sécuriser et le simplifier, de nous permettre la plus haute précision dans les cas dits « difficiles » pour utiliser au mieux l'os existant. Le guide radiologico-chirurgical *Accurator* se révèle être un outil efficace de planification et de transfert des données de forage en chirurgie (*axes et longueurs*). Son utilisation régulière au centre de tout geste opératoire implantaire est intéressante. Le premier enjeu de cette systématisation est d'agir sur l'ergonomie du geste opératoire, de simplifier et sécuriser son geste,

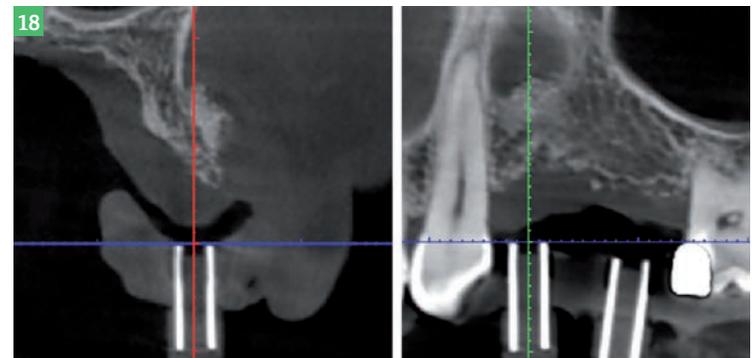
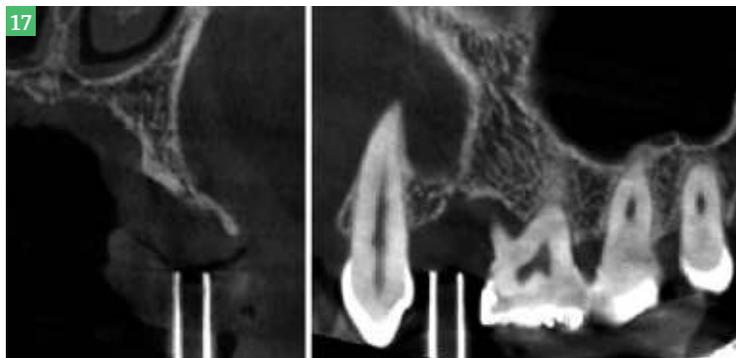


Fig.17 : Patiente de 35 ans édentée zone 24 et présentant une atteinte de la furcation de la 26. Fig.18 : Une deuxième tomographie est réalisée 6 mois après.

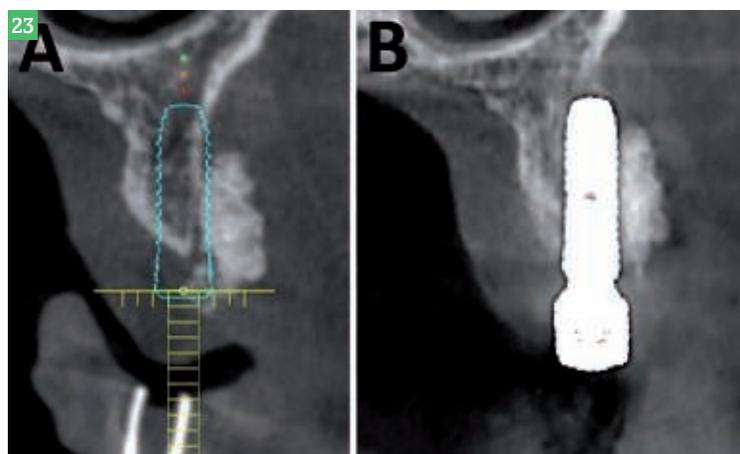
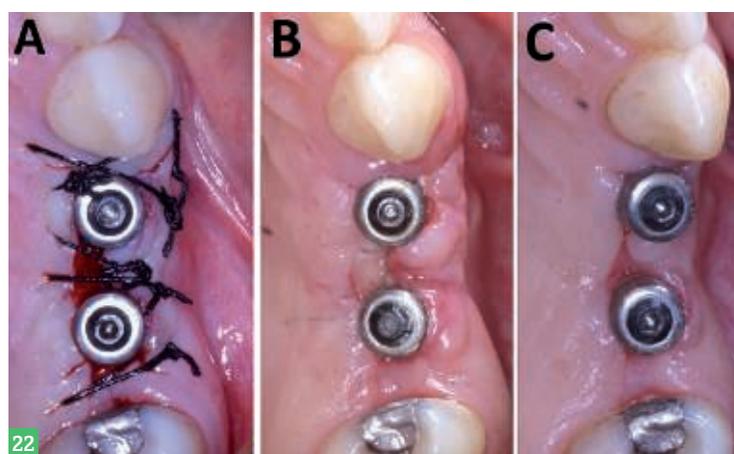
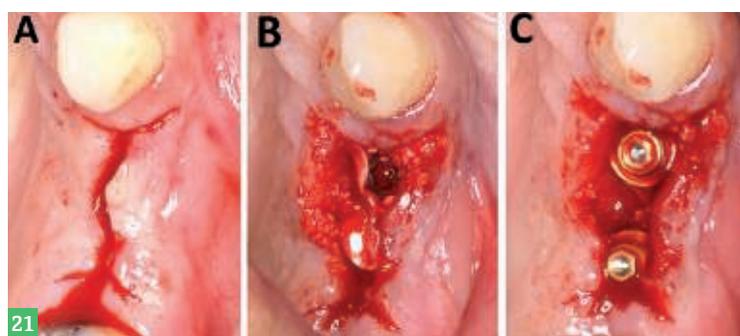
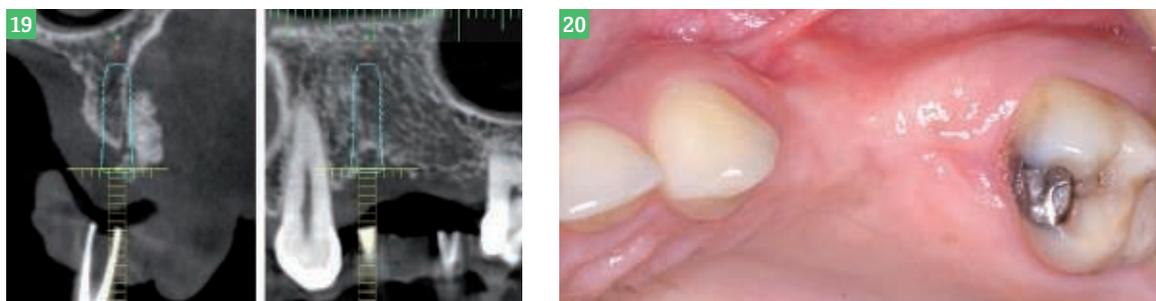
► clinique : Drs Frédéric BOUSQUET et Philippe MERAT

IMPLANTOLOGIE

Fig.19 : Le logiciel permet de positionner l'implant dans la zone la plus volumineuse du greffon (*en distal*) tout en tenant compte de l'axe prothétique. Fig.20 : Vue de la crête alvéolaire le jour de la pose des deux implants zone 24/26.

Fig.21a, b et c : Séquences du geste opératoire. Fig.22a, b et c : Sutures et cicatrisation. Fig.22a : Les sutures viennent plaquer le mini-lambeau

contre les piliers et les capuchons de protection vissés sur les piliers. Fig.22b : Vue de la cicatrisation à la dépose des points à 10 jours postopératoires. Fig.22c : Vue de la cicatrisation à 28 jours postopératoires. Fig.23a et 23b : Comparaison entre 3D de la planification en zone 24 et la 3D postopératoire. Fig.23a : Projet initial planifié de la zone 24 : déplacement de la corticale vestibulaire prévue à l'apex et comblement en palatin de l'implant. Fig.23b : Contrôle 3D postopératoire le jour de l'intervention.



de minimiser et sécuriser la phase de cicatrisation. Si le gradient de difficulté augmente à la lecture des données tomographiques, le geste restera simple, cadré et précis. En cas de reconstruction nécessaire, le forage planifié et guidé permet de réaliser des greffons volumineux le jour de la pose des implants (*cas 2*) avec un bon pronostic de cicatrisation. En outre, les ostéotomes guidés permettent des déplacements

corticaux ciblés (*cas 3*) en présence de concavités trop marquées, notamment en zone esthétique.

Ces techniques sont rendues possibles et sûres par la grande précision qu'offre le guide. Une simplification des traitements avec le pronostic de cicatrisation très favorable des protocoles minimalement invasifs est le deuxième enjeu de l'utilisation récurrente de la technique. ☺

la biblio'

- [1] LEE DH, CHOI BH, JEONG SM, XUAN F, KIM HR : « *Effects of flapless implant surgery on soft tissue profiles: a prospective clinical study.* » 2011.
 [2] YOU TM, CHOI BH, LI J, XUAN F, JEONG SM, JANG SO : « *Morphogenesis of the peri-implant mucosa: a comparison between flap and flapless procedures in the canine mandible.* » 2009. [3] JEONG SM, CHOI BH, LI J, KIM HS, KO CY, JUNG JH, LEE HJ, LEE SH, ENGELKEW : « *Flapless implant surgery: an experimental study.* » 2007.
 [4] 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 Implant Res 2009;20(Supplement 4):73-86. [5] VAN STEENBERGHE D ET COLL. : « *High precision planning for oral implants based on 3D Ct scanning. A new surgical technique for immediate and delayed loading.* » Appl Osseointegration Res 2004 ; 4 : 27-31. [6] HULTIN M, SVENSSON KG, TRULSSON M : « *Clinical advantages of computer-guided implant placement : A systematic review.* » Clin Oral Implants Res 2012 ; 23 suppl 6 : 124-135. [7] HOFFMANN J, WESTENDORFF C, GOMEZ-ROMAN G, REINERT S : « *Accuracy of navigation-guided socket drilling before implant installation compared to the conventional free-hand method in a synthetic edentulous lower jaw model.* » Clin Oral Implant Res 2005;16(5):609-614. [8] VERCRUYSEN M ET COLL. : « *Implant and patient centred outcomes of guided surgery, 1 year follow up : an RCT comparing guided surgery with conventional implant placement.* » J Clin Periodontol 2014 ; 41 (12) : 1154-1160. [9] FORTIN T, HAUSCHILD U, COLOMBO M, MANGANO C : « *Applications cliniques et efficacité de la numérisation en chirurgie implantaire. Analyse critique basée sur la littérature.* » Information dentaire 2017. 19 Avril : 48-54. [10] HASSON J.N. HANSS J : « *Guides chirurgicaux en implantologie : indications et limites.* » Clinical implantology dec 2014. [11] WILS P : « *Tomographie par rayons X : correction des artefacts liés à la chaîne d'acquisition.* » Thèse de doctorat. [12] BOUSQUET F : « *Guider son forage en implantologie pour réduire échecs et complications.* » Le fil dentaire n°76 ; octobre 2012 : 24-30. [13] BOUSQUET F, MERAT P : « *L'implantologie simplifiée et sécurisée.* » Dentoscope - octobre 2015 n°150, p 14 à 20 et 36 à 42. [14] BOUSQUET F, SCIÉ J, MERAT P : « *Implantologie : un geste plus précis pour optimiser les traitements.* » Dentoscope - octobre 2016 n°167. [15] FORTIN T, CHAMPLEBOUX G, BIANCHI S, BUATOIS H, COUDERT JL : « *Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on Conebeam CTscan images through a robotic drilling machine: an in vitro study.* » Clinical Oral Implants Research. Vol 13 : 6, 2002. [16] SUMMERS RB : « *A new concepts in maxillary implant surgery: the osteotome technique.* » Compend Contin Educ Dent 1994;15:152-162. [17] SUMMERS RB : « *The osteotome technique. Part 3. Less invasive methods of elevation the sinus floor.* » Compend Contin Educ Dent 1994; 15:698-708.