

Avec ce dernier article venu de Corée, nous venons clore la Carte Blanche confiée à André P. Saadoun en 2014. Il a su alimenter 2 livraisons d'un contenu varié - en prothèse, chirurgie implantaire, et esthétique - qui nous ont régalié. Près de 20 collègues internationaux lui ont fait confiance. Son leitmotiv : écouter, apprendre, exercer, enseigner et transmettre, il en a fait son viatique.



Profitons de ce moment pour le remercier d'avoir assuré ce remarquable travail de coordination, traduction, fait de persévérance et de professionnalisme. Il a fait sienne la devise de l'université de Pennsylvanie, *Second to None*. Toute la rédaction lui adresse sa gratitude.

# R2 Gate : nouvelle ère en implantologie numérique

Dr Kwang Bum PARK et Dr Jong Cheol KIM (Corée du Sud)

## ➔ Introduction

La chirurgie guidée est un système de planification virtuelle, assisté par ordinateur qui améliore la fiabilité et la précision des traitements implantaires et qui permet l'exécution des plans de traitements en s'appuyant sur une modélisation de la mâchoire en 3D. La planification 3D est une avancée considérable dans l'organisation des actes chirurgicaux. Elle permet de synthétiser dans sa globalité, l'examen clinique du patient, de collecter l'ensemble des éléments à analyser dans une représentation unique et la réalisation du projet prothétique. Cet article détaille le protocole de prise en charge d'une réhabilitation globale utilisant cette technologie.

## ➔ Présentation clinique

Un patient âgé de 68 ans est venu consulté pour une réhabilitation prothétique globale bi-maxillaire. Le patient a souffert d'une pneumonie et a été hospitalisé pour une longue période de 6 mois. L'examen radiologique pré-chirurgical révèle une perte partielle en vertical de l'os alvéolaire. Une reconstitution osseuse est idéalement nécessaire pour un meilleur rendu esthétique final. Mais le patient a préféré ne pas entreprendre des procédures chirurgicales complexes, et a souhaité trouver une solution fiable avec les conditions osseuses et muqueuses présentes. Les techniques de chirurgie sans lambeaux présentent l'avantage d'alléger les suites opératoires pour les patients (œdème, hématome, douleur), apportent un confort d'exécution pour les chirurgiens et, lorsqu'elles sont associées à des guides chirurgicaux issus de planification 3D informatisées, offrent un positionnement très précis des implants. Les logiciels de planification chirurgicale et prothétique sont de grands recours dans ces cas cliniques. La combinaison des données radiologiques Cone Beam avec les technologies CAD/CAM présentent un intérêt remarquable dans la gestion de ces cas complexes.

## PROCÉDURE DE PLANIFICATION DE LA CHIRURGIE GUIDÉE STATIQUE

Des empreintes à l'alginate précises sont indispensables pour obtenir des modèles en plâtre. Les modèles sont alors soit scannés dans un scanner de laboratoire soit carrément envoyés à un centre de scan. Le laboratoire doit alors fabriquer deux éléments.

## Une maquette d'occlusion maxillaire et mandibulaire

Cette maquette est réalisée avec des bourrelets en cire, qui permettent d'objectiver le positionnement idéal des dents antérieures par rapport au soutien labial, la lèvre inférieure, et de situer le plan sagittal médian par rapport au plan inter-incisif. L'orientation du plan d'occlusion antérieur ainsi que postérieur peut être ajustée aussi durant cette phase. Le plan occlusal de référence adopté est celui de Camper.

## Bases d'occlusion avec un arc gothique intégré : R2 Stent

Deux plaques bases en résine photopolymérisable radio-opaque sont réalisées avec la mise en place d'un arc gothique et d'un repère 3D en

plâtre radiopaque. Cet artifice permet d'enregistrer avec précision la dimension verticale correcte ainsi que les relations inter-maxillaires. L'arc gothique permet d'objectiver les mouvements mandibulaires et de tracer la flèche de Gysi. L'intersection des trois lignes correspondant aux mouvements de latéralité et de propulsion indique la relation centrée. Les deux maquettes maxillaire et mandibulaire sont alors immobilisées avec un silicone occlusal.

Les deux maquettes occlusales personnalisées avec le repère radiopaque intégré sont alors utilisées lors de l'acquisition Cone Beam. Les données DICOM (Digital Imaging and Communication) issues du Cone Beam sont ensuite envoyées via internet à un serveur en ligne. Les modèles en plâtre,

**SPÉCIALISTE DE LA RADIOLOGIE DENTAIRE**

**PROLONGATION JUSQU'AU 28 FÉVRIER 2015 EXCEPTIONNELLE**

# LA REPRISE!

## c'est maintenant!

**10 000 € TTC**

**POUR LA REPRISE DE VOTRE PANORAMIQUE ET L'ACHAT D'UNE NOUVELLE 3D\***

*Soigner Zen.*

**www.vatech-france.fr**

Contact 01 64 11 43 30  
Info@vatech-france.fr

UN FINANCEMENT ATTRACTIF\*

UNE FACILITÉ DE REPRISE\*

UN SERVICE DE PROXIMITÉ

GARANTIE ZEN JUSQU'À 7 ANS\*

\* Voir conditions générales auprès de Vatech France. Logiciel compatible Mac et PC.

Dispositif Médical Classe IIb / CE 0 120

**Produit non remboursé par les organismes de santé. Nous vous invitons à lire attentivement les instructions d'utilisation.**

Maj 02-2015 - OffreReprise210x270

la maquette occlusale en cire contenant les données faciales du patients, ainsi que les maquettes « R2 Stent » sont aussi envoyées au centre numérique par voie courrier classique.

La première chose que les techniciens du centre de scan vont faire, c'est de monter les modèles en plâtre sur articulateur semi-adaptable à la dimension verticale enregistrée. Un scanner de laboratoire va permettre d'avoir les fichiers STL de la numérisation :

- des deux modèles en plâtres séparément et montées virtuellement à la dimension verticale correcte,
- du modèle maxillaire avec la maquette d'occlusion en cire.

Le wax-up du projet prothétique est alors effectué par simple montage de dents du commerce sur les modèles en plâtre montés sur articulateur. Il n'est pas nécessaire de faire le montage complet de toutes les dents. La moitié des arcades est montée, ensuite les logiciels de laboratoire permettent de dupliquer le montage de l'autre côté et de figurer le projet prothétique numériquement, ceci représente un certain gain de temps pour le travail de laboratoire.

Le montage des dents postérieures maxillaires est facilité avec l'utilisation d'un plateau de montage dont le plan horizontal est parallèle au plan de Camper du patient. Le montage des dents mandibulaires est contrôlé avec les sphères de Manson qui peuvent être connectées à la branche mandibulaire de l'articulateur semi-adaptable après dépose de la branche maxillaire. Ces sphères objectivent les courbes occlusales sagittales et frontales à savoir la courbe de Spee et la courbe de Wilson.

Toutes les données acquises jusqu'à là, durant cette phase diagnostique sont importées dans une même interface du logiciel R2 Gate. Ce logiciel permet de superposer les images 3D de nature complètement différente : les fichiers DICOM issus du Cone Beam ainsi que les fichiers STL (Stéréo - Lithographie) des modèles en plâtre et du wax-up du projet prothétique. La reconstruction 3D finale obtenue contient alors toutes les données qui permettent d'effectuer une mise en place virtuelle des implants à savoir le contour osseux, l'orientation idéale des couronnes en concordance avec le projet prothétique, l'épaisseur des tissus mous en regard de chaque site implantaire... Cette philosophie du traitement permet de placer les implants en toute sérénité et de respecter les impératifs prothétiques personnalisés pour chaque cas. Il a été décidé de placer 10 implants au maxillaire et 8 implants à la mandibulaire, et de poser 14 dents prothétiques implanto-portés en Zirconium au niveau dans chaque arcade.

L'avantage majeur du logiciel R2 Gate c'est qu'il permet de faire le lien entre la planification virtuelle de la chirurgie selon les données anatomiques du patient ainsi que les logiciels CAD de laboratoire. En effet, il est possible d'extraire des fichiers de la planification virtuelle qui sont utilisables par les logiciels de conception et design numérique des prothèses.

Des guides chirurgicaux muco-portés ont été conçus numériquement basés sur les différents impératifs anatomiques et prothétiques. Non seulement les canons de forage sont intégrés au guide, mais aussi les pertuis de fixation des clavettes de rétention nécessaires pour son immobilisation lors du forage. Les piliers prothétiques implantaires ainsi que les couronnes provisoires sont aussi numériquement réalisés. Ceci permettra de rétablir la fonction et l'esthétique immédiatement après la pose des implants, si bien sûr deux paramètres indispensables sont satisfaisants, à savoir une bonne stabilité primaire avec un torque d'insertion final des implants supérieur à 45 N/Cm et un ISQ (Quotient de stabilité implantaire) supérieur à 70. Les fichiers STL des guides de forage numériques sont ensuite imprimés via une imprimante 3D. Le matériau utilisé doit impérativement respecter un cahier des charges bien précis à savoir une

bonne stabilité dimensionnelle dans le temps et la possibilité de le désinfecter et de le stériliser. Les piliers personnalisés sont obtenus par l'assemblage de deux composants :

- une partie pré-usinée en Titane qui comporte la connectique. Elle est réalisée par les machines de haute précision par le fabricant des implants pour assurer un verrouillage impeccable de l'interface implant/pilier
- une deuxième partie en Zirconium issue d'un centre de fraisage de laboratoire de prothèse.

La Zirconium répond aux impératifs biologiques et mécaniques demandés de la part trans-gingivale du pilier prothétique. Dans ce cas clinique, les couronnes d'usage sont en Zirconium et sont scellées. L'enfouissement vertical intra-sulculaire des lignes de finition de chaque pilier est déterminé de façon que le joint couronne/pilier ne soit que légèrement intra-sulculaire pour contrôler sereinement l'excès de ciment de scellement.

### ➔ Procédure chirurgicale et prothétique

Le praticien a donc à sa disposition le jour de l'intervention les deux guides muco-portés ainsi que le silicone de positionnement intra-buccal de ces derniers, les piliers prothétiques personnalisés en Zirconium et les couronnes CAD/CAM provisoires en PMMA.

La décision finale de mettre en charge immédiatement les implants ou non est prise après pose des implants et objectivation du torque final d'insertion des implants ainsi que leurs ISQ. Il a été alors possible de poser les tous les implants en deux sessions, une le matin, l'autre l'après-midi, sans complications en cours de route. La stabilité primaire était satisfaisante pour tous les implants sauf les dernières molaires. La mise en charge immédiate est alors réalisée sans risque. Une attention particulière doit être donnée aux réglages de l'occlusion statique, mais surtout fonctionnelle et dynamique, afin d'éviter toute surcharge mécanique transmise à certains implants par rapport aux autres.

La radiographie panoramique ainsi que le Cone Beam post-opératoires permettent de comparer le positionnement final des implants par rapport à celui planifié numériquement. La phase prothétique finale a été entamée 3 mois après la mise en charge immédiate.

### ➔ Discussion

L'avancée majeure de la simulation virtuelle des chirurgies implantaires a l'avantage de combiner les données radiologiques DICOM (CBCT) et les fichiers STL, permettant la représentation tridimensionnelle de tout le projet chirurgical et prothétique du patient, avec des animations numériques en temps réel avant de commencer l'opération. Cette possibilité pratique signifie que les dentistes peuvent décider de la position optimale pour placer les implants en concordance avec le wax-up diagnostique, les tissus mous et l'os. En d'autres termes, la simulation virtuelle a atteint un niveau exceptionnel pour placer les implants aussi précisément que possible en utilisant la technologie CAD/CAM. Cette chirurgie guidée peut être soit une « chirurgie à lambeau » ou « sans lambeau ». La plupart des cliniciens pensent que « la chirurgie guidée » signifie « chirurgie sans lambeau ». Avec ce concept, les possibilités d'applications cliniques pour les guides de forage est extrêmement limité en cas de l'absence de tissus osseux dur et mou. Si, au contraire, on pense à « la chirurgie guidée » comme « positionnement de l'implant » correcte, ceci rend l'application beaucoup plus utile dans de nombreux cas cliniques. La simplicité apparente de ces systèmes et leur précision dans le positionnement des implants ne doivent pas faire oublier la gestion des tissus mous avant, pendant ou après la chirurgie.



Fig. 1-2-3 : Photographies intra-buccales initiales.  
1 : Vue frontale. 2 : Vue occlusale de l'arcade maxillaire. 3 : Vue occlusale de l'arcade mandibulaire.



Fig. 5. Modèles d'études maxillaire et mandibulaire

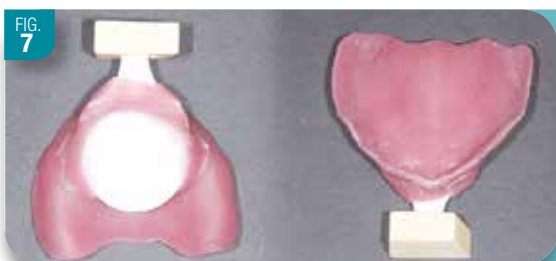


Fig. 7. R2 Stent: Détails du guide radiologique maxillaire



Fig. 9-10. L'incrustation de l'arc ghotique au niveau du guide radiologique permet de tracer les mouvements mandibulaires sur le plateau maxillaire, et d'objectiver l'arc de Gysi afin de déterminer la relation centrée exacte et de bloquer les deux maquettes en dimension verticale correcte.

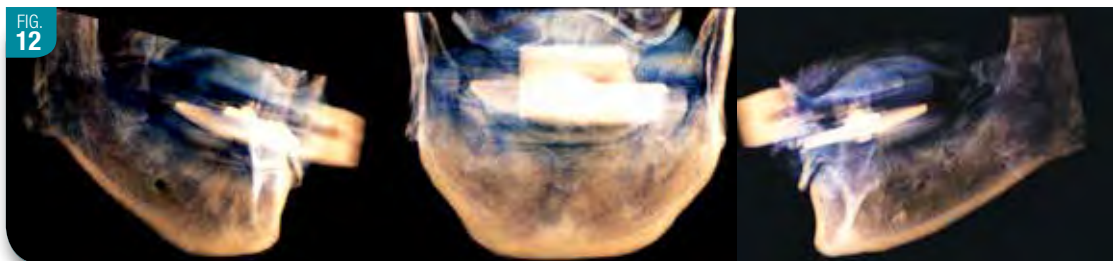


Fig. 12. Acquisition volumétrique Cone Beam. Noter la présence du repère radiopaque avec des arrêtes bien déterminées. Les bases osseuses sont acquises en relation tridimensionnelle correcte.



Fig. 4. Radiographie Panoramique pré-chirurgicale



Fig. 6. R2 Stent: Guide radiologique personnalisé maxillaire et mandibulaire. Deux plaques bases en résine photopolymérisables radiopaques ont été réalisées avec mise en place d'un arc ghotique et d'un repère 3D en plâtre radiopaque



Fig. 8. R2 Stent: Détails du guide radiologique mandibulaire



Fig. 11. Une acquisition Cone Beam est ensuite réalisée avec le guide radiologique en place, le patient est en position intermaxillaire adéquate



Fig. 13-14. La maquette maxillaire du guide radiologique permet de monter le modèle maxillaire sur le plateau d'un articulateur semi-adaptable.

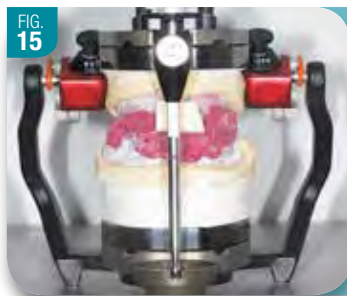


Fig. 15. Le guide radiologique avec l'arc gothique est ensuite utilisé pour monter le modèle mandibulaire en dimension verticale correcte. Le blocage des deux maquettes d'occlusion étant fait en bouche avec un silicone occlusal.



Fig. 16.17.18. Différentes vues des modèles d'études montées sur l'articulateur semi-adaptable.

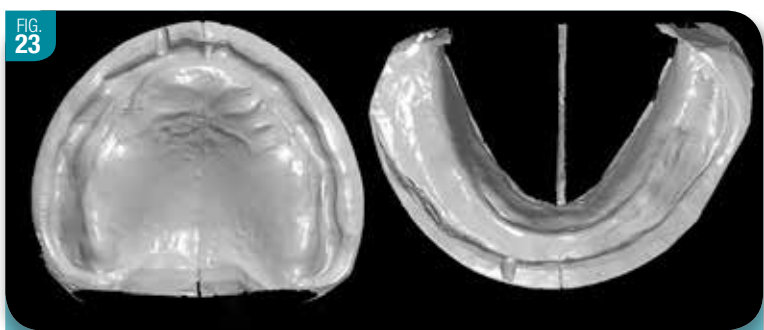


Fig. 23. Les deux modèles d'études maxillaires et mandibulaires scannés.

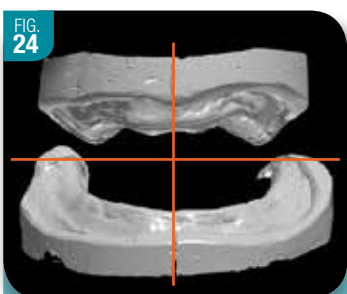


Fig. 24. Les modèles d'études montés virtuellement en relation intermaxillaire adéquate grâce aux guide radiologique R2 Stent



Fig. 19.20.21.22. Le plateau de montage permet le montage des dents prothétiques du commerce avec un plan d'occlusion parallèle au plan de Camper. Ensuite les dents mandibulaires sont ensuite montées, les sphères de Manson permettent de vérifier l'orientation 3D correcte du montage mandibulaire, ainsi que le respect des courbes occlusales (courbes de Wilson et Spee). Un scanner de laboratoire permet d'acquérir le fichier STL du montage maxillaire, mandibulaire ainsi que les deux arcs en occlusion.



Fig. 25. Le wax-up scanné. Noter qu'il n'est pas nécessaire de monter toutes dents sur les modèles



Fig. 26. Le wax-up scanné permet de guider la modélisation et le positionnement correcte des dents prothétique virtuellement



Fig. 27. Vue frontale du projet prothétique virtuel signalé numériquement.



Fig. 28. Vue occlusale de ldu projet prothétique numérique maxillaire



Fig. 29. Vue occlusale de ldu projet prothétique numérique mandibulaire

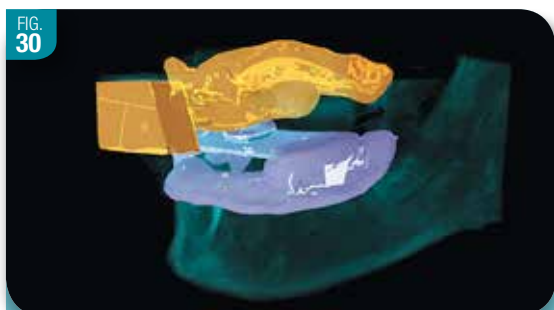


Fig. 30. Acquisition volumétrique Cone Beam avec le guide radiologique R2Stent en place. Le repère radiopaque frontal permet de superposer sur l'interface du logiciel de planification R2 Gate deux images de nature différentes: le volume osseux en DICOM et le modèle d'étude numérisé en STL

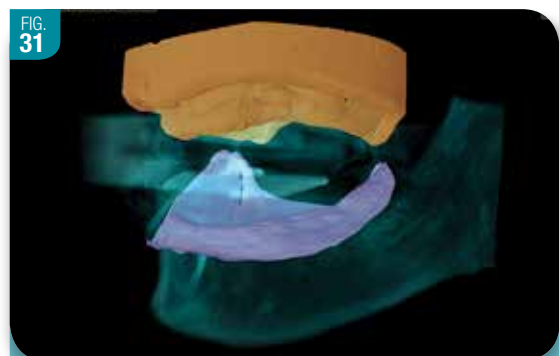


Fig. 31. L'image finale de la situation clinique virtuellement conçue: le volume osseux ainsi que les surfaces gingivales et muqueuses sont combinés sur la même interface: c'est un articulateur virtuel très précis

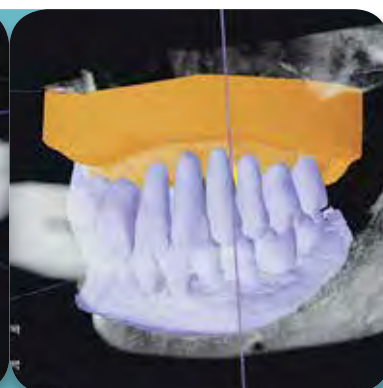


Fig. 32. L'interface du logiciel R2 Gate permet d'intégrer le projet prothétique dans l'image hybride combinant le volume osseux et gingival.

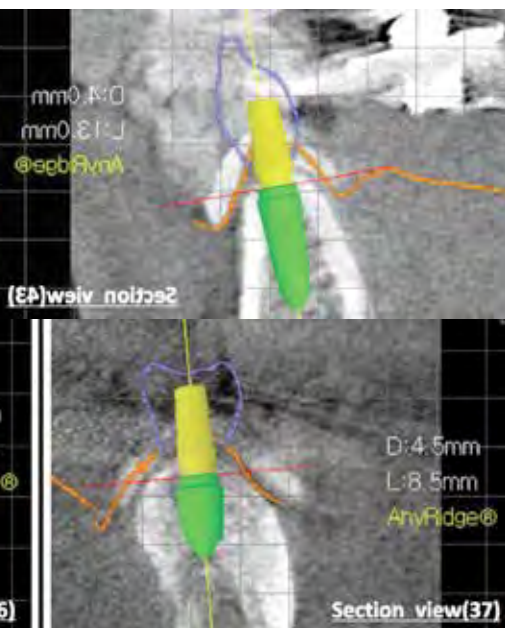
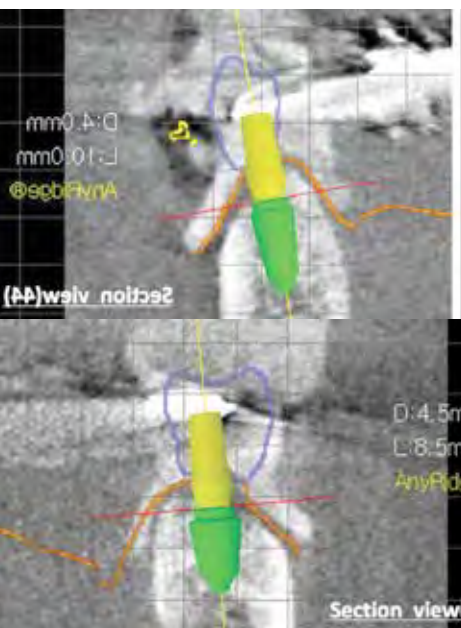
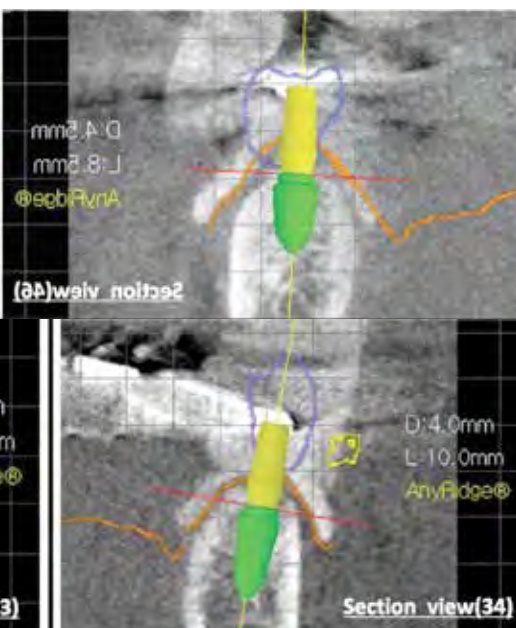
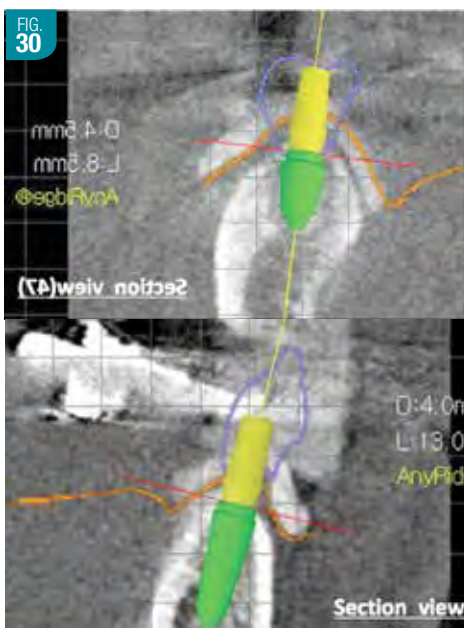


Fig. 33. Les reconstructions corales permettent de choisir la longueur et le diamètre des fixtures, ainsi que leurs orientations 3D en concordance avec le positionnement idéal des couronnes prothétiques. la distance entre l'intrados du guide radiologique radioopaque et le contour osseux objective l'épaisseur des tissus mous dans chaque site, ce qui permet de faciliter le design de la partie transgingivale des piliers implantaire personnalisés

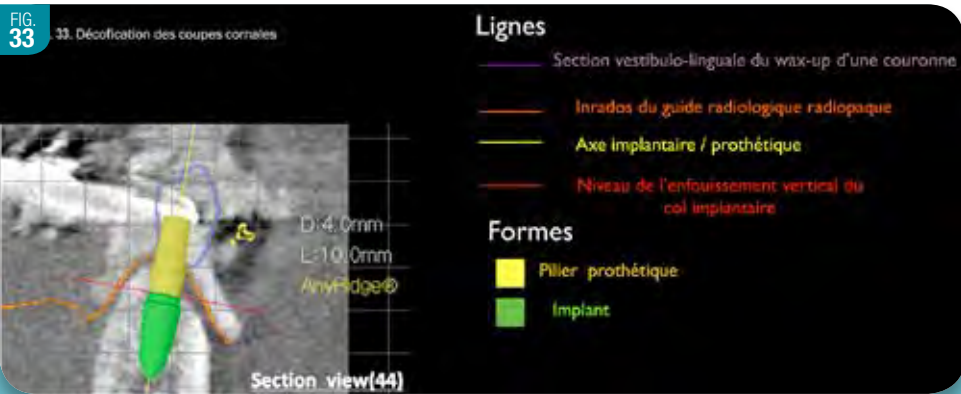


Fig. 33. Découpe des coupes coronales

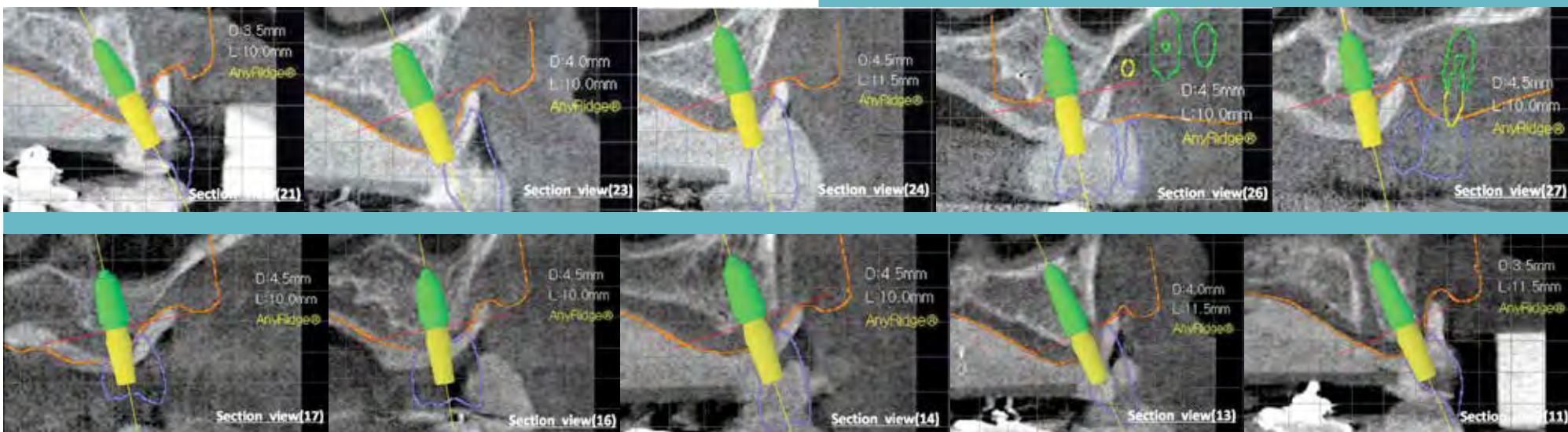
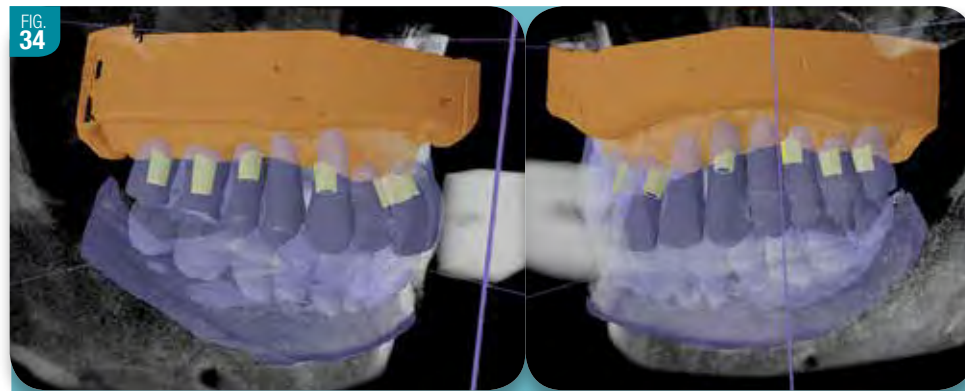


Fig. 34. Détails du projet chirurgical et prothétiques virtuels au maxillaire.

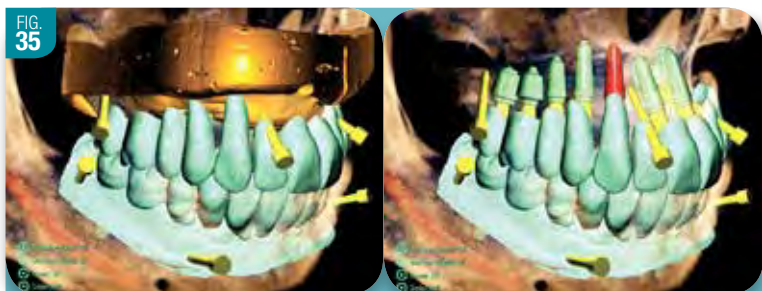


Fig. 35. Vérification finale de l'absence d'interférences entre les implants et de l'émergence du profil implantaire en rapport avec le projet prothétique. A ce stade le positionnement des clavettes de rétention est planifié.

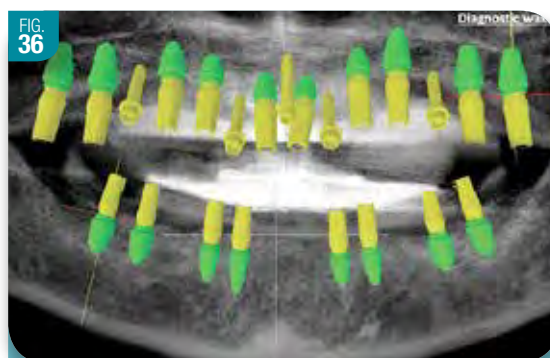


Fig. 36. Vue panoramique de la planification virtuelle finale

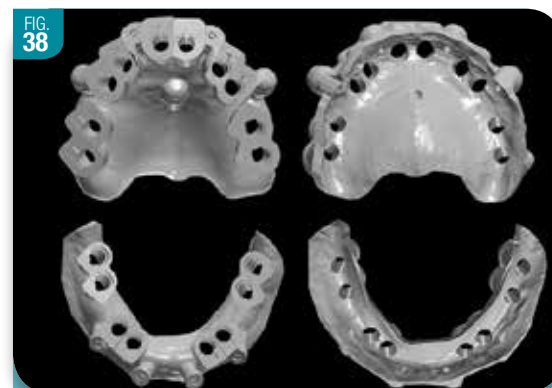


Fig. 38. Vues de l'extrados et l'intrados des guides chirurgicaux muco-portés numériques. Le fichier STL de ces guides est imprimé dans une imprimante 3D avec un matériau de stabilité dimensionnelle respectable.

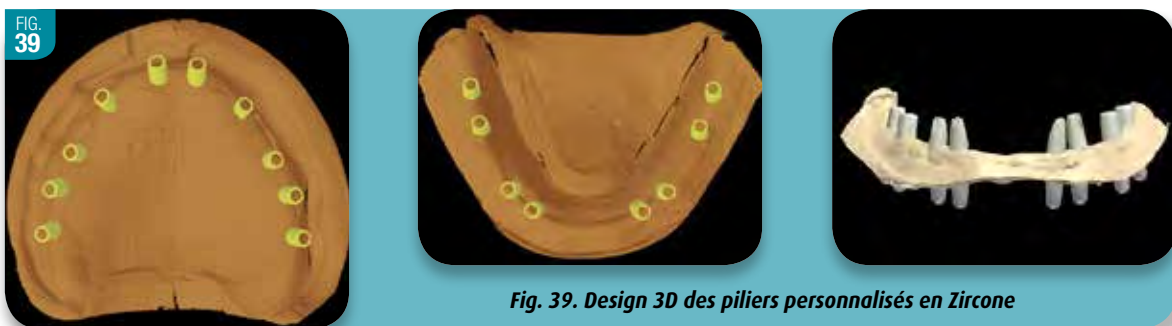


Fig. 39. Design 3D des piliers personnalisés en Zirconium

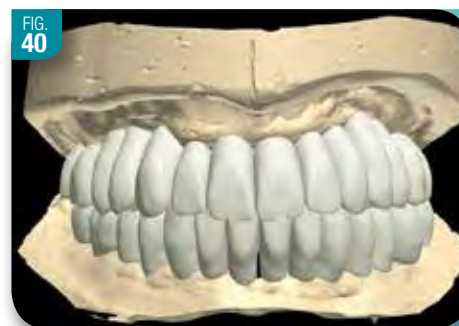


Fig. 40. Design 3D des couronnes provisoires



Fig. 41. Guides chirurgicaux muco-portés après impression 3D. Le guide mandibulaire est renforcé par endroits avec de la résine photopolymérisable afin d'éviter toute fracture durant l'acte chirurgical



Fig. 42. Couronnes provisoires en PMMA avec les piliers CAD/CAM dont la partie trans-gingivale est en Zirconium et la connectique en Titane (Pilier hybride)

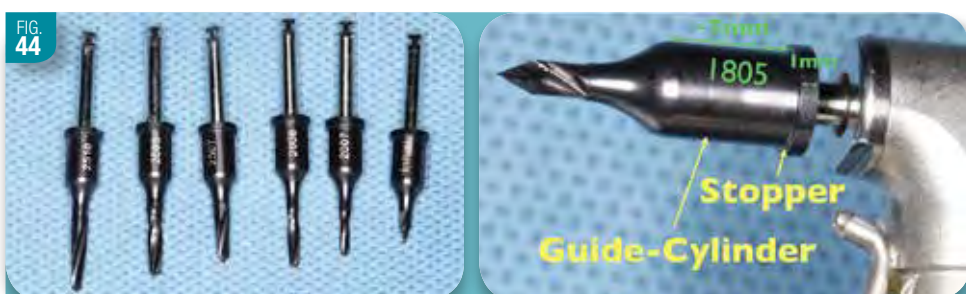


Fig. 44. La particularité du design des guides «R2 surgical guide» est que la partie active des forets n'entre pas en contact avec les canons de forage du guide, mais plutôt la partie supérieure des forets en forme de cylindre qui est guidée lors du forage. Les forets du kit chirurgical «R2 surgical kit» présentent tous un stop qui contrôle l'enfoncement vertical des forets lors de la préparations des lits implantaires.

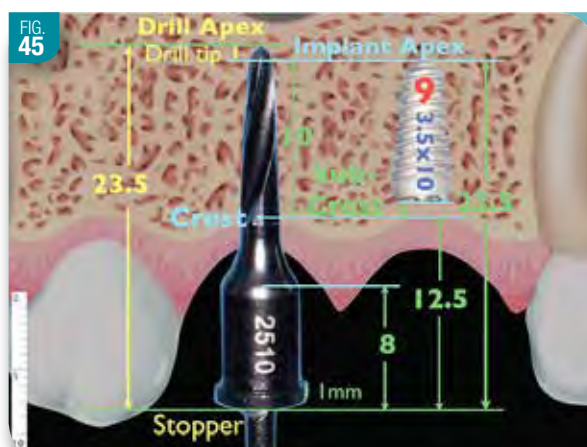


Fig. 45. Le design de la profondeur des canons du guide chirurgical en regard des sites implantaires prend en considération l'enfoncement vertical des cols implantaires, qui doivent être positionnés à 1-1,5 mm en sous-crestal



Fig. 46. Les canons de forage du guide chirurgical présentent une butée d'enfoncement ainsi qu'un event vestibulaire.



Fig. 47.48.49.50. L'instrument de pose des fixtures du kit «R2 Stent» permet de visser directement l'implant, et présente un marquage laser horizontal noir qui doit être placé à ras avec le début du canon de forage, ainsi que des bandes verticales vertes qui permettent de positionner un des méplats de l'hexagone de la connexion de l'implant en vestibulaire.

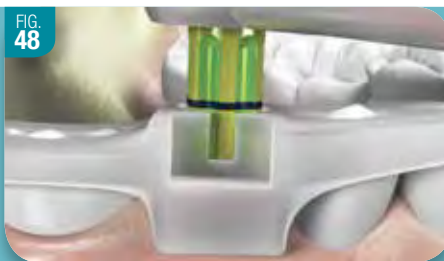


Fig. 51. Le positionnement correct des guides chirurgicaux est effectué grâce à une clé en silicone lourd. L'immobilisation des guides est assurée par des clavettes latérales.



Fig. 52. Chirurgie de pose «flapless» des implants mandibulaires



Fig. 53. Vue occlusal mandibulaire après la pose des implants et la dépose du guide chirurgical.

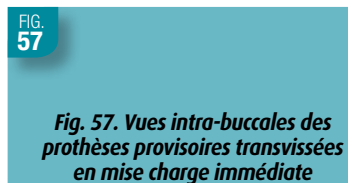


Fig. 54. Radiographie panoramique de contrôle après la pose des implants mandibulaires



Fig. 55. Chirurgie de pose «flapless» des implants mandibulaires



Fig. 56. Vue occlusal maxillaire après la pose des implants et la dépose du guide chirurgical.



Fig. 58. Radiographie panoramique de contrôle après la pose des prothèses provisoires

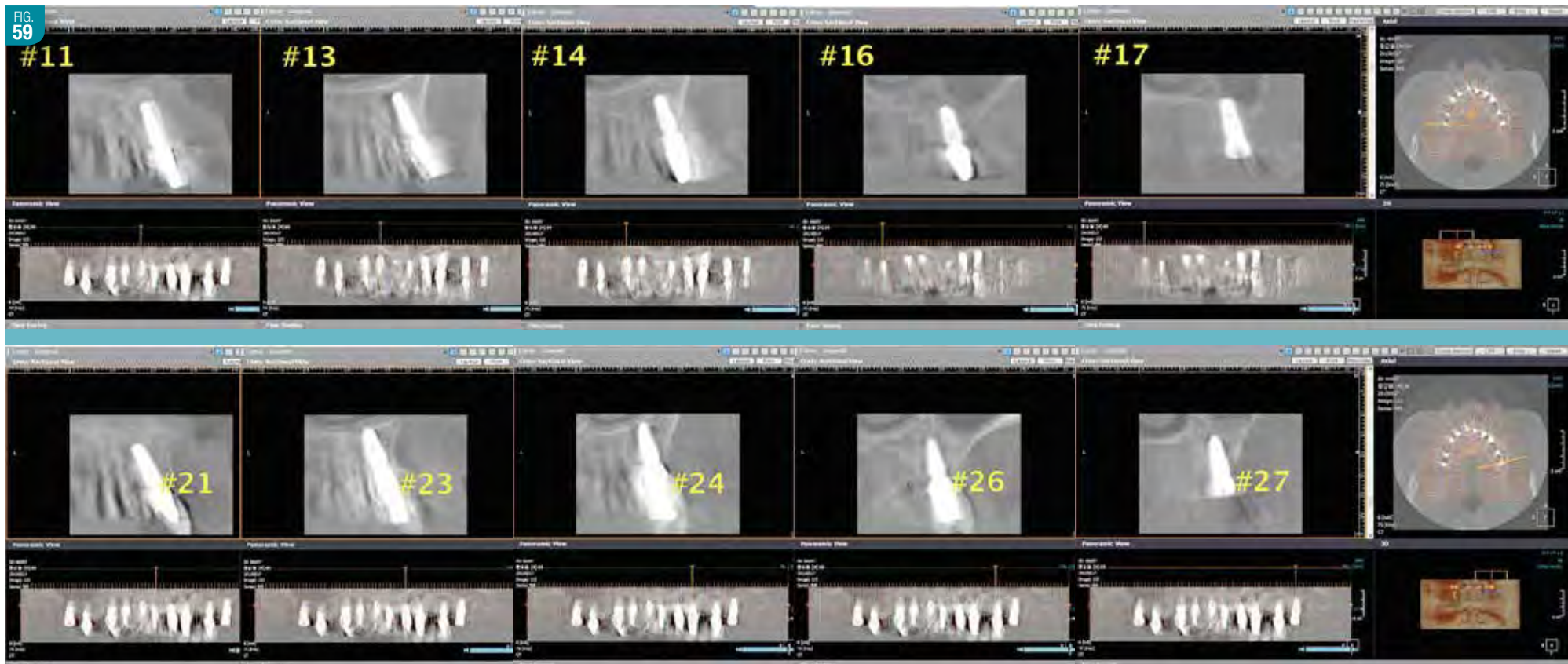


Fig. 59. Cone Beam post-opératoire: sections coronales des différents implants maxillaires

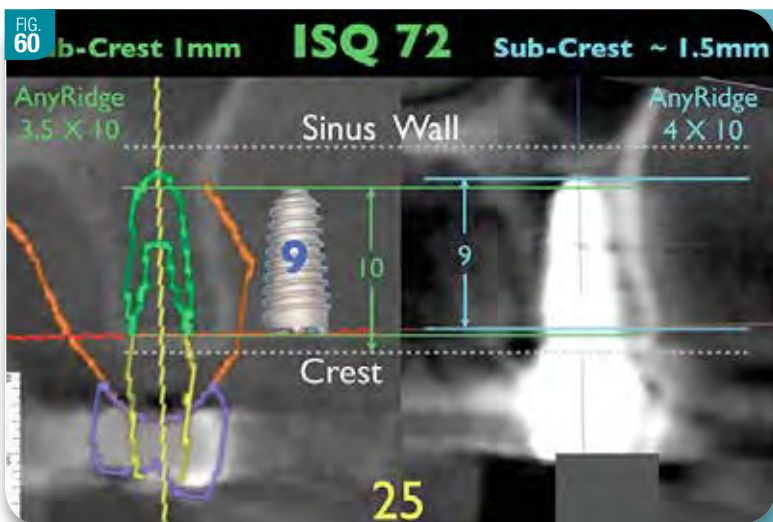


Fig. 60. Concordance entre la planification virtuelle et une reconstruction coronale issue du Cone Beam postopératoire

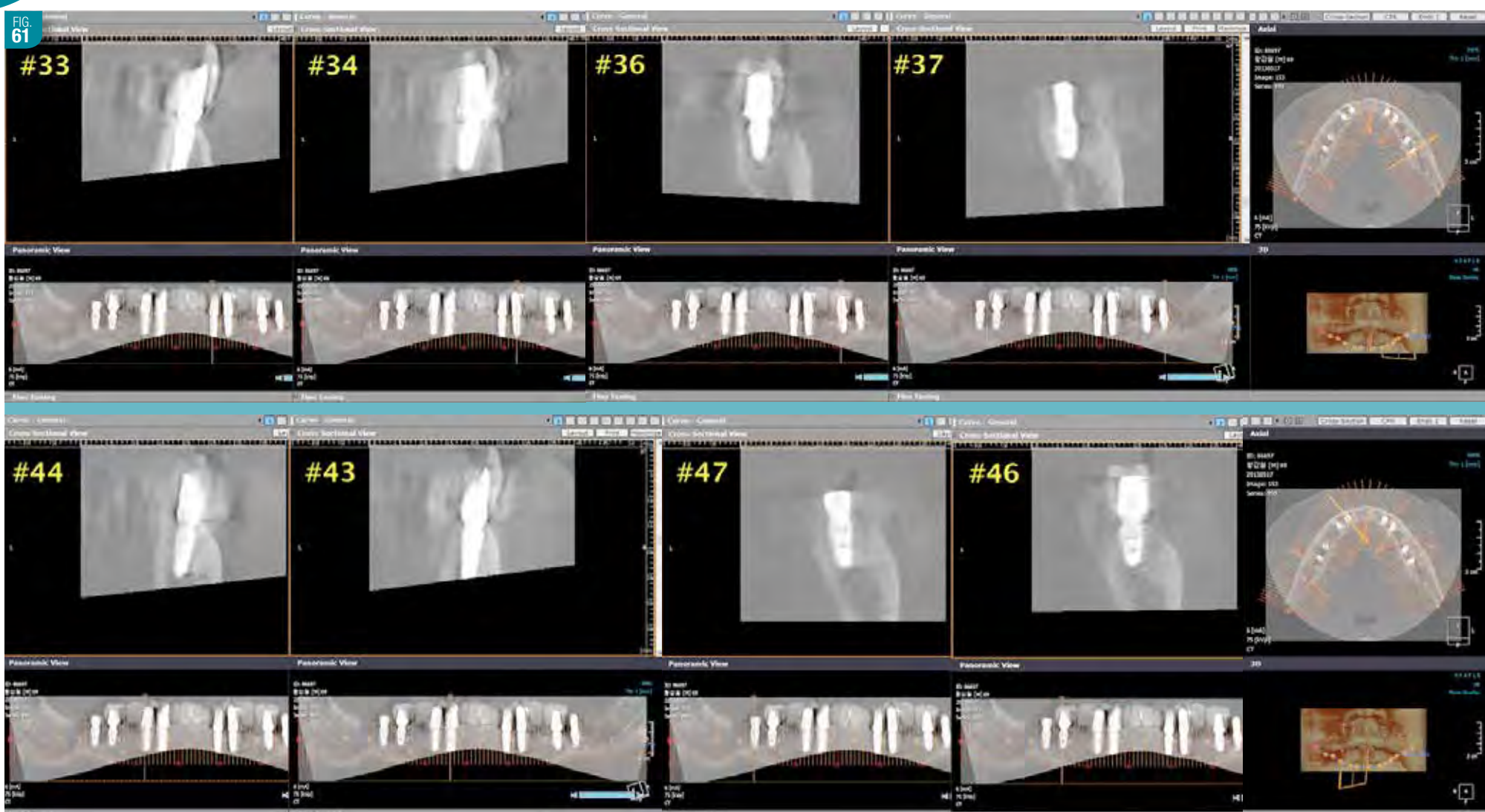


Fig. 61. Cone Beam post-opératoire: sections cornales des différents implants mandibulaires



Fig. 62. Photographie intra-buccale des prothèses provisoires à 1 mois post-chirurgical



Fig. 66. Radiographie panoramique de contrôle après la pose des prothèses d'usage

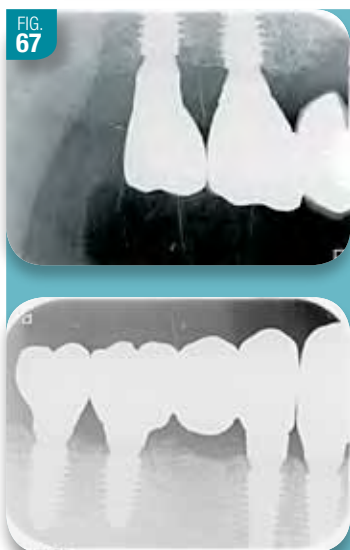


Fig. 67. Radiographies rétro-alvéolaires à un an post-opératoire. Noter la stabilité de l'os crestal péri-implantaire.



Fig. 63. Vues intra-buccales des prothèses d'usage placées au 3<sup>ème</sup> mois post-opératoire



Fig. 65. Analyse céphalométrique après pose des prothèses définitives.

## Conclusion

Les avantages de la planification préopératoire numérique sont alors :

- Visualisation tridimensionnelle détaillée de la morphologie osseuse.
- Résultats fiables grâce au positionnement optimal et à l'insertion précise des implants.
- Flexibilité augmentée et relation entre le dentiste et le laboratoire renforcée par la fabrication sur place du guide chirurgical.
- Meilleure communication concernant le plan de traitement, ce qui contribue à instaurer une relation de confiance avec le patient.
- Invasion et trauma à minima de la procédure chirurgicale et de la satisfaction du patient dans la rapidité d'exécution et les moindres suites post-opératoires

## Références

- 1- Viegas, V.N., Dutra, V., Pagnoncelli, R.M. & de Oliveira, M.G. (2010). Transference of virtual planning and planning over biomedical prototypes for dental implant placement using guided surgery. Clin Oral Implants Res, 2010, (21) 3 : 290-295.
- 2- Suomalainen, A., Vehmas, T., Korttinen, M., Robinson, S. & Peltola, J. (2008). Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multi-slice computed tomography. Dento-Maxillofac Radiol, 2008 ; 37, 10-17.
- 3- Schneider, D., Marquardt, P., Zvahlen, M. & Jung, R.E. 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.
- 4- Sanna, A.M., Molloy, L. & van Steenberghe, D. Immediately loaded CAD-CAM manufactured fixed complete dentures using flapless implant placement procedures - a cohort study of consecutive patients. J Prosthetic Dent, 2007, (97), 6 : 331-339.
- 5- Tahmaseb A, De Clerck R, Aartman I, Wismeijer D. Digital protocol for reference-based guided surgery and immediate loading : a prospective clinical study. Int J Oral Maxillofac Implants, 2012, (27) ; 5 : 1258-70.
- 6- Pomares C. A retrospective study of edentulous patients rehabilitated according to the 'all-on-four' or the 'all-on-six' immediate function concept using flapless computer-guided implant surgery. Eur J Oral Implantol, 2010 (3), 2 : 155-63.

DR KWANG BUM PARK  
(CORÉE DU SUD)



Diplômé de l'Ecole Dentaire de l'Université Kyung Pook.  
Professeur de l'Ecole Dentaire de Kyung Pook.  
Spécialiste en Parodontologie et en Implantologie  
Membre de différentes sociétés internationales de Parodontologie  
Membre de la Harvard School of Dental Medicine.  
Directeur de la Daegu MIR Dental Hospital.  
Conférencier de renommée internationale.

DR JONG CHEOL KIM  
(CORÉE DU SUD)



Diplômé de l'Université Nationale de Chunnam.  
Professeur associé à l'Ecole Dentaire de Chunnam.  
Enseigne à l'Association Dentaire Coréenne.  
Directeur du MINEC Institute.  
Membre de l'Académie Coréenne de Parodontologie.  
Exerce dans sa clinique de Mokpo Mir.