

# Intérêt de la CFAO en implantologie orale



**Patrice Margossian**  
MCU  
Département de Prothèse  
Faculté d'Odontologie  
de Marseille



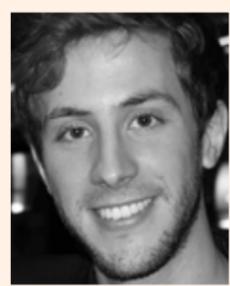
**Gerald Maille**  
Ancien Assistant  
Département de Prothèse  
Faculté d'Odontologie  
de Marseille



**Stephen Koubi**  
MCU, Département  
d'Odontologie conservatrice  
Faculté d'Odontologie  
de Marseille



**Eric Loyer**  
Assistant  
Département de Prothèse  
Faculté d'Odontologie  
de Marseille



**Adrien Sette**  
Attaché d'enseignement  
Département de Prothèse  
Faculté d'Odontologie  
de Marseille



**Gilles Laborde**  
MCU  
Département de Prothèse  
Faculté d'Odontologie  
de Marseille

L'odontologie prothétique est depuis plusieurs années dans sa mutation numérique. L'implantologie et la prothèse sur implants suivent bien entendu le même processus.

Cette révolution a commencé par l'arrivée dans nos laboratoires des techniques de CFAO qui se sont progressivement substituées aux techniques artisanales. Ces données numériques permettent de réaliser des pièces prothétiques usinées sur différents types de matériaux (métal, céramique, résine) avec une précision et une fiabilité supérieures à la méthode conventionnelle. La CFAO n'est pas juste une nouvelle mise en œuvre, elle a également permis de faciliter la conception des infrastructures prothétiques tout en garantissant une précision d'adaptation optimale. Dans le domaine de l'implantologie, cette révolution a

débuté au début des années 90 grâce aux travaux de Matt Andersson qui réalisa des piliers anatomiques personnalisés, issus du scannage mécanique d'une maquette en résine (Nobel Procera). Plus récemment, les palpeurs mécaniques ont laissé la place au scanner optique garantissant un enregistrement plus simple et plus précis des indexations implantaire (fig. 1). L'étendue des domaines d'application de la CFAO en implantologie est immense, allant de la réalisation simple d'un pilier anatomique à celle, plus complexe, de grandes barres usinées destinées aux réhabilitations de l'édentement complet. La CFAO ne se limite pas à la réalisation d'infrastructures prothétiques au sein des laboratoires de prothèse. En effet, l'avancée technologique des dix dernières années dans le domaine des empreintes optiques intrabuccales a permis d'accéder à un usage implantaire [1]. La réalisation d'empreintes optiques sur implants permet d'obtenir une chaîne totalement numérique évitant les erreurs relatives à la prise d'empreinte conventionnelle, la coulée du modèle de travail et la chaîne métallurgique.

La numérisation de la dentisterie a également ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine du diagnostic et de la planification. Il est en effet d'ores et déjà possible de superposer des données d'imagerie et de CAO (Conception Assistée par Ordinateur), créant ainsi un véritable trait d'union entre le domaine chirurgical et le domaine prothétique [2]. Ce qui suit a donc pour objet, au travers de différentes applications cliniques, de nous faire voyager dans le monde de l'implantologie numérique.

## Édentement intercalaire : restauration scellée sur 2 implants mandibulaires en position de 45 et 46.

Il s'agit d'une situation très classique de 2 implants intercalaires en sites de 45 et 46. Une option de prothèse scellée a été ici retenue pour optimiser l'intégration fonctionnelle et esthétique des tables occlusales. Une empreinte conventionnelle est prise en technique porte-empreinte ouvert avec un matériau polyéther. Deux piliers anatomiques en titane (Nobel Procera) et une armature en chrome-cobalt (CrCb) sont commandés au laboratoire (fig. 2 et 3). L'utilisation du logiciel de CAO permet une mise en forme simple et rapide du design des piliers.

1. Scanner optique de laboratoire Procera 2G (Nobel Biocare).
2. Réalisation de 2 piliers anatomiques en titane (Procera).
3. Armature usinée en CrCb (Procera) sur les piliers anatomiques.



Dans le même temps, une armature est modélisée sur les piliers. Il est possible en temps réel, grâce à ces logiciels, de superposer en transparence le projet thérapeutique final en 3D sur l'armature, ce qui se révèle une aide précieuse dans la réalisation des formes de contour adaptées au soutien du futur matériau cosmétique. Il est de même très intéressant de pouvoir mesurer en toutes zones les épaisseurs de matériau afin de garantir la stabilité mécanique à long terme de la reconstruction. À cet effet, des sécurités préenregistrées dans



4. Essai clinique des piliers anatomiques, validation du niveau des limites cervicales et de la compression muqueuse.

5a. Validation radiologique et contrôle de la passivité de l'armature.

5b. Situation clinique finale.



les logiciels permettent de respecter les épaisseurs minimales préconisées par l'industriel.

Il faut noter au niveau de la conception des piliers que le positionnement des limites cervicales et les formes de contour transgingivales sont optimisés pour assurer un parfait soutien de la muqueuse péri-implantaire et une élimination aisée des excès de ciment (fig. 4). L'ensemble de ces pièces est essayé cliniquement afin de valider la parfaite passivité de l'armature (fig. 5a) et d'effectuer l'enregistrement de l'occlusion. L'armature, une fois céramisée par le prothésiste, est scellée de manière conventionnelle et un grand soin est porté à l'élimination des excès de ciment (fig. 5b). L'utilisation de piliers et d'armatures usinées par CFAO permet de s'affranchir des problèmes liés à la métallurgie conventionnelle dans les laboratoires de prothèse. Ainsi, grâce à la CFAO, la passivité des armatures supra-implantaires devient moins opérateur-dépendant et offre donc au plus grand nombre la précision d'adaptation nécessaire à la réalisation de prothèses supra-implantaires.

### Édentement terminal : restauration transvissée sur 3 implants

Ici, nous pouvons totalement transposer le discours du cas précédent au cas d'une restauration transvissée sur pilier implantaire (ici, pilier Multi Unit Abutment de Nobel Biocare). Avec les mêmes fonctionnalités de logiciel, il est possible d'usiner une armature totalement passive avec des formes garantissant un parfait soutien du matériau céramique. L'utilisation d'alliages précieux recommandée pour la conception d'armatures par la technique artisanale devient dans ce cas obsolète, car l'usinage permet d'obtenir des pièces prothétiques parfaitement adaptées quel que soit le type de matériau.

Trois matériaux sont disponibles pour ce type de restauration : la zircone [3] (fig. 6, 7 et 8), le titane, le CrCb (fig. 9, 10 et 11).

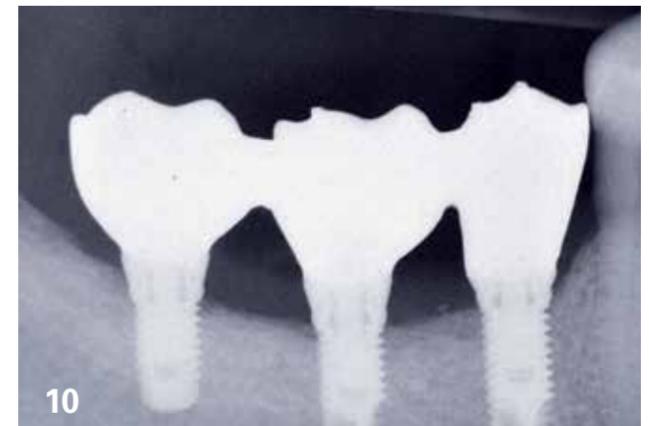
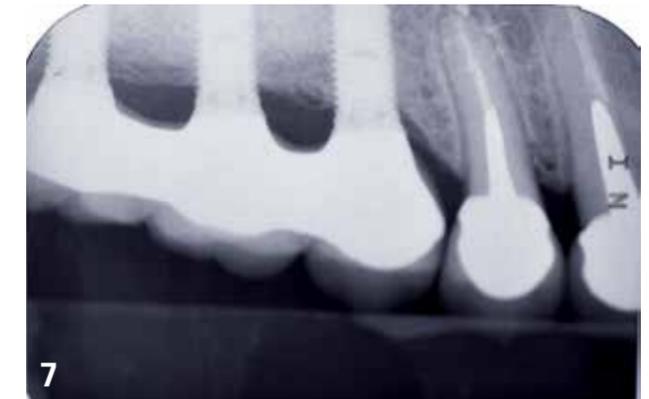
La prothèse transvissée permet en plus de se dédouaner de la gestion des excès de ciment et garantit une dépose facile en cas de besoin. La CFAO est donc, dans ce type de situation, une aide indiscutable quant à la fiabilité de réalisation de la procédure prothétique.



6. Armature transvissée zircone sur MUA (Procera).

7. Validation radiologique et contrôle de la passivité de l'armature.

8. Situation clinique céramique stratifiée.



9. Armature transvissée Cr-Co sur MUA (ZFX, Zimmer).

10. Validation radiologique et contrôle de la passivité de l'armature.

11. Situation clinique céramique stratifiée.



## Édentement antérieur: bridge transvissé direct implant

Dans le secteur antérieur, l'utilisation de systèmes tout céramique est fortement recommandée du point de vue biologique, mais surtout optique. En effet, la transmission de la lumière au niveau coronaire, comme dans la zone transmuqueuse, permet d'éviter l'effet grisé lié à la présence d'une armature métallique et potentialise donc l'intégration esthétique. Grâce à l'utilisation d'implants à connectique externe, il est possible de réaliser de petits bridges transvissés en zircone directement sur des implants multiples. La situation clinique montre un bridge de 12 à 22 réalisé après une extraction-implantation immédiate des 4 incisives maxillaires. La mise en place d'un provisoire immédiat, associée à des techniques de chirurgie mucco-gingivale, a permis un bon modelage des tissus mous péri-implantaires (fig. 12 et 13). Les formes de contour de l'armature du bridge en zircone correspondent à une réduction homothétique du projet prothétique, afin de garantir ici aussi un bon soutien de la céramique cosmétique (fig. 14 et 15). De même, en accord avec les recommandations actuelles de la communauté scientifique [4], il est important de créer des formes concaves dans la zone transgingivale vestibulaire. L'utilisation de logiciels de CFAO permet de générer facilement ces formes, tout en restant dans les épaisseurs minimales de matériau afin de ne pas risquer la fracture mécanique de l'armature (fig. 16). L'association du matériau céramique avec la mise en œuvre CFAO augmente la prédictibilité du résultat sans toutefois minimiser le talent de stratification du céramiste, lequel conditionne grandement le rendu esthétique de la restauration finale (fig. 17 et 18).

## Édentement total

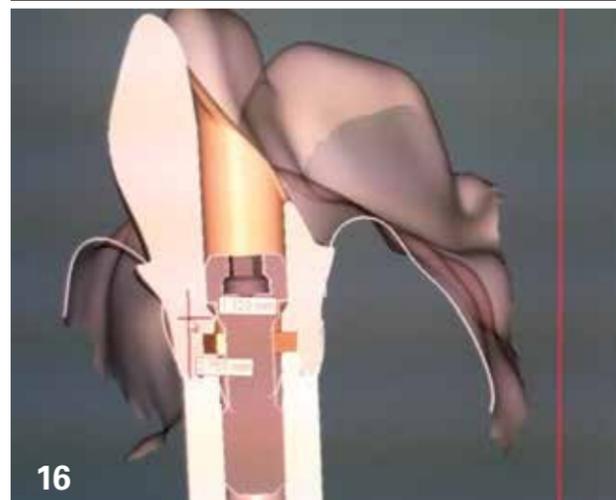
Les armatures de prothèses ostéo-ancrées ont toujours été, de par leur étendue, un défi technique pour les prothésistes dentaires. En effet, dans une technique de coulée d'alliage conventionnelle, plus une restauration est grande, plus sa passivité est susceptible d'être compromise, nécessitant fréquemment de recourir à des soudures primaires.

12 et 13. Modelage muqueux péri-implantaire.

14. Modélisation 3D de l'armature zircone direct implant (Procera).

15. Essayage clinique de l'armature.

16. Visualisation logicielle de section d'armature, matérialisant les épaisseurs des matériaux.



17. Intrados de l'armature céramisée.

18. Situation clinique finale.

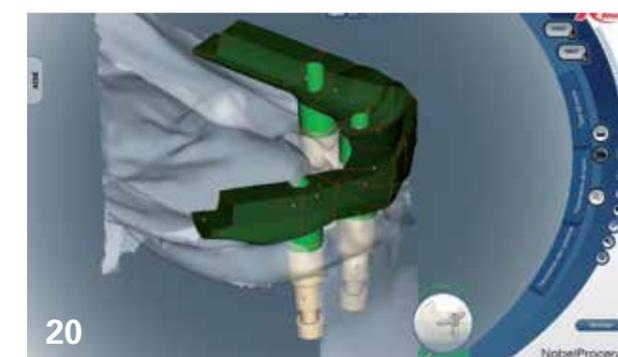
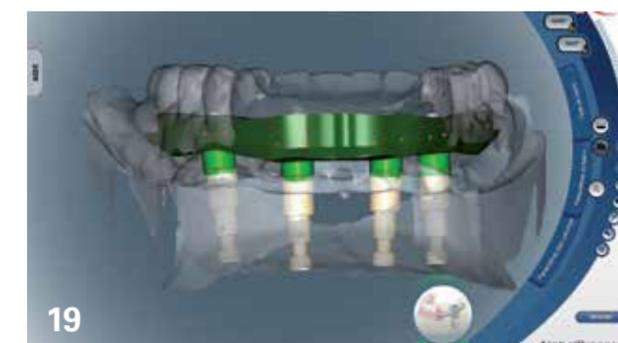
19. Superposition du montage des dents prothétiques avec celles de la modélisation de l'armature (Procera).

20. Forme d'armature en L pour soutenir la résine cosmétique.

21 et 22. Validation de l'armature en titane sur le modèle et en bouche.

23. Situation clinique finale.

24. Pilier de cicatrisation implantaire transcodé Encode (Biomet 3i).



L'arrivée de la CFAO a permis l'usinage de grands blocs de titane, assurant une parfaite adaptation des infrastructures pour un coût et un poids réduits comparés à ceux engendrés par les techniques conventionnelles de coulées en alliages précieux [5]. Une approche numérique à l'aide du logiciel permet, par double scannage ici aussi, la superposition du montage des dents prothétique avec celles de la modélisation de l'armature (fig. 19). Comme en technique céramo-métallique, il est capital que le matériau cosmétique en résine (dent et fausse gencive) soit parfaitement soutenu par l'armature, afin d'éviter toute rupture mécanique lors de la mastication. De même, les sections d'armature sont calculées en fonction du matériau sélectionné afin de garantir l'intégrité mécanique à long terme de la prothèse. Sur ce type de restaurations, les empreintes en plâtre font référence, en raison de leur excellente stabilité dimensionnelle et de leur grande rigidité [6]. Le modèle sera alors scanné nu, puis avec le montage. Le logiciel de CAO offre une aide précieuse à la modélisation, en proposant différentes formes d'armature et de finition (intrados titane ou résine, différentes formes de secteur en T ou en L (fig. 20). La passivité est d'abord vérifiée sur le modèle, puis validée cliniquement (fig. 21 et 22). La finition cosmétique sera alors finalisée (fig. 23).



## Empreinte optique intrabuccale implantaire

Après avoir envahi les laboratoires de prothèse, la mutation numérique a poursuivi sa progression jusqu'au sein de nos cabinets. Initialement réservée aux restaurations partielles et unitaires dento-portées, elle a bénéficié de nombreuses évolutions technologiques et s'applique désormais aux restaurations multiples et aux supports implantaires. Il est en effet aujourd'hui possible d'enregistrer, via un capteur optique, la position d'implants dentaires et de commander la restauration prothétique au laboratoire. Une grande majorité des systèmes d'empreinte optique disponibles aujourd'hui sur le marché offrent cette possibilité [7] (Cerec, 3shape, ZFX...). Il faut toutefois préciser qu'à ce jour, seules les restaurations de petite étendue sont envisageables et ce en restauration de type scellé dans la majorité des cas.

La prise d'empreinte optique d'un implant est dans les faits plus simple que la prise d'empreinte optique d'une préparation sur dent naturelle. Dans le cas des implants en effet, il n'y a pas de zone spécifique telle que la limite cervicale ou le profil d'émergence radiculaire, particulièrement difficiles à enregis-



25. Empreinte optique intrabuccale (LavaCOS, 3M ESPE).

26. Modélisation des arcades et mise en occlusion.

27. Modèle stéréolithographique (Lava).

28. Stratification céramique de l'armature et réglage de

trer de par leur position juxta ou infragingivale. Avec l'implantologie, l'empreinte optique a donc une indication toute trouvée, mais l'absence de jeu desmodontal nécessite une précision d'enregistrement et d'usinage supérieure.

L'indexation de la position de l'implant se fait grâce à la mise en place d'un scanbody sur la tête de l'implant, permettant la localisation de son positionnement spatial. Seul le système implantaire Biomet 3i propose à ce jour une indexation directe sur le pilier de cicatrisation grâce à un encodage spécifique [8] (Système Encode) (fig. 24). L'empreinte optique permet d'avoir une chaîne totalement numérique, évitant ainsi toutes les erreurs liées aux variations dimensionnelles des matériaux d'empreinte et de réplique. L'obtention d'un modèle physique reste toutefois nécessaire à la réalisation de la stratification cosmétique des restaurations. Ces modèles sont réalisés la plupart du temps par des techniques stéréo-lithographique.

En fonction du système utilisé, un poudrage de la zone d'enregistrement est nécessaire afin de limiter les phénomènes de réflexion lumineuse. Trois enregistrements sont nécessaires: arcade maxillaire, arcade mandibulaire, arcades en occlusion (fig. 25 et 26). Ces données numériques sont transférées via Internet vers le laboratoire de prothèse qui va modéliser les piliers et l'armature [9]. Le modèle stéréo-lithographique inclut la forme des piliers anatomiques modélisés par le prothésiste, sur lesquels va venir se positionner l'armature (fig. 27).



l'occlusion sur le modèle CFAO.

29 et 30. Situation clinique finale.

31. Mise en place du scanpost sur l'implant et empreinte optique (Cerec Omnicam, Sirona).

32. Modélisation de la coiffe monobloc transvissée (Cerec Omnicam).

33. Situation clinique finale.

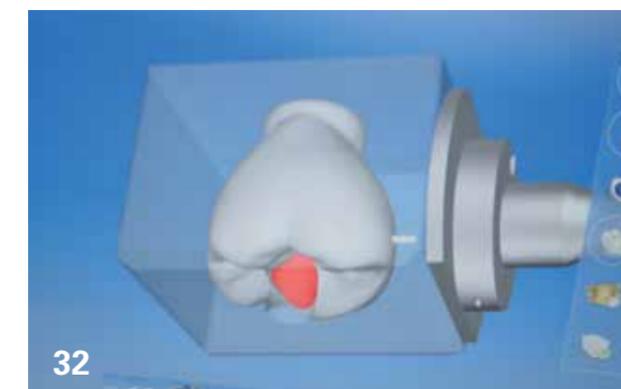
34. Situation radiologique initiale, montrant la concavité

Il sera bien entendu envisageable, dans un avenir très proche, d'avoir des modèles avec inclusion de répliques de piliers transvissés implantaires afin de positionner des armatures pour prothèses transvissées. Il faut garder à l'esprit que dans ce type de configuration, la précision est donnée par le fichier numérique et non par le modèle qui inclut obligatoirement, du fait de la procédure d'insertion des répliques, une erreur non négligeable. Voilà pourquoi nous émettons des réserves sur la procédure Encode lorsqu'elle est réalisée par l'intermédiaire d'une empreinte conventionnelle et non optique [10].

La validation de la passivation de l'armature reste toutefois cliniquement nécessaire. Une fois la stratification réalisée, les piliers seront vissés et la restauration scellée (fig. 28, 29 et 30).

Pour sa part, le système Cerec (Sirona) permet, en plus de cette version indirecte via le laboratoire, d'usiner la restauration directement dans le cabinet grâce à une petite unité d'usinage (Sirona MC-XL). Cet usinage se limite toutefois aux piliers anatomiques et aux coiffes unitaires monoblocs transvissés en céramique (disilicate de lithium). L'empreinte des arcades est prise ici sans poudrage (scanbody en place) et la modélisation est directement faite par le praticien avec l'assistance du logiciel (fig. 31 et 32).

La restauration peut être essayée avant cristallisation, afin d'optimiser les réglages de l'occlusion et des points de contact. Après sa cristallisation et





osseuse apicale.

son maquillage, la restauration en céramique sera collée sur une embase métallique. Enfin, la coiffe sera vissée ou scellée sur l'implant (fig. 33). Bien entendu, une voie indirecte par le laboratoire reste toujours possible grâce à l'envoi des fichiers par Internet.

## Jumelage des données d'imagerie et de prothèse

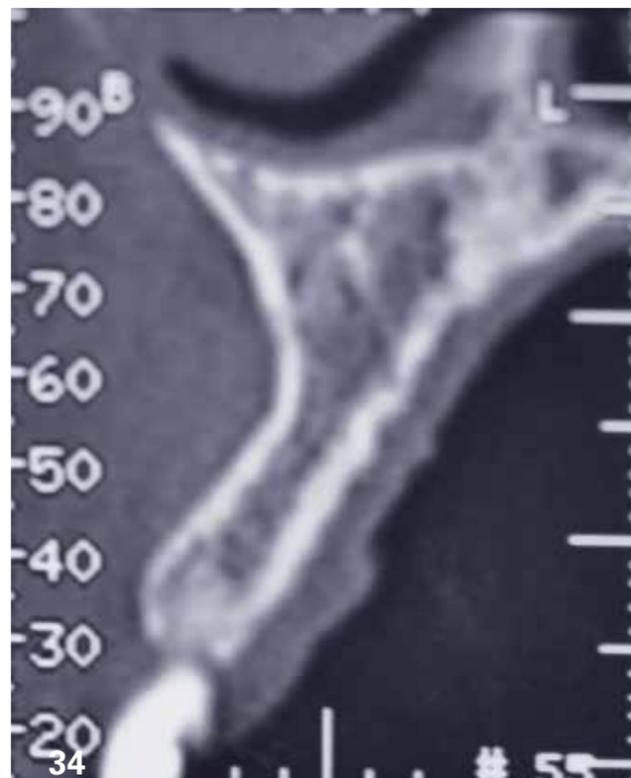
La réussite d'un traitement implantaire est essentiellement basée sur la mise en relation du projet prothétique avec le volume osseux du patient. L'incorporation directe du modèle (fichier STL) dans le fichier radio (fichier DICOM) permet une lecture directe de la faisabilité du traitement par l'adéquation des impératifs chirurgicaux et prothétiques. Le cas échéant, la nécessité de pratiquer une greffe osseuse afin d'optimiser la position des implants sera mise en évidence.

À ce stade, le projet de prothèse peut être issu d'une cire de diagnostic (wax up) physique sur le modèle comme d'une cire de diagnostic virtuelle modélisée sur le logiciel de CAO (NobelClinician (Nobel Biocare), Siplant (Materialise), Cerec Sirona). Une fois la planification réalisée, l'objectif de cette nouvelle approche est de réaliser un guide chirurgical permettant d'optimiser la position de l'implant pour réduire le risque d'erreur. Le cas clinique suivant illustre le remplacement d'une incisive latérale lactéale par un implant de petit diamètre (NobelActive NP). La situation initiale indique, du fait de la présence d'une concavité apicale marquée (fig. 34), la nécessité de réaliser une greffe osseuse d'apposition. Cette nouvelle configuration osseuse a pu être confrontée à notre

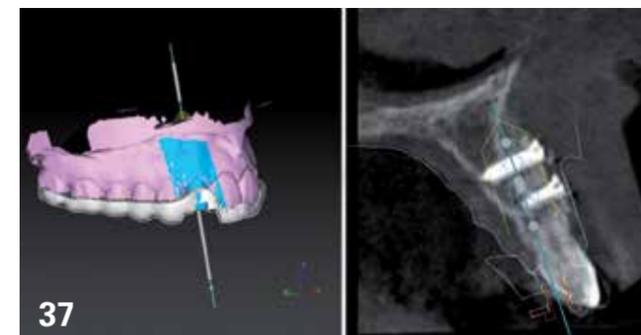
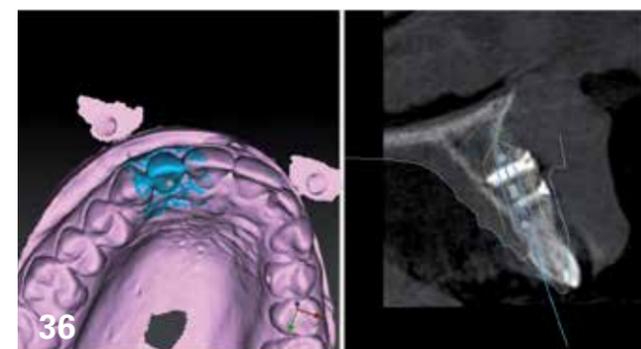
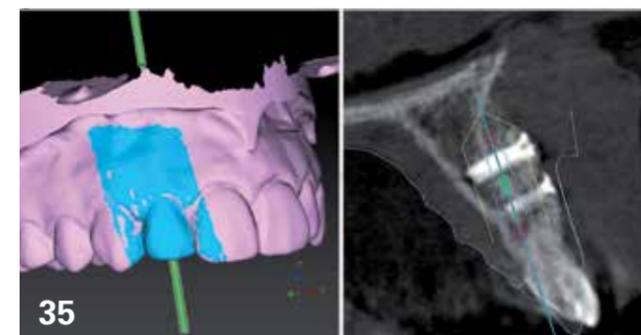
projet prothétique grâce à l'utilisation du logiciel NobelClinician (fig. 35). Nous avons ainsi pu réaliser l'extraction virtuelle de la 12 et voir l'impact positif de la greffe osseuse sur le volume tissulaire. La superposition du wax up permet de trouver la position 3D idéale de l'implant (fig. 36). Une fois la planification terminée, un guide chirurgical à appui dentaire peut être commandé pour sécuriser une chirurgie sans lambeau (fig. 37). Ce guidage sera plus ou moins directif en fonction de l'utilisation soit d'un guide pour foret de 2 mm, soit par un guidage jusqu'au foret terminal.

Le système Sirona propose quant à lui les mêmes fonctionnalités logicielles en ajoutant la possibilité d'intégrer le modèle 3D issu d'une empreinte optique intrabuccale. La modélisation du projet thérapeutique est faite ici grâce à l'interface Cerec, ce qui évite une étape de laboratoire pour les configurations les plus simples (fig. 38).

Cette nouvelle possibilité de jumelage des données radiologiques et de CAO n'est pas juste une fonction supplémentaire, c'est à notre sens un vrai bond en avant dans le diagnostic, l'analyse et le traitement implantaire.



34. Superposition des données radiologiques et prothétiques (NobelClinician).



35. Visualisation de la concordance entre l'axe prothétique idéal et le volume osseux (NobelClinician).

36. Visualisation du guide chirurgical à appuis dentaire (NobelClinician).

37. Superposition des données radiologiques et prothétiques (Sirona).

## Conclusion

La CFAO et l'outil numérique au sens large ont révolutionné la discipline implantaire depuis le diagnostic jusqu'à la réalisation des prothèses. Les évolutions dans ce domaine nous rapprochent chaque jour de la conception d'un patient virtuel. L'amélioration du diagnostic, tout comme l'établissement d'un projet thérapeutique global intégrant virtuellement l'ensemble des paramètres anatomiques, prothétiques, esthétiques et fonctionnels, sont de nature à nous confirmer que la numérisation de notre profession est un bienfait incontestable.

## bibliographie

- Joda T, Wittneben JG, Brägger U. Digital implant impressions with the "Individualized Scanbody Technique" for emergence profile support. *Clin Oral Implants Res* 2014 Mar; 25 (3): 395-397.
- Lee CY, Ganz SD, Wong N, Suzuki JB. Use of cone beam computed tomography and a laser intraoral scanner in virtual dental implant surgery. *Implant Dent* 2012 Aug; 21 (4): 265-271.
- Zaghoul HH, Younis JF. Marginal fit of implant-supported all-ceramic zirconia frameworks. *J Oral Implantol* 2013 Aug; 39 (4): 417-424.
- SU H, Lee E. Considerations of Implant Abutment and Crown Contour: Critical Contour and Subcritical Contour. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010 Aug; 30 (4): 335-343.
- Eliasson A, Wennerberg A, Johansson A, Ortorp A, Jemt T. The precision of fit of milled titanium implant frameworks (I-Bridge) in the edentulous jaw. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010 Jun 1; 12 (2): 81-90.
- Assif D1, Nissan J, Varsano I, Singer A. Accuracy of implant impression splinted techniques: effect of splinting material. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999 Nov-Dec; 14 (6): 885-888.
- Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clin. Oral Impl Res* 2013; 24; 111-115.
- Grossmann Y, Pasciuta M, Finger IM. A novel technique using a coded healing abutment for the fabrication of a CAD/CAM titanium abutment for an implant-supported restoration. *J Prosthet Dent* 2006 Mar; 95 (3): 258-261.
- Wei-Shao Lin, Bryan T. Harris, Dean Morton, The use of a scanable impression coping and digital impression technique to fabricate a customized anatomic abutment and zirconia restoration in the esthetic zone. *J Prosthet Dent* 2013; 109: 187-191.
- Howell KJ, McGlumphy EA, Drago C, Knapik G. Comparison of the accuracy of Biomet 3i Encode Robocast Technology and conventional implant impression techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013 Jan-Feb; 28 (1): 228-240.

Correspondance  
pm@patricemargossian.com

Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt relatif au sujet abordé.