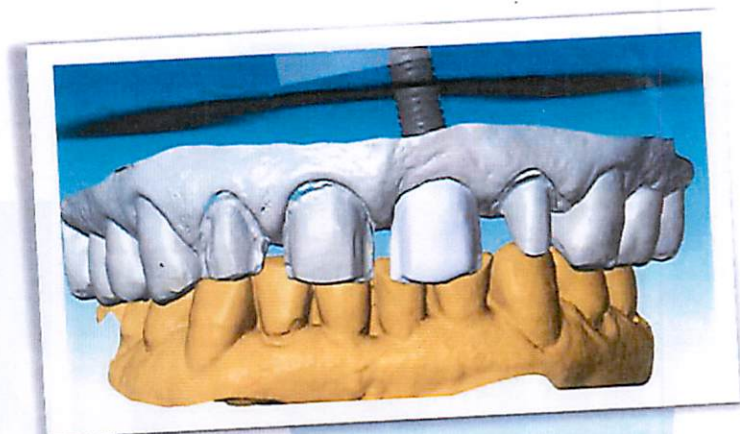


Utilisation de l'impression 3D dans le flux numérique prothétique



Les possibilités numériques dans le domaine de l'implantologie ne cessent de s'élargir. L'utilisation des techniques de fabrications additives par conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO), telles l'impression 3D, permet désormais de générer des modèles de travail issus de l'empreinte optique de plus en plus fiables, reproductibles et confortables pour les prothésistes.

Gary FINELLE

Post graduate d'implantologie orale,
Harvard School of Dental Medicine
Fellow ITI - Attaché hospitalier,
consultation esthétique (Bioteam Paris)
Hôpital Charles Foix, Ivry-sur-Seine

Asselin BONICHON

Prothésiste dentaire

La notion de « dentisterie numérique » a été introduite, à l'université d'odontologie de Lyon en 1973 par François Duret [1]. Il décrit alors précisément les fondements de la CFAO et du procédé de numérisation intra-orale qu'il définira par les termes « empreinte optique ». Depuis 30 ans, la CFAO en dentisterie s'est démocratisée dans les cabinets dentaires à travers les évolutions du système CEREC (*ceramic reconstruction*), premier système de CFAO directe commercialisé en dentisterie. La CFAO directe offre aux cliniciens la possibilité de générer des éléments prothétiques directement modélisés et usinés en interne au cabinet via une usineuse couplée au système d'empreinte.

Au cours des 10 dernières années, les avancées en matière de CFAO ont été considérables dans les laboratoires, en grande partie grâce aux scanners de table qui numérisent quotidiennement les modèles obtenus par les techniques d'empreinte traditionnelle. On parle alors de CFAO indirecte.

En implantologie, la nécessité d'avoir à

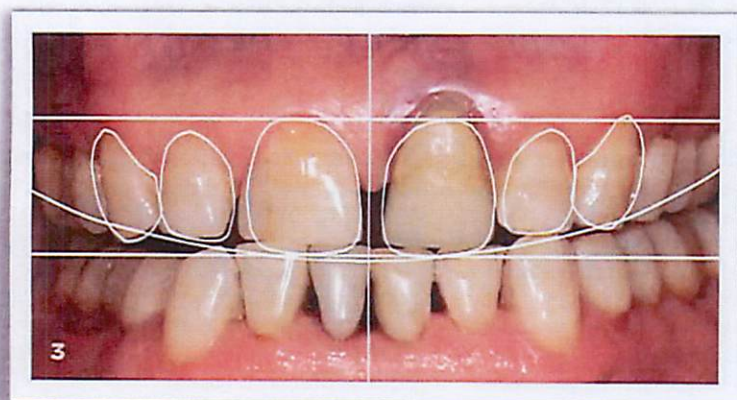
sa disposition des piliers implantaires personnalisables dont les matériaux répondent à un cahier des charges esthétiques et mécaniques rend la CFAO de plus en plus indispensable (au détriment des techniques conventionnelles de piliers personnalisés coulés). Pour autant, l'utilisation d'un modèle de travail physique demeure indispensable dans les situations esthétiques, de restaurations plurales ou lorsque les laboratoires ne sont pas équipés de CEREC. Le modèle virtuel obtenu à partir de la prise d'empreinte optique exportable sous forme de fichier STL (fichier 3D issu de l'empreinte optique) peut alors être acheminé vers une technique de fabrication additive (par impression 3D) permettant de générer des modèles physiques. Il s'agit de la CFAO semi-directe [2].

Il existe donc une voie d'accès intermédiaire vers la CFAO qui permet de bénéficier des avantages de la prise d'empreinte optique au cabinet dentaire sans pour autant s'affranchir de la fabrication d'un modèle.

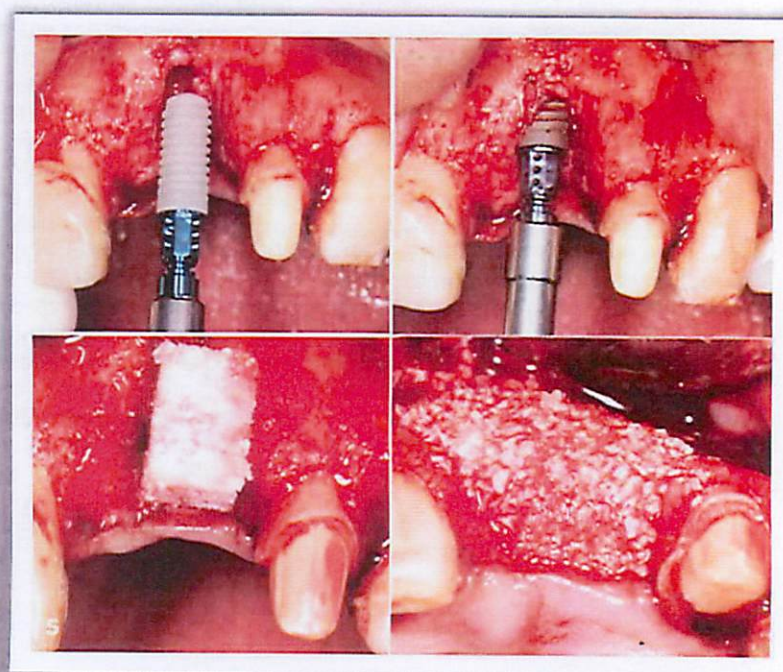
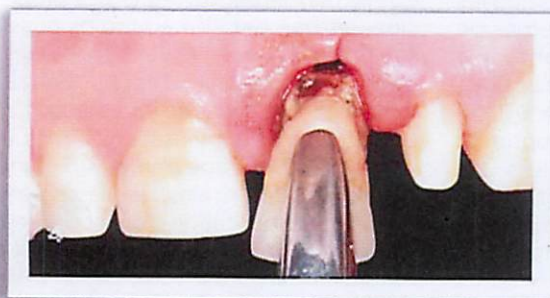
Cette technique est particulièrement intéressante dans les cas de reconstructions implanto-portées (et/ou implanto-dento-portées) où la prise d'empreinte optique apporte des avantages non seulement en matière de perception et de confort pour le patient [3, 4] mais également de simplicité pour le praticien [5, 6].

De récentes études *in vitro* ont montré qu'elle permettait d'obtenir des précisions et une fiabilité au moins aussi satisfaisantes qu'avec les techniques d'empreinte traditionnelles [7]. Contrairement aux méthodes de CFAO indirecte, le processus de numérisation s'effectue dès la première étape d'enregistrement au cabinet dentaire ; ainsi, les risques d'erreurs liés à la fabrication d'un modèle en plâtre en sont réduits (déformation de l'empreinte, expansion du plâtre et procédés de numérisation indirecte par le laboratoire). Le cas clinique ci-dessus (fig. 1 à 20) décrit l'organisation de la chaîne numérique et prothétique dans la restauration implanto-dento-portée du secteur antérieur.

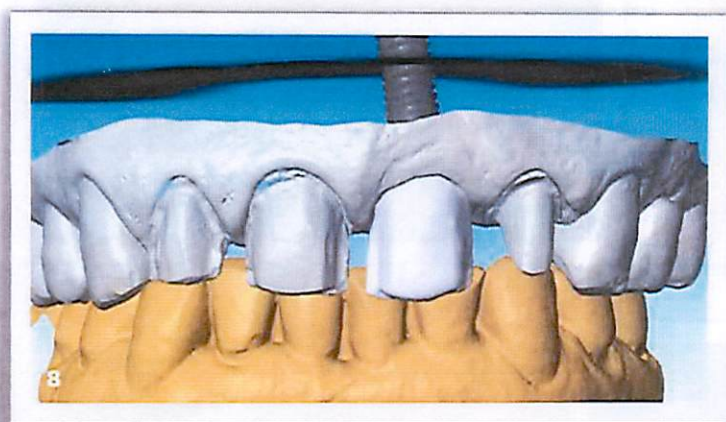
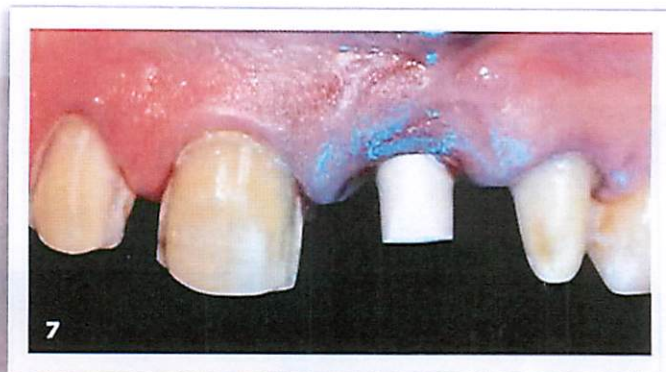
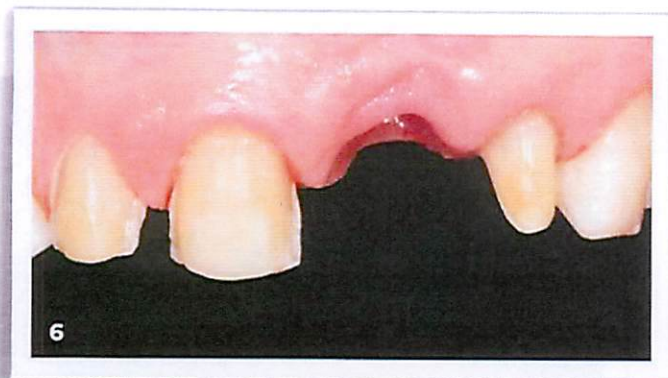
Restauration numérique



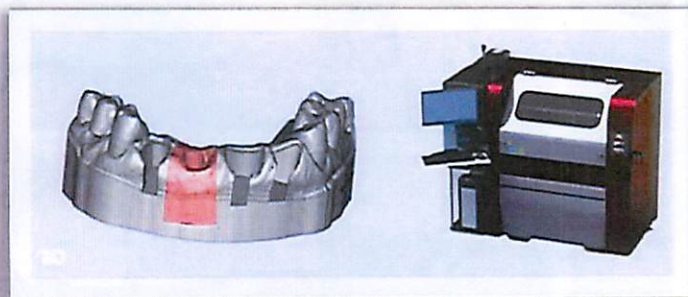
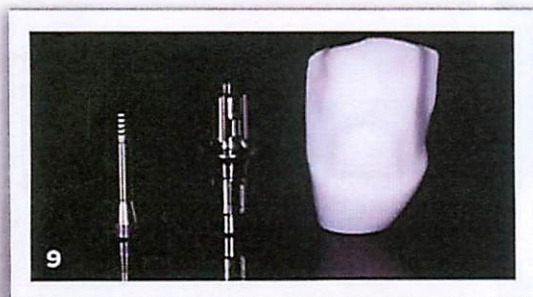
- 1** Patient de 55 ans se présentant en consultation pour traitement de la 21 et restauration esthétique du secteur antérieur.
- 2** L'examen clinique et radiographique de la 21 révèle : une mobilité de classe IV, une lésion péri-apicale volumineuse avec destruction de la corticale vestibulaire, récession gingivale et résorption radiculaire associée, un déficit osseux horizontal et tissulaire vertical.
- 3** Un projet esthétique virtuel est déterminé à partir de l'analyse du visage [8].



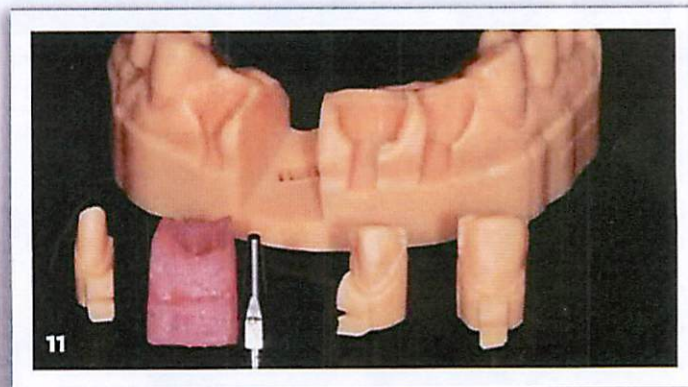
- 4** Au vu de la situation clinique, l'indication d'extraction de la 21 est posée et un protocole d'extraction avec implantation précoce est choisi [9]. L'extraction est réalisée et un curetage alvéolaire rigoureux est réalisé.
- 5** Six semaines après l'extraction, un implant (Straumann BL 4,1 x 10 mm) est posé dans une position compatible avec la future réalisation prothétique. Une régénération osseuse guidée est réalisée avec un matériau de substitut osseux xénogénique (Bio-Oss®, Geistlich) pour compenser la perte de volume osseux vestibulaire et rétablir un contour esthétique gingival adéquat.



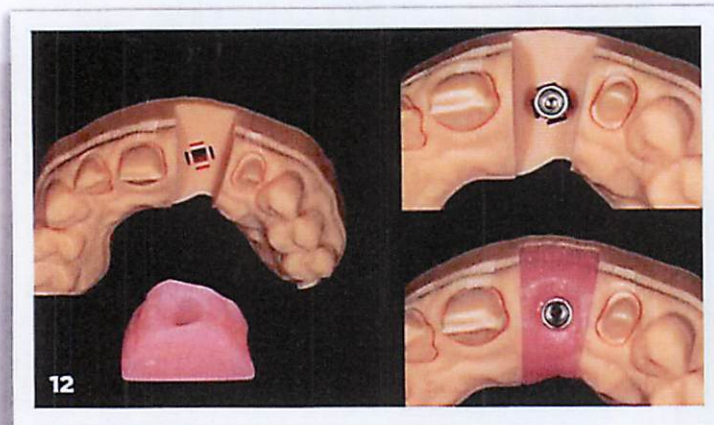
6 Cicatrisation à 3 mois postopératoires après conditionnement tissulaire avec la dent provisoire
7 Prise d'empreinte optique implanto-dento-portée (Itero, Cadent). Un corps de scannage est vissé dans la connexion de l'implant et permet au logiciel de modélisation prothétique de repositionner l'implant dans le modèle virtuel. 8 Modèle virtuel (logiciel Dental Wings). Un pilier prothétique du type « préparation de facette », reproduisant la préparation de la dent adjacente, a pu être réalisé grâce une fonctionnalité du logiciel de modélisation (effet miroir). Le design de ce pilier CFAO présente l'avantage de faciliter la réalisation esthétique des éléments dento-portés adjacents au niveau du laboratoire [10].



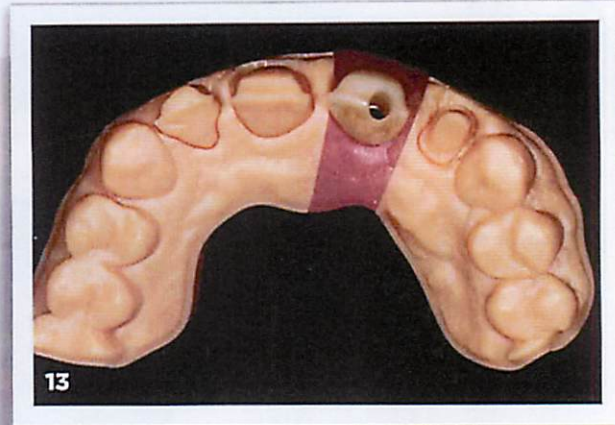
9 Usinage du pilier CFAO implantaire du type « restauration de facette » en disilicate de lithium (e.max CAD, Ivoclar Vivadent) sur TiBase (Variobase, Straumann). Aucun modèle physique n'est utilisé ici. 10 Modélisation virtuelle du modèle de travail. Le modèle est segmenté afin d'individualiser les dies des dents à restaurer et la partie transmuqueuse péri-implantaire. Le fichier STL obtenu peut alors être transféré vers une imprimante 3D (Prodways K20 Producer). 11 Fabrication d'un modèle imprimé en 3D en résine (sur imprimante Prodways, société Dreve). Conformément à la segmentation réalisée sur le logiciel de modélisation, les dents préparées et le masque gingival sont imprimés séparément pour faciliter le travail du prothésiste. Le masque gingival est imprimé dans un matériau élastique flexible de couleur gingivale.



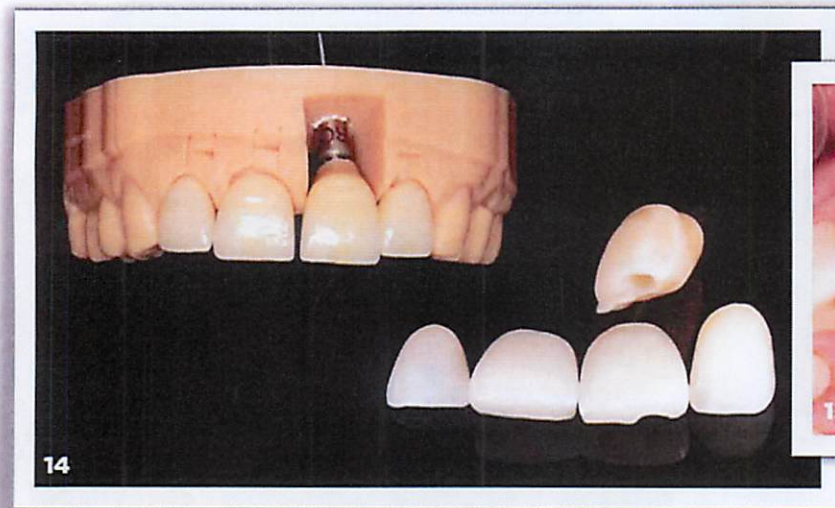
Restauration numérique



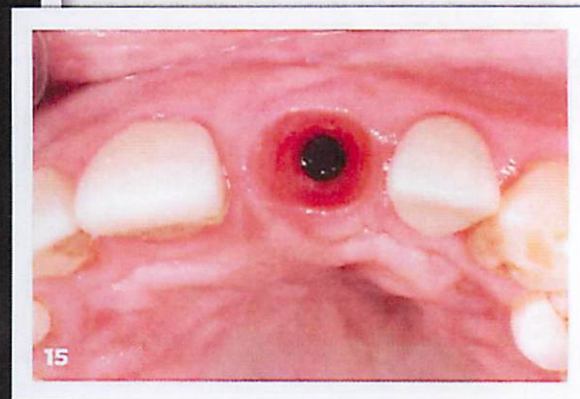
12



13



14

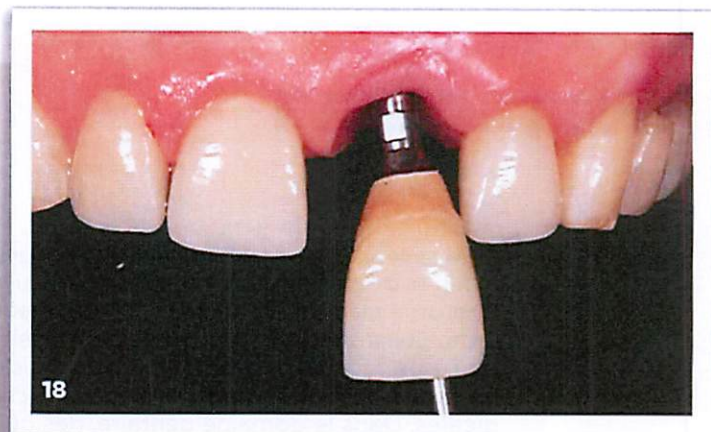


15



16

12 Un analogue spécifique repositionnable et réutilisable est inséré dans la loge qui lui est réservée. L'analogue ainsi que le masque gingival peuvent alors être sortis du modèle pour faciliter les contrôles et les manipulations durant toutes les étapes de fabrication des couronnes par le prothésiste. 13 Pilier e.max CAD repositionné sur le modèle et maquillé à la teinte correspondant aux dents adjacentes. Le prothésiste (Asselin Bonichon, laboratoire LNT) peut donc envisager la restauration esthétique au laboratoire de manière traditionnelle. 14 Quatre restaurations prothétiques fixes en e.max pressées sont réalisées de manière conventionnelle par le prothésiste (Asselin Bonichon, laboratoire LNT). 15 Vue occlusale lors de l'essayage des restaurations dento-portées. Dans le secteur implantaire, le contour vestibulaire a pu être rétabli et le profil d'émergence aménagé grâce à la dent provisoire. 16 Les couronnes et facettes e.max sont assemblées une à une selon les protocoles de collage d'usage décrits dans la littérature scientifique.



17 L'assemblage de la facette e.max Press au pilier e.max CAD est réalisée en dehors de la bouche du patient après validation lors de l'essayage. **18** Une fois que la facette e.max Press est collée au pilier implantaire e.max CAD, la prothèse implanto-portée est vissée à 35 Ncm. **19** Sourire du patient 1 semaine après la pose des restaurations définitives. **20** Suivi à 1 an postopératoire.

Discussion

La fabrication additive a été introduite dans les années 1980 grâce au procédé de stéréolithographie (SLA). Cette technique a été initialement mise au point pour disposer rapidement d'un prototype avant la production à grande échelle d'un produit ou d'un objet, d'où le nom de prototypage rapide. Aujourd'hui, la fabrication additive, ou impression 3D, est également utilisée pour la fabrication de pièces fonctionnelles.

L'évolution de cette technique et son implantation dans de nombreux secteurs de la société connaissent actuellement un essor sans précédent en raison des bénéfices économiques, écologiques et

techniques qu'elle apporte, notamment :

- l'économie de matériaux, la matière qui n'a pas été utilisée étant recyclable;
- le gain de productivité, plusieurs pièces pouvant être fabriquées simultanément ;
- la précision et la reproduction du détail. À l'inverse du procédé d'usinage (technique soustractive), la fabrication de l'objet n'est pas limitée par le diamètre de l'outillage rotatif ;
- la reproduction de formes et d'objets anatomiques complexes;
- l'adaptation des matériaux. La densité, la teinte et la combinaison des matériaux sont des paramètres qui peuvent être contrôlés lors d'une fabrication additive.

Restauration numérique

Rapidement, la fabrication additive s'est élargie à d'autres domaines d'activité et, en particulier, à l'industrie médicale et dentaire [11]. Les premiers prototypages servaient à produire des modèles en résine d'une situation anatomique pour assister la préparation et le traitement des procédures chirurgicales. Dans le domaine dentaire, des guides chirurgicaux étaient virtuellement conçus sur les logiciels de planification implantaire en fonction du positionnement virtuel des implants puis fabriqués pour assister la mise en place chirurgicale. Cette technique s'est largement démocratisée et est aujourd'hui utilisée de manière routinière en chirurgie implantaire [12].

Dans le domaine de la prothèse, les exigences de précision et de matériaux rendent les applications plus limitées. Mais les nombreux avantages de l'impression 3D associés aux capacités des techniques de fabrication additive les plus récentes ouvrent de nouvelles possibilités dans le domaine de la prothèse et, plus spécifiquement, dans la fabrication de modèles de travail de laboratoire issus d'une empreinte optique prise au cabinet dentaire.

Outre l'apport indéniable dans l'organisation de la chaîne prothétique entre le laboratoire et le cabinet dentaire, la fabrication additive de modèles en

prothèse fixe dento-portée et/ou implanto-portée permet de :

- réduire les étapes de laboratoires ;
- fabriquer plusieurs jeux de modèles de manière reproductible ;
- réaliser une fabrication segmentée des éléments prothétiques et anatomiques sur le modèle comme les modèles positifs unitaires ou la gencive individualisés (fig. 11) ;
- s'affranchir du temps et des frais de livraison entre le cabinet dentaire et le laboratoire de prothèses [13, 14].

Conclusion

Indiscutablement, la fabrication additive en matière de dispositifs biomédicaux, techniques, matériaux est en perpétuelle évolution. Nul doute que l'impression 3D est là pour rester et apporter de nouvelles applications dans le monde de la dentisterie. Néanmoins, nous devons être conscients que les machines et logiciels changeront avec les avancées générationnelles et que la validation scientifique est insuffisante au vu de l'afflux des nouveaux progrès continuellement introduits par l'industrie.

Bibliographie

[1] Duret F. Dental CAD/CAM. *J Am Dent Assoc* 1992;123:11-14.

[2] Schneider C, Finelle G, Gallucci G. L'organisation du flux numérique en dentisterie. *Rev Odont Stomatol* 2015;44:147-161.

[3] Lee S, Macarthur R, Gallucci G. An evaluation of student and clinician perception of digital and conventional implant impressions. *J Prosthet Dent* 2013;110:420-423.

[4] Van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS ONE* 2012;7:e43312.

[5] Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques : evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health* 2014;14:10.

[6] Ting-Shu S, Jian S. Intraoral digital impression technique : a review. *J Prosthodont* 2015;24:315-321.

[7] Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013;17:1759-1764.

[8] Finelle G, Lehmann N, Coachman C. Technique de prévisualisation du sourire dans la réhabilitation du secteur antérieur. *Rev Odont Stomatol* 2015;44:162-174.

[9] Buser D, Chappuis V, Bornstein MM, Wittneben JG, Frei M, Belser UC. Long-term stability of early implant placement with contour augmentation. *J Dent Res* 2013;92 (suppl.):176S-182S.

[10] Magne P, Magne M, Jovanovic SA. An esthetic solution for single-implant restorations - type III porcelain veneer bonded to a screw-retained custom abutment: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2008;99:2-7.

[11] Sun J, Zhang FQ. The application of rapid prototyping in prosthodontics. *J Prosthodont* 2012;21:641-644.

[12] Torabi K, Farjood E, Hamedani S. Rapid prototyping technologies and their applications in prosthodontics, a review of literature. *J Dent (Shiraz)* 2015;16:1-9.

[13] Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012;28:3-12.

[14] Feuerstein P, Adams D. New technologies shape the future of dentistry. *Dent Today* 2015;34:88, 90, 92.