



Évolutions majeures de la CFAO directe

De la reconstruction unitaire des débuts à la réhabilitation globale fonctionnelle et esthétique aujourd'hui...

Je me souviens...

Max Cordelette
Praticien à Lille



« Je me souviens des premières empreintes réalisées avec notre Cerec2. Bien orienter le spray de matification, disperser le nuage de poudre qui s'échappait de la bouche du patient, notre assistante qui maintenait la langue en place, vérifiait le serrage

du « met-bas » ainsi que l'ouverture buccale...

L'image de deux à trois dents apparaissait alors sur l'écran, comme magique, et il fallait tracer le contour en priant pour que l'occlusion convienne et que la préparation de la cavité s'adapte aux outils de la chambre d'usinage...

À l'heure actuelle, la CFAO dentaire s'est conformée à notre pratique quotidienne et fait partie intégrante de notre schéma de soins : le poudrage a disparu, quelques minutes suffisent pour enregistrer une empreinte globale d'un maxillaire, son antagoniste et la mise en occlusion. Une photo prise avec notre smartphone et le visage du patient apparaît sur l'écran, une panoramique 3D et, en quelques clics, la planification implantaire est envisagée... »

Fabienne Jordan-Combarieu
Praticienne à Chamalières



« En effet, que de chemin parcouru depuis la première couronne issue de CFAO réalisée en directe à l'ADF 1985 par François Duret...

Ce grand homme avait imaginé la dentisterie d'aujourd'hui il y a déjà quarante ans, malgré la quasi-inexistence en 1973 de technologies performantes

(fig. 1). Petit à petit, les industriels ont suivi, permettant l'éclosion de cette technique de CFAO puis la validation clinique du process et des éléments de restauration issus de cette technologie, ce qui fait qu'aujourd'hui ne se pose plus la question de sa faisabilité, mais plutôt du moment où nous allons nous y mettre...

Passé quelques définitions précisant le cadre de la CFAO directe par rapport à la CFAO semi-directe et indirecte, nous aborderons les différentes indications à ce jour au sein d'un cabinet dentaire, leur intérêt, et ce qu'elles permettent d'envisager prochainement. Nous évoquerons – ce chapitre étant approfondi dans un autre article de ce numéro – la nouvelle famille de matériaux adaptés à une mise en œuvre assistée par ordinateur en cabinet dentaire, les fabricants ayant compris l'enjeu économique majeur de ces prochaines années. »

1. La CFAO directe en 1985 : le système Hennson.



CFAO directe, semi-directe ou indirecte ?

La Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) est une technologie mettant en œuvre quatre étapes clés : la numérisation des informations concernant le cas clinique, la réalisation de modèles de travail virtuels, la conception du ou des éléments de restauration, et enfin la fabrication automatisée dans un matériau adapté.

En CFAO directe, toutes ces étapes se font au sein du cabinet dentaire et, dans l'idéal, lors d'une seule séance clinique. Cela conditionne le choix de technologies fiables évidemment, mais aussi simples dans leur utilisation, rapides, peu encombrantes, économiquement abordables, peu bruyantes, propres, écologiques, etc. La présence du matériel et son utilisation au cours du soin vont participer à la communication avec notre patient.

Quelle est la meilleure technologie à ce jour pour numériser directement en bouche les informations de préparation, d'environnement adjacent et antagoniste, d'occlusion, de projet type provisoires ou wax up, etc. ? Depuis les travaux de François Duret [1, 2], nous savons qu'il s'agit de la caméra intra-buccale utilisant un principe optique, donc une émission lumineuse sans contact avec l'élément à enregistrer. La numérisation se fait par le traitement de l'onde lumineuse réfléchie vers la caméra, et plus particulièrement sur le CCD (Charge Coupled Device) présent dans sa tête. Le

procédé est variable selon les caméras du marché (interférométrie, stéréoscopie...). Cette caméra est d'encombrement buccal minime, ce qui ravit nos patients (fig. 2) !

Un logiciel de CAO permettant la conception de la restauration sur les modèles virtuels issus de l'empreinte optique est hébergé sur l'unité d'acquisition. Cette étape doit être la plus rapide possible. Elle aboutit à la visualisation de la maquette à l'écran, avant lancement de la fabrication. En CFAO directe, seul l'usinage à froid dans une machine-outil à commande numérique, d'encombrement faible et rapide, est envisageable à ce jour dans un environnement de cabinet dentaire classique, *a fortiori* lors d'une séance unique conditionnant la rapidité de la réalisation de l'élément. Le choix du matériau usinable et ses caractéristiques sont développés dans l'article « Les matériaux usinables en dentisterie restauratrice et en prothèse fixée ».

En CFAO directe, Sirona commercialise à ce jour en France un système complet, le système Cerec, composé d'une unité d'acquisition hébergeant une caméra intra-buccale (avec ou sans poudrage), un logiciel de traitement des informations, un logiciel de CAO et un logiciel de commande numérique pour piloter l'autre partie matérielle, une machine-outil posée ailleurs dans le cabinet dentaire et en liaison DECT – idem téléphonie sans fil – ou WiFi avec l'unité au fauteuil (fig. 3).



2. Empreinte optique intra-buccale avec l'Omicam Cerec.



3. La MOCN (machine-outil à commande numérique) au sein du cabinet dentaire.



4 et 5. Réalisation en une séance de deux facettes sur incisives centrales en Suprinity Vita.

D'autres systèmes proposent une caméra dont le format d'empreinte numérique permet un traitement par un logiciel CAO indépendant et une machine-outil de marques différentes. Mais ce ne sont pas des assemblages prévus pour le cabinet dentaire, et se pose la question subsidiaire de la compatibilité des fichiers ainsi que de la responsabilité en cas d'erreurs, de manque de précision, voire de bugs... *A contrario*, tous les fichiers circulant d'une partie à l'autre de la chaîne Cerec sont cryptés et ne peuvent pas, en l'état, être exploités dans une configuration concurrente. La possibilité d'exporter les informations depuis l'unité d'acquisition vers un portail Cerec Connect en vue d'une fabrication externalisée, en l'occurrence les modèles de travail, passe par un enregistrement sous un format lui aussi crypté du type .con si l'on travaille dans le logiciel Connect, ou .dxd selon que l'on a choisi de transiter depuis le logiciel Cerec direct vers le logiciel Cerec Connect. Le format .dxd n'est pas le suffixe de référence des systèmes de CAO côté laboratoire, ceux-ci ayant choisi le .stl.

Le marché de la CFAO directe concerne les praticiens désireux d'exploiter au maximum la précision obtenue par la caméra optique intra-buccale [3], et souhaitant maîtriser l'outil de conception et de production du ou des éléments prothétiques afin de raccourcir la chaîne de réalisation tout en étant acteur décisionnaire des formes et des fonctions de l'élément obtenu. Pour le patient, il va de soi que proposer un acte en une seule séance remporte tous les suffrages... Ce sera donc l'outil particulièrement indiqué pour les reconstitutions partielles de type inlays, onlays, facettes, reconstitution d'angles, chips, etc., et également pour des restaurations totales de type couronnes et endocouronnes unitaires, de valeurs reconnues par les autorités de santé [4]. L'évolution du logiciel et des matériaux donne de plus aujourd'hui accès à d'autres indications, telles le pilier ou la couronne transvisés sur implant, le bridge antérieur monobloc de trois éléments, que nous développerons plus loin.

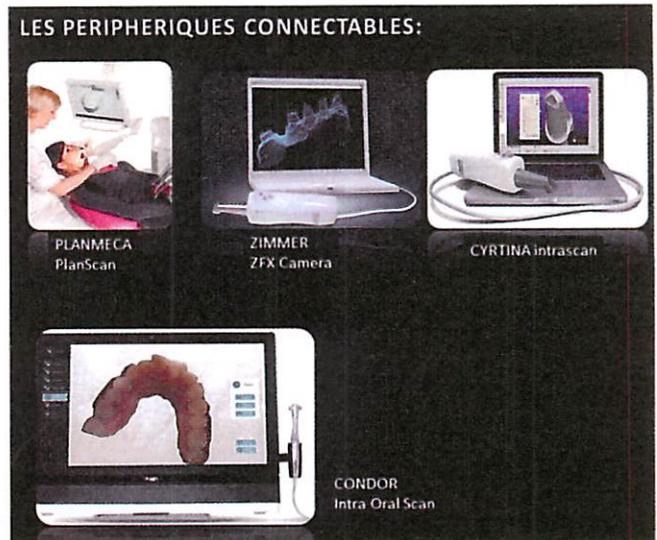
La CFAO directe associée à un matériau biologiquement neutre et à la technique du collage au substrat dentaire résiduel ouvre pour nous la possibilité de répondre à notre mission de santé, par l'obtention d'un élément de reconstitution de l'organe dentaire le ramenant au plus proche de son état initial dans l'environnement anatomique et fonctionnel du patient [5] (fig. 4 et 5).

CFAO semi-directe

Pour mémoire, rappelons que la CFAO semi-directe est la récupération et la numérisation de l'information directement en bouche à l'aide d'une caméra intra-buccale, le traitement de cette information pour obtenir des



6. Les principales stations d'empreinte optique.



7. Quelques caméras connectables.

modèles virtuels, puis l'envoi par un portail Internet à un laboratoire partenaire pour déléguer la CAO, ainsi que la réalisation physique des éléments. L'on profite alors de l'expertise du professionnel prothésiste dans la conception dentaire, dans le maniement des poudres de stratification s'il y a lieu, dans la maîtrise des procédés de mise en œuvre pour des matériaux plus sophistiqués, par exemple une sinterisation d'armature en yttrium-zircone.

Les fabricants ne s'y sont pas trompés, puisque c'est dans cette catégorie que se trouve la plus grande concentration de systèmes de CFAO au laboratoire, 3Shape, Inlab Sirona, etc. D'ailleurs, notons qu'à ce jour 43 % des laboratoires de prothèses français sont équipés d'un système de CAO ou de CFAO – selon qu'ils maîtrisent l'ensemble de la chaîne après numérisation de l'empreinte, ou qu'ils délèguent la fabrication –, contre 3 à 4 % de praticiens en CFAO directe... C'est dire si nos partenaires prothésistes sont en avance par rapport à nous, et sont déjà prêts à recevoir nos empreintes optiques via une connexion sécurisée sur internet. En conséquence, la famille des caméras optiques version station autonome ou version intégrée s'agrandit ainsi qu'on le constate à chaque exposition de matériel dentaire... Citons quelques-uns de ces « porte-empreintes électroniques » : Apollo DI Sirona, 3Shape Trios, Lava True Definition Scanner 3M, ZFX Camera, **Condor Intra Oral Camera**, etc., et gageons que les prochains mois verront encore éclore de nouvelles caméras (fig. 6 et 7).

CFAO indirecte

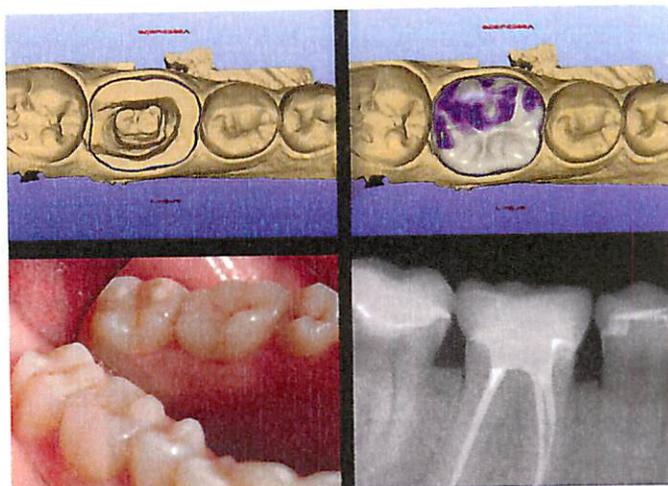
La dernière possibilité pour un praticien de proposer à son patient un élément issu de cette technologie automatisée est la CFAO indirecte que l'on connaît depuis longtemps, notamment grâce à Nobel Procera... L'empreinte est physico-chimique. Le prothésiste, après réception de celle-ci, se charge de la numériser dans un scanner avant d'exploiter la chaîne de CFAO lui-même ou en sous-traitance dans des grands centres d'usinage. L'inconvénient est la perte possible de précision dans la première partie du process puisque très opérateur-dépendant et soumis aux aléas de malaxage des produits, température, tirage, stockage, transport... Bref, tout ce à quoi l'on souhaite se soustraire !

La caméra d'empreinte Cerec Omnicam

Ce nouvel outil, présenté aux praticiens au deuxième semestre 2012, nous permet d'accéder à l'enregistrement de l'environnement global fonctionnel et esthétique de notre patient autour des restaurations envisagées [6]. Elle reprend bien entendu le principe avéré et validé du moiré et de la triangulation, mais surtout, elle permet pour la première fois d'obtenir des images en couleur et sans poudrage. L'encombrement de la tête de la caméra est réduit, le geste à effectuer est continu,



8. Comparaison entre les photos des préparations intra-buccales et la visualisation des modèles virtuels.



9. Intégration biogénérique d'une endocouronne.

lent et ondulatoire au-dessus des surfaces dentaires. On obtient sur l'écran en simultané la prévisualisation du modèle de travail portant les préparations, celui de l'arcade antagoniste, celui de l'occlusion en OIM, celui d'un projet prothétique (provisoire, mock-up...), celui du masque gingival lors de la réalisation d'un élément supra-implantaire, etc. Autant de catalogues que nécessaire. Il est possible d'arrêter l'émission lumineuse, de supprimer une information erronée (un saignement intempesitif ?) et de redémarrer l'empreinte pour compléter la zone en question. Un confort inégalable par les techniques physico-chimiques classiques. Chaque point enregistré est porteur de ses coordonnées x, y, z, mais aussi de sa teinte par l'apport du filtre de couleur rouge-vert-bleu sur le capteur CCD réceptionnant la frange lumineuse réfléchi. Cette acquisition en mode streaming – c'est-à-dire une lecture en continu s'apparentant à un effet vidéo – est d'apprentissage simple, et permet d'enregistrer jusqu'aux arcades complètes avec une reproduction des tissus mous extrêmement fiable, laissant entrevoir au passage d'autres indications à venir. Il est malgré tout sous notre responsabilité de praticien de fournir au système la possibilité d'accéder aux points à scanner, notamment par une éversion gingivale si nécessaire – dans notre pratique, nous utilisons l'Expasy! Acteon, qui fait partie intégrante du plateau technique de réalisation d'une empreinte optique de qualité –, par l'usage d'aides opératoires du type Optragate (Ivoclar), et, bien entendu, par un soin tout particulier apporté à la réalisation des préparations (fig. 8).

Nouveautés logicielles en CFAO directe

Toutes les versions logicielles et matérielles ont contribué à perfectionner et faciliter la mise en œuvre de reconstitutions unitaires en CFAO directe. Par exemple, le biogénérique est apparu sur la version 3.85 du système Cerec en proposant non plus un extrados stéréotypé extrait d'un catalogue de formes anatomiques préexistantes et simplement déformé pour s'adapter à l'environnement adjacent et antagoniste. En effet, ce logiciel biogénérique analyse en amont, avant la proposition initiale de l'extrados de l'élément prothétique, la détection des valeurs anatomiques propres au patient par une lecture de points remarquables sur les organes adjacents à la préparation. Cela donne une forme anatomique au plus proche des particularités génétiques pour un patient donné (fig. 9).

L'arrivée de la version 4.0 du logiciel Cerec en 2012 bouleverse encore davantage les habitudes de travail. Ainsi que nous l'avons évoqué, la nouvelle caméra Omnicam est conçue pour faciliter la capture de clichés sans poudrage et enregistrer beaucoup plus aisément les tissus mous. Les reconstitutions dentaires vont pouvoir désormais être intégrées dans la cavité buccale et dans l'ensemble du visage en prenant en compte la fonction manducatrice du patient. Les nouveaux outils du logiciel Cerec vont apporter au praticien les fonctionnalités nécessaires à une prise en charge globale des plans de traitement.

Le « Smile Design » intègre une photographie du visage du patient et nous aide à positionner la ligne du sourire et construire les restaurations par rapport au plan esthétique désiré. « L'articulateur virtuel » permet de reproduire au mieux une occlusion dynamique selon les valeurs standards ou enregistrées pour ce patient, la planification d'un traitement implantaire peut être optimisée par la corrélation d'un projet prothétique virtuel issu de la CAO et de fichiers fournis par la radiologie de type cone beam.

Le Smile Design

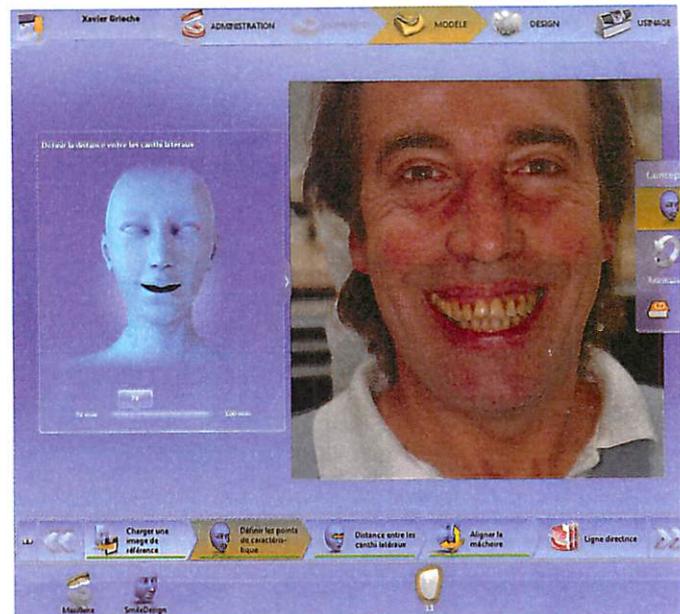
La conception du sourire va permettre la restauration des dents antérieures en tenant compte de la bouche et du visage du patient. Une photographie de face du visage du patient est nécessaire, avoisinant 2 mégapixels, sur laquelle il sourit. L'image de référence est alors importée dans le logiciel de CAO Cerec et 16 points caractéristiques du visage seront nécessaires pour placer en situation les reconstitutions virtuelles antérieures [7] (fig. 10).

Nous pouvons ainsi aligner exactement le modèle du visage et les modèles maxillaires sur une visualisation en 3D : l'image a été courbée pour épouser la forme du maxillaire.

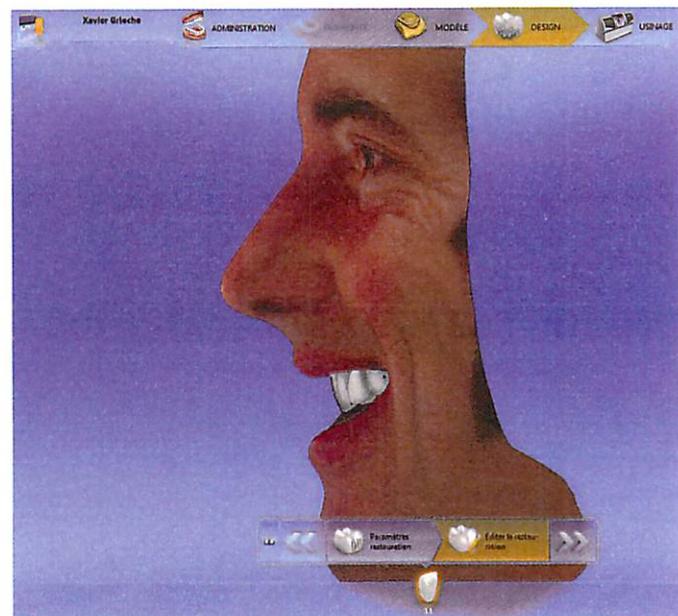
L'aide à l'intégration dans le sourire est précieuse : de face, nous pouvons apprécier et modifier la hauteur et la symétrie des bords libres, la position des pointes canines par rapport aux ailes du nez, en vue latérale le rapport antéropostérieur des bords libres avec la lèvre inférieure, le profil des faces vestibulaires (fig. 11). La communication avec le patient s'en trouve renforcée et permet son adhésion au projet prothétique. Et ce n'est qu'un début, on imagine aisément que cette partie du logiciel va s'enrichir pour une véritable analyse comme celle préconisée par l'Académie du Sourire avec son Guide Esthétique [8].

L'articulateur virtuel

Ce menu est facultatif, tout comme le Smile Design. Il représente une première ébauche dans la prise en compte de la physiologie masticatoire fonctionnelle du patient pour établir des surfaces occlusales adaptées dynamiquement, et non plus seulement en occlusion statique en OIM tel que précédemment. L'idée est l'obtention de la programmation d'un articulateur virtuel grâce à des valeurs de paramétrage (fig. 12). Nous n'en sommes là encore qu'au début, car il serait fantastique de



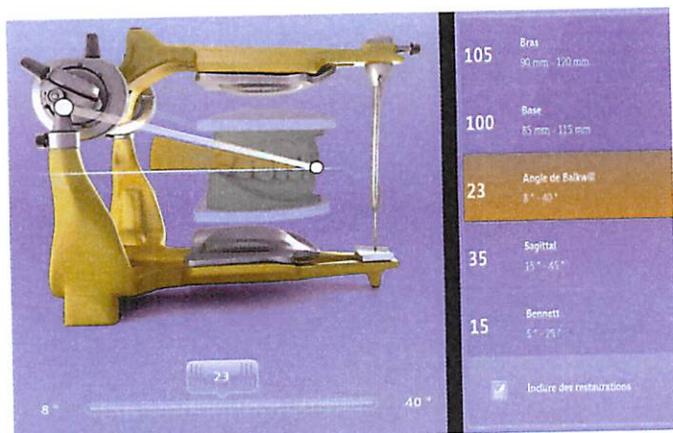
10. Photo de face insérée dans le Smile Design.



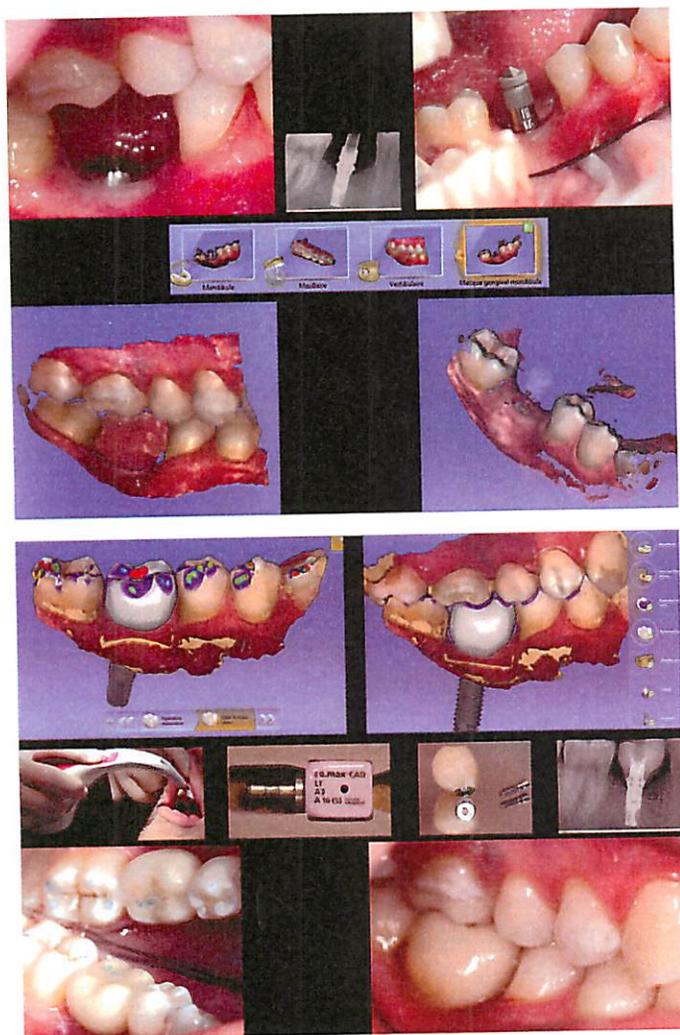
11. Projet CAO dans l'environnement facial du patient.

pouvoir bénéficier d'un outil d'enregistrement complémentaire du type arc facial numérique pour une programmation la plus précise et la plus aisée possible. Nous sommes impatients...

Ce thème est développé dans ce numéro, dans l'article du Dr Maxime Jaisson.



12. Paramétrage de l'articulateur virtuel.



13 et 14. Réalisation en une séance d'une couronne en e.max (Ivoclar) transvissée sur implant.

La structure prothétique unitaire supra-implantaire au cabinet dentaire

Le nouveau logiciel à disposition permet également – enfin ! – la prise d'empreinte intra-buccale de la position et de l'environnement d'un élément implantaire unitaire afin d'en réaliser la supra-structure [9]. Cela est encore une fois, comme lors d'une empreinte physico-chimique traditionnelle, une empreinte de position et non de précision, ce qui est, nous l'avouons, confortable intellectuellement et techniquement. Pour ce faire, nous devons utiliser une pièce particulière, dont la forme caractéristique est reconnue par le logiciel. Il s'agit d'une pyramide à pans asymétriques, porté par un capuchon à usage unique appelé Scanbody. Cette pyramide détectée lors du scannage donne une position extrêmement précise du col implantaire par rapport à son environnement sur l'arcade implantée. Ce Scanbody est clipsé soit sur un élément appelé TiBase, en titane, dont la connectique correspond à celle de la marque et du modèle de l'implant et qui recevra la suprastructure usinée d'après la CAO, soit sur une pièce de conception nouvelle appelée Scanpost, inspirée du transfert d'empreinte en technique classique. Cet élément permet, et c'est sa fonction particulière, de remonter la pyramide bien au-dessus du niveau gingival, afin que celui-ci n'interfère pas dans la lecture au moment de l'enregistrement optique. Pour simplifier, disons que le Scanpost correspond au transfert d'empreinte, donc réutilisable à volonté et uniquement dédié à cette fonction, et que le TiBase est la partie « connectique » du pilier transvissé donc à usage unique, mais pouvant servir malgré tout lors de l'empreinte optique si on le souhaite. Nous complétons le catalogue d'images par un enregistrement de l'arcade antagoniste et de l'occlusion en OIM. Nous ajoutons également, afin de pouvoir adapter au mieux la forme de l'émergence du pilier ou de la zone infragingivale de la couronne transvissée selon notre choix de réalisation, un catalogue de l'arcade porteuse de l'implant col à nu, non pas évidemment pour une lecture de la connectique, mais pour réaliser une « fausse gencive » par corrélation des modèles avec et sans Scanbody (fig. 13).

La CAO, après obtention des modèles de travail, s'appuie sur des outils et des valeurs de paramètres bien spécifiques, donnant une maquette à usiner dans deux sortes de matériaux : un bloc

zircon pour réaliser un pilier transvissé recevant une couronne à coller dans le matériau de notre choix, ou un bloc en disilicate de lithium offrant la possibilité de réaliser une couronne monobloc transvissée ou d'un pilier plus couronne. Ces blocs sont perforés en vue de recevoir la partie cylindrique du TiBase permettant le passage de la vis de prothèse pour assemblage sur le col implantaire. Lorsque le choix s'est porté sur une suprastructure en deux éléments, le pilier et la couronne sont issus de la même empreinte et de la même CAO, en ayant pris le soin de sélectionner l'icône de dissociation dans la conception de la suprastructure. Là encore, des valeurs de paramétrages et des outils appropriés facilitent l'obtention des éléments anatomiquement et fonctionnellement adaptés au cas clinique. La mise en œuvre finale – cristallisation, caractérisation, collage sur le TiBase – est envisageable dans la même séance ou deux suffisamment rapprochées, ce qui permet d'affirmer que cet acte fait partie intégrante aujourd'hui des indications de la CFAO directe (fig. 14).

Conclusion

En l'espace de trente ans, la CFAO directe s'est adaptée à notre manière de travailler. Depuis la reconstruction unitaire partielle des débuts, elle a repoussé les barrières technologiques pour nous permettre d'accéder, selon notre plan de traitement, aux reconstructions multiples de toute nature, en permettant l'enregistrement de la fonctionnalité occlusale, des tissus mous et du visage du patient. Ces nouveaux outils facilitent notre travail au quotidien, nous aident à prendre en charge la globalité de l'appareil manducateur et à concevoir des plans de traitement pluridisciplinaires. Les différents matériaux adaptés à cette technologie d'usinage par soustraction à froid s'enrichissent de jour en jour, recouvrant ainsi l'essentiel des indications des restaurations envisageables au cabinet dentaire. La possibilité de se connecter avec les laboratoires de prothèse ouvre sur le vaste monde de toutes les autres mises en œuvre technologiques présentes dans les laboratoires et centres de fabrication... Tout est parti d'une saisie intra-buccale optique [10]... l'une des vraies révolutions de notre profession au cours de ces quarante dernières années...

bibliographie

1. Duret F. Empreinte Optique. Thèse [Lyon, France]: Claude Bernard; 1973.
2. Duret F. www.francoisduret.com [Internet].
3. Ender A, Mehl A. Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. *Int J Comput Dent* 2013; 16 (1): 11-21.
4. HAS. Prothèses dentaires à infrastructure céramique. 2007.
5. Bindl A, Mörmann WH. Survival rate of monoceramic and ceramic-core CAD/CAM-generated anterior crowns over 2-5 years. *Eur J Oral Sci* 2004; 112 (2): 197-204.
6. Hammad E. La Bluecam® et l'Omnicam®: changement et apport. Thèse [Lille, France]. Lille 2, 2014.
7. Cordelette M. Le protocole esthétique en CFAO. *Dentoscope* 4/2014.
8. Paris JC, Faucher AJ. Le Guide Esthétique. 2003 Quintessence International.
9. Lalet P. Protocole pour réaliser des reconstructions prothétiques implantaires transvissées. *La Lettre aux Cerecistes*. Ivoclar 10/2013.
10. Jordan-Combarieu F. Introduction à la CFAO au cabinet dentaire. Académie du Sourire Session 4. 2012, 2013, 2014.

fab.jordan@gmail.com
max.cordelette@wanadoo.fr

Les auteurs sont formateurs sur le système Cerec (Sirona).