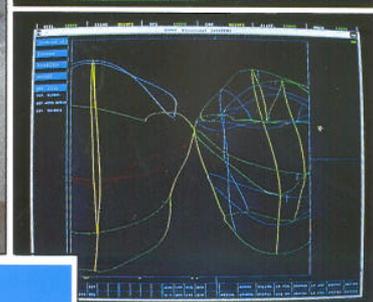
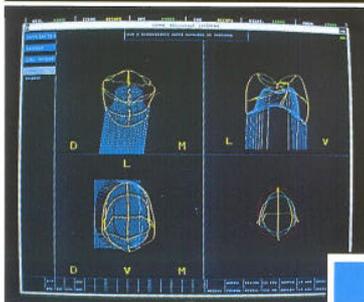
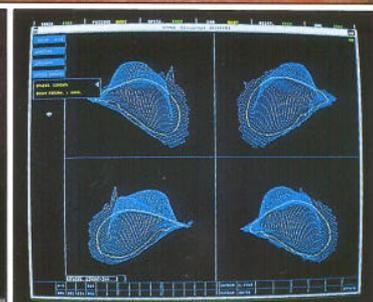
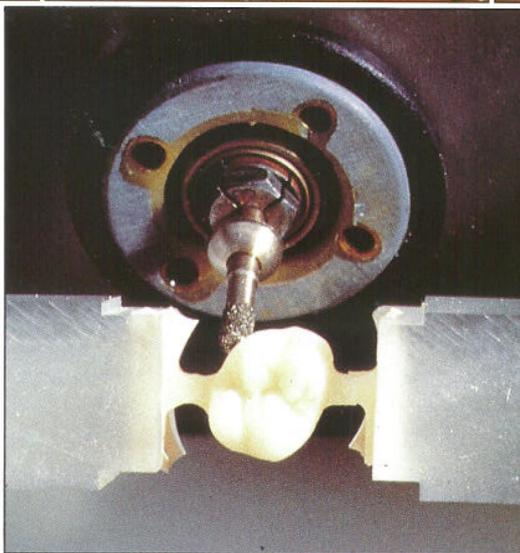
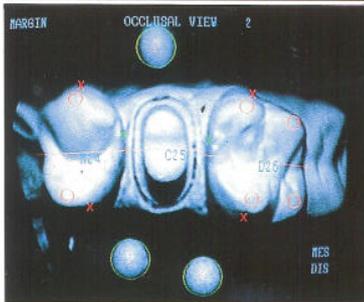


atd

art & technique
dentaires

AOÛT **4** 1992



ISSN 1146-0717

La CFAO dentaire

page 241

VOLUME 3

le système *Sopha* CAD/CAM

Depuis sa première description en 1973 par son inventeur, la CFAO (1) dentaire s'est clairement positionnée comme la seule alternative aux méthodes traditionnelles utilisant la technique de la coulée à la cire perdue. Cela a permis d'ouvrir une nouvelle voie à la prothèse basée sur la digitalisation des données, donc la protection de l'information et le respect des propriétés mécaniques des matériaux utilisés. Avec un recul de vingt années de recherches, de développement et de tests, le *Sopha* CAD/CAM apparaît sur le marché.

DURET François

Docteur en Sciences odontologiques
Chairman USC, Los Angeles

School of Dentistry, 4318
University of Southern California
Los Angeles, CA, 90089-0641 (U.S.A.)

- (1) CFAO : conception et fabrication assistée par ordinateur.
(2) Développé, fabriqué et commercialisé par Sopha Bioconcept.

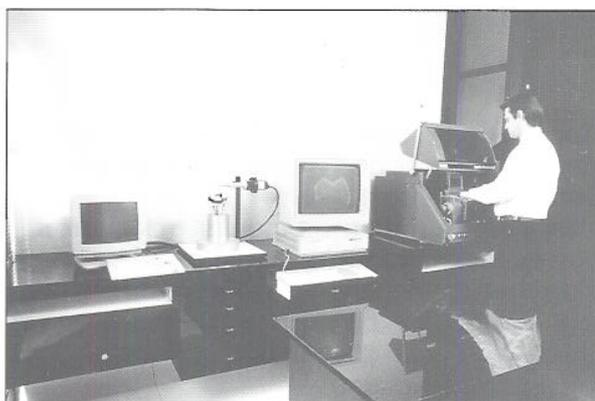


Fig. 1 Système *Sopha* CAD/CAM dans sa configuration de box.

Le système *Sopha* CAD/CAM (2) (procédé du Dr *François Duret*), est le premier système de CFAO dentaire et le seul opérationnel permettant de réaliser, à partir d'un modèle en plâtre, des couronnes antérieures et postérieures ainsi que des chapes dans les matériaux céramique largement utilisés par les professionnels (Ivoclar, Dicor, ...). Nous allons décrire ici, étape par étape, la fabrication d'une couronne en céramique.

■ présentation technique de l'appareil (fig. 1 à 14)

Le système Sopha CAD/CAM comporte trois modules :

Opticast (fig. 2), système qui saisit, mesure et définit par profilométrie laser le relief du moignon destiné à recevoir la prothèse ainsi que les dents environnantes et antagonistes (lignes de finition, points de contact, sillons, cuspidés,...) à partir d'un modèle en plâtre.

Il est constitué d'une mini-caméra endoscopique, d'un ensemble électro-numérique de calcul de la forme de l'empreinte associée à une tablette interactive, et d'un support de modèle mécanisé pour faciliter l'empreinte. Ergonomique, il permet de réaliser une empreinte optique dans les meilleures conditions de stabilité.

Biocad (fig. 3), station de travail qui conçoit la prothèse à partir de l'empreinte et du modèle numérisés Opticast.

Il est constitué d'un ordinateur très puissant, d'un écran graphique de haute définition et de programmes de modélisation tridimensionnels (c'est-à-dire de représentation à l'écran) spécifiquement dentaires, permettant la conception de la prothèse.

On y trouve aussi un logiciel de gestion des informations concernant le patient, un logiciel d'archivage des empreintes et un logiciel dentaire de réalisation de l'usinage des éléments prothétiques.

Biocad reçoit l'empreinte modélisée au niveau de l'Opticast, conçoit la prothèse, et en transmet les trajectoires d'usinage à la machine-outil.

DMS (Dental Milling System) (fig. 4), centre d'usinage entièrement automatique qui réalise actuellement des couronnes antérieures et postérieures, ainsi que des chapes, à partir de préformes dans des matériaux céramo-céramiques.

Il est constitué d'une microfraiseuse à commande numérique (5 axes géométriques), équipée d'un dispositif de changement automatique de 8 outils et pilotée par Biocad.

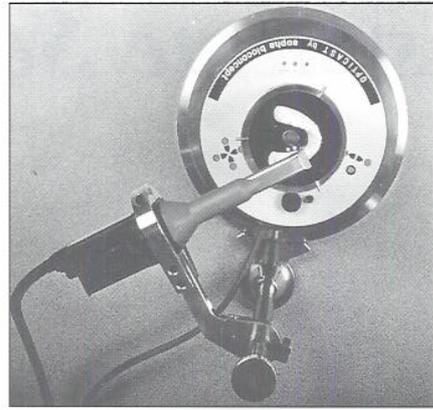


Fig. 2 Premier module Opticast (vue de dessus) pour l'acquisition des données.

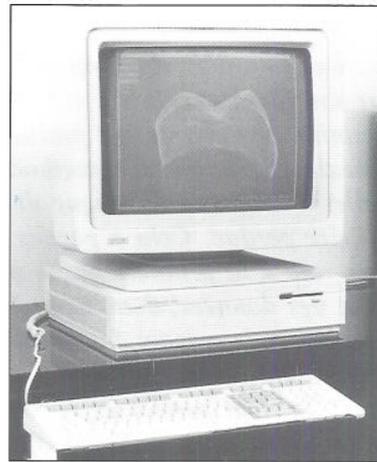


Fig. 3 Deuxième module Biocad pour la conception assistée par ordinateur.



Fig. 4 Troisième module DMS pour l'usinage automatique des prothèses.

Les différentes configurations du Sopa CAD/CAM

Plusieurs Opticast ou DMS peuvent être connectés sur la station Biocad, selon les contraintes de productivité de l'utilisateur. Dans sa configuration de base, le Sopa CAD/CAM assure une production minimale de huit prothèses par journée de huit heures.

■ les différentes étapes de la réalisation d'une couronne céramique sur le Sopa CAD/CAM

Préparation du modèle

Le praticien transmet une empreinte classique et un mordue suivant l'occlusion clinique désirée.



Fig. 5 Premier module Opticast, prises de vues.



Fig. 6 Premier module Opticast, définition interactive de l'environnement.

L'empreinte est alors coulée dans un plâtre lambertin traditionnel blanc (c'est-à-dire de bonne réflectivité pour la caméra), convenant à la réalisation d'une empreinte optique. Trois sphères sont fixées autour de la préparation afin de corréler les différentes vues prises par l'opérateur. Ces vues sont importantes pour définir parfaitement toutes les faces de la préparation. Les sphères servent de repère pour le calcul des coordonnées 3D des points appartenant à la zone à restaurer, définie sur ces différentes vues, et pour les corréler les unes par rapport aux autres. Ce sont les centres de références.

Prise d'empreinte

Elle comprend deux étapes :

1) Les prises de vues (3 minutes en moyenne) (fig. 5). Après avoir placé le modèle précédemment préparé sur le support mécanisé de l'Opticast, l'opérateur prend en moyenne huit

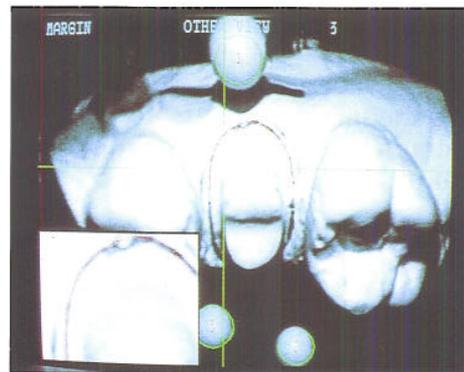


Fig. 5 a Premier module Opticast, définition interactive de la ligne de finition.

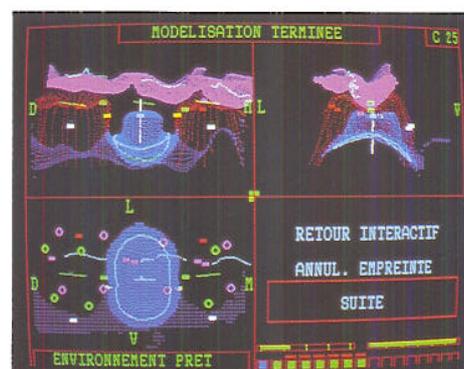


Fig. 7 Premier module Opticast, modélisation terminée.

vues ; deux sont indispensables : la vue occlusale et la vue occlusale antagoniste (prise d'empreinte du mordu placée sur la préparation) (fig. 5 a).

2) La définition interactive de l'environnement (4 minutes en moyenne) (fig. 6). Cette étape consiste à indiquer (fig. 7) :

- sur toutes les vues, la position des sphères de corrélation et le tracé de la ligne de finition ;
- sur la vue occlusale, les sommets des cuspidés, la position de la ligne des plus grands contours vestibulaire et lingual, les surfaces de contact et les sillons ;
- sur la vue occlusale antagoniste, celle du mordu, la position des cuspidés et des sillons.

Sont ainsi réalisées en moyenne, huit vues, représentant la préparation, les dents adjacentes et les dents antagonistes.

Conception assistée par ordinateur (5 à 15 minutes)

Il s'agit de construire la couronne sur l'écran du Biocad à partir de l'empreinte optique précédemment modélisée et d'une bibliothèque de dents théorique.

L'opérateur a le choix entre un mode automatique ou un mode interactif.

Mode automatique. Toutes les phases décrites dans le mode interactif sont réalisées automatiquement.

Mode interactif. Le logiciel dentaire donne à la manipulation de l'opérateur un caractère clinique et laboratoire absolu.

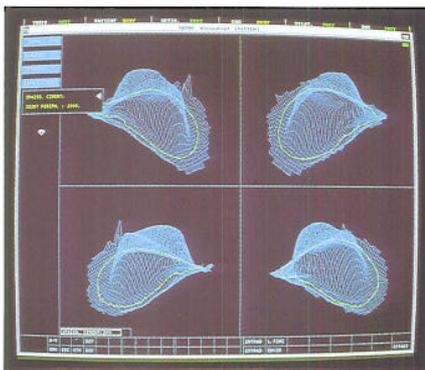


Fig. 8 Deuxième module Biocad, conception de l'intrados.

La conception de la couronne comporte les quatre étapes principales suivantes :

- 1) intrados (fig. 8) : pour concevoir la surface interne de la couronne en tenant compte de l'« espace ciment » et éventuellement corriger la ligne de finition ;
- 2) environnement (fig. 9) : pour contrôler les paramètres définis interactivement lors de la prise d'empreinte (cuspidés zone de contacts) et disposer d'une « boîte » dans laquelle viendra se déformer la dent théorique préalablement mémorisée dans l'ordinateur ;
- 3) placement : pour extraire la dent théorique de la mémoire de l'ordinateur et contrôler son adaptation dans la « boîte » précédemment définie ;
- 4) calcul couronne (fig. 10) : pour obtenir automatiquement la surface externe de la couronne par une adaptation de la dent

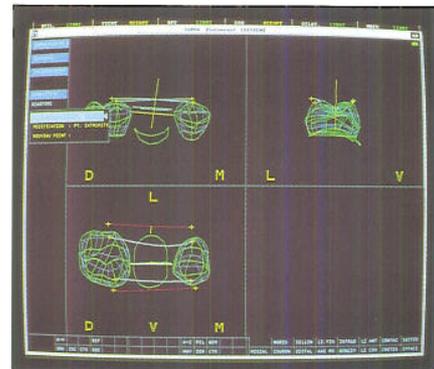


Fig. 9 Deuxième module Biocad, mise en place automatique de l'environnement.

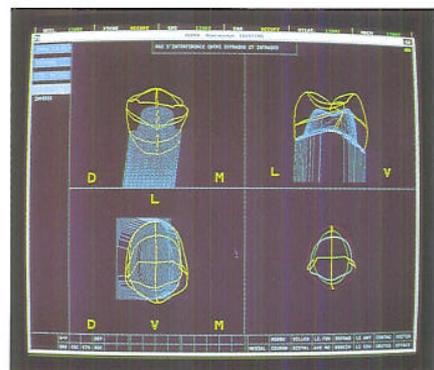


Fig. 10 Deuxième module Biocad, conception de l'extrados.

théorique en une dent cliniquement adaptée à la morphologie du patient.

Il est alors possible d'utiliser les quatre étapes optionnelles suivantes :

- Mise en occlusion (fig. 11) : pour réaliser la mise en occlusion statique de la couronne. Elle se fait en deux temps : en premier, mise en correspondance dans le plan d'occlusion des cuspidés et des fosses antagonistes sur les centres fosses et cuspidés de la couronne ; en second, déplacements verticaux des centrés de la couronne.
- Correction (fig. 12) : pour modifier la couronne obtenue depuis le simple déplacement d'un point de surface jusqu'à la modification d'un angle cuspidien, comme si nous ajoutions ou retirions de la cire.
- Contrôle matière : pour définir l'espace minimum acceptable entre la surface externe et interne de la prothèse (compte tenu du choix du matériau).
- Fin CAO : pour lancer l'usinage de la couronne sur la machine-outil DMS, à partir d'une préforme en céramique.

Fabrication assistée par ordinateur (60 à 90 minutes) (fig. 13)

Il s'agit d'usiner la couronne sur la machine outil à commande numérique DMS à partir des préformes en céramique spécialement conçues à cet effet. Les céramiques proposées actuellement proviennent des fabricants Ivoclar et Dentsply.

DMS usine l'intrados puis l'extrados.

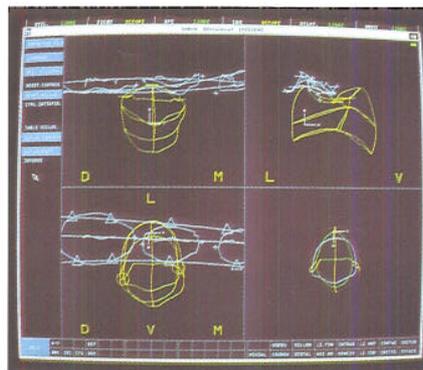


Fig. 11 Deuxième module, mise en occlusion statique.

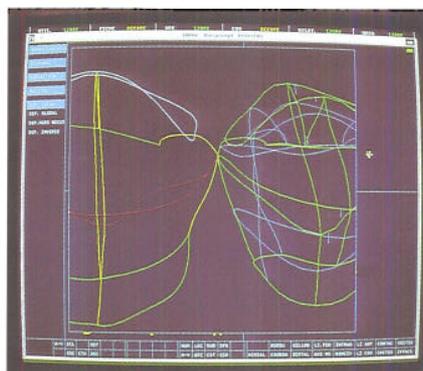


Fig. 12 Deuxième module Biocad, correction de la couronne obtenue.

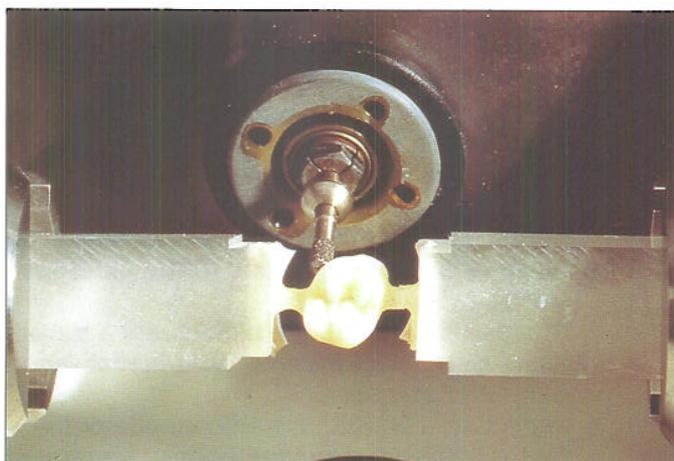


Fig. 13 Troisième module DMS, usinage d'une molaire.

Caractérisation (fig. 14 à 17)

Il s'agit d'utiliser les techniques de caractérisation propres à chacun des matériaux. S'il s'agit par exemple, d'une céramique Ivoclar (IPS

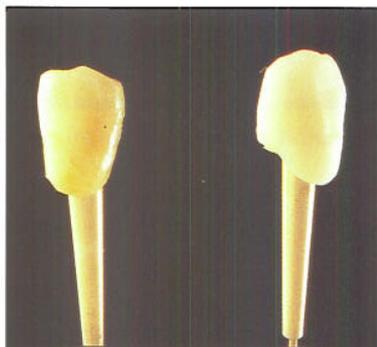


Fig. 14 Canine réalisée par le Sopha CAD/CAM.

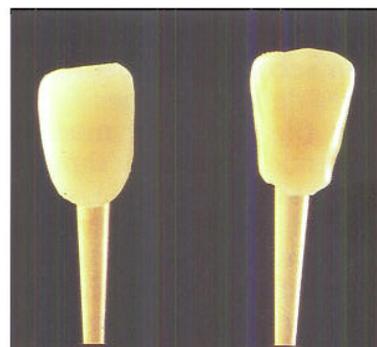


Fig. 15 Incisive réalisée par le Sopha CAD/CAM.



Fig. 16 Prémolaire réalisée par le Sopha CAD/CAM.

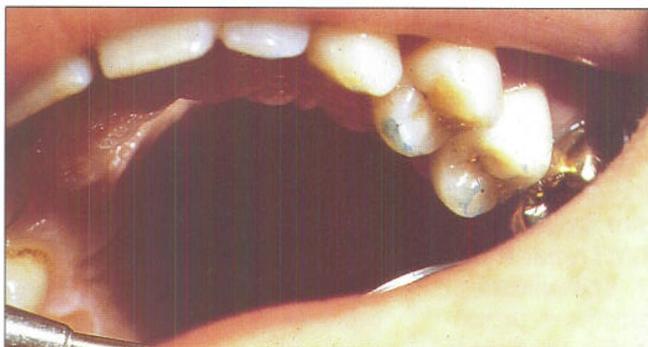
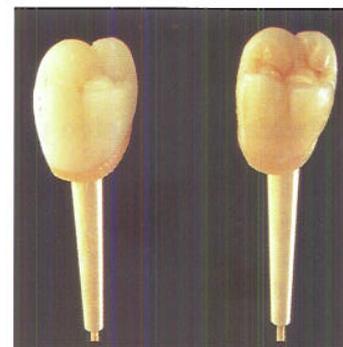


Fig. 17 Molaire réalisée par le Sopha CAD/CAM.



■ avantages et désavantages du Sopha CAD/CAM

Avantages

- Aucune modification dans le travail du chirurgien dentiste au fauteuil.
- Empreinte optique de manipulation simple, évitant la procédure fastidieuse des duplicatas ou des palpages toujours incertains.
- Numérisation de l'empreinte évitant toute modification de l'information initiale (modèle). En particulier, le fait de travailler

Empress), nous utiliserons la trousse de maquillage fournie par ce fabricant. Chaque personne appliquera sa méthode habituelle, sans qu'il soit nécessaire d'avoir une formation spécifique.

- sur des formes digitales permet d'éviter l'erreur des transferts ou de l'usure du plâtre.
- Indication de points uniquement dentaires, ne nécessitant donc à aucun instant une formation informatique.
- Stockage de l'information permettant de refaire indéfiniment la même prothèse ou de créer à chaque fois une forme différente sur un modèle inusable.
- Processus automatique n'obligeant à travailler que six à sept minutes pour la réalisation d'une céramique.
- Travail sur céramique traditionnelle permettant d'utiliser des méthodes largement

éprouvées, possibilité de passer sur tout autre type de matériaux sans aucune modification de la procédure de base, que ce soit du titane ou des composites structurés.

- Matériaux permettant de retrouver les qualités esthétiques idéales des céramiques pures ou des infrastructures.
- Esthétisme respecté dans le temps, du fait de la stabilité des colorants utilisés, aux agressions du milieu buccal.
- Qualité optimale du matériau utilisé, du fait des conditions industrielles de sa céramisation.
- Maintien des qualités physiques exigées, entre autres pour les raisons évoquées ci-dessus, et en particulier pour l'usure par le choix de matériaux dont le coefficient d'usure est celui de l'émail.
- Méthode de scellement largement éprouvée aujourd'hui (collage).
- Économie par la diversité des matériaux utilisables, du titane à la céramique, évitant à chaque fois l'investissement dans du matériel coûteux, vite dépassé, et un apprentissage à chaque fois différent.
- Économie par la suppression des duplicatas, des mises en articulateur, des montages en cire sur des dies individualisés et de la coulée à la cire perdue.
- Amortissement rapide puisque atteinte du seuil de rentabilité à partir d'une fabrication de 2,5 éléments par jour.
- Ergonomie remarquable pour le cabinet qui peut travailler dans un environnement informatique propre et esthétique et au laboratoire par une intégration possible des modules informatiques dans les meubles existants. Cela donne une image de haute technologie indiscutable en dehors du confort de travail.
- Précision se situant à la ligne de finition entre 0 et 50 μm .
- Contrôle de l'espace attribué au ciment et de toutes les épaisseurs dans la couronne.
- Temps considérablement diminué puisqu'il est possible de faire plusieurs empreintes optiques en même temps sur le même modèle, de réaliser plusieurs prothèses, comme, par exemple, les couronnes Dicor, en quelques heures, et de n'avoir qu'une seule visite pour la pose de l'élément.

Désavantages

- Investissement mensuel obligeant à faire

fonctionner le système sur un minimum de 40 éléments par mois pour rejoindre le coût de la méthode traditionnelle (soit 2 par jour).

- Obligation de suivre une formation spécifique d'une semaine.
- Limitation aux couronnes et aux chapes, même si sont annoncés pour bientôt les inlays-onlays.
- Limitation aux céramiques, même si est annoncé pour bientôt le titane.
- Les résultats statistiques d'une étude expérimentale portant sur 250 couronnes antérieures et postérieures ont montré une valeur moyenne de 50 à 80 microns au niveau de la ligne de finition (écart type 30 microns).
- Obligation d'effectuer un maquillage de surface à ce jour ou en couche mince (300 μm), discuté encore par certains.
- Absence, à ce jour, d'une intégration automatique de l'occlusion dynamique.
- Réalisation préalable de toutes les étapes cliniques d'une fabrication traditionnelle : empreintes.
- Évaluation de l'importance des corrections à apporter et du temps passé au fauteuil.

■ conclusion

La phase de concrétisation et de réalisation industrielle a véritablement débuté avec aujourd'hui près de neuf systèmes différents de CFAO dentaire sur le marché, ou en passe de l'être. Les concepts sont aujourd'hui éprouvés, un art dentaire est en train de naître. La CFAO dentaire surpassera inéluctablement les méthodes traditionnelles pour des raisons cliniques et le laboratoire pour la précision et la qualité des prothèses réalisées, ainsi que pour la réduction des coûts et des délais de fabrication.

En fait, les raisons de cet avenir prometteur résident dans son principe fondamental : réaliser une pièce de reconstitution thérapeutique, par exemple une couronne, à partir d'une empreinte optique en maîtrisant l'« erreur humaine » par une assistance informatique pour la conception et la fabrication.

Le Sopha CAD/CAM semble être le seul système de CFAO à avoir atteint cet objectif aujourd'hui.

Bibliographie

1. CHAFFEE, N. ; LUND, P. ; AQUILINO, S. ; DIAZ-ARNOLD, A. : Marginal adaptation of porcelain margins in metac ceramic restorations. *Int. J. Prosthodont.*, 1991, 4 (6) : 508-516.
2. DURET, F. ; BLOUIN, J.-L. ; NAHMANI, L. ; DURET, B. : Principe de fonctionnement et application technique de l'empreinte optique, dans l'exercice de cabinet. *Cahiers Proth.*, 1985, 50 : 73-109.
3. DURET, F. ; BLOUIN, J.-L. and DURET, B. : CAD/CAM in dentistry. *J. Amer. Dent. Assoc.*, 1988, 117 (11) : 715-720.
4. DURET, F. ; PRESTON, J. : Current Opinion in Dentistry, CAD/CAM imaging in dentistry. *Current Science* ; 1 (125) 154, 1991.
5. DURET, F. ; PRESTON, J. ; CHAPOULAUD, E. ; DURET, B. : CAD/CAM in the dental office. *The Quintessence* ; 103 (73) 55, 1991.
6. HUNTER, A.-J. ; HUNTER, A.-R. : Gingival crown margin configurations : a review and discussion. Part I : terminology and widths. *J. Prosthet. dent.*, 1990, 64 (4) : 548-552.
7. SATO, T. ; WOHLWEND, A. ; SCHARER, P. : Système céramique sans rétraction : facteurs agissant à l'adaptation marginale de l'élément. *Odontologia*, 1986, 2 : 113-120.
8. SHILLINGBURG, H.-T. ; HOBBO, S. ; WHITSETT, L.-D. : Bases fondamentales de prothèse fixée. Traduction française LIGER, F. ; PERELMUTER, S. 2^e éd., 1982. Paris, CdP, édit.
9. Sopha bioconcept. « Sopha-CAD/CAM general presentation ». Sopha ed. sopha development ; Vienne, Paris, Los Angeles. 1992.
10. SORENSEN, J. ; OKAMOTO, S. ; SEGHI, R. ; YAROVESKY, U. : Marginal fidelity of four methods of Swaged metalmatrix crown fabrication. *J. Prosthet. Dent.*, 1992, 67 (2) : 162-173.
11. TALLEC, P. : Anatomie dentaire. 1991, Aix-en-Provence, IFOSUPD-Éditions.

Abonnez-vous à **clinic**

6 numéros par an* – tarif 1992

{	490 F France
	295 F Étudiants (2 ^e cycle)
	680 F Europe
	735 F Autres pays. Dom-Tom par avion

Nom : _____ Prénom : _____
 N° : _____ Rue : _____
 Code postal : _____ Ville : _____

* Tout abonnement est souscrit du 1^{er} jour de l'année en cours.

bulletin d'abonnement

à retourner avec votre règlement à : **GROUPE CdP** 77, rue de Richelieu, 75002 Paris