

Mars 2010

Cahier 1 • vol. 31 • p. 121 à 184

clinic

La formation
continue du
chirurgien-dentiste

> l'essentiel

Préservation tissulaire dans un site
extractionnel

REGARDS CLINIQUES

L'ostéo-intégration est-elle définitive ?



RÉPONSE D'EXPERT

Prothèse de demain et CFAO

PROTHÈSE AMOVIBLE

PAP métallique : maîtriser l'empreinte
anatomo-fonctionnelle

> ce que j'en pense

Un contre-angle endodontique, une colle autoadhésive
et automordançante à prise duale, une pince coupe-fibre, un adhésif
automordançant sans solvant et un minimiroir pour l'endodontie

ISSN 1254-3136
27,30 € le numéro

www.editionscdp.fr

REVUE ACCRÉDITÉE AU TITRE DE LA FORMATION CONTINUE ODONTOLOGIQUE

sommaire

Clinic • Mars 2010 • vol. 31 • 121 à 184 • cahier 1

Retrouvez les archives
de votre revue sur
www.editionscdp.fr

124 PRESSE INTERNATIONALE

> **l'essentiel** par Antoine VASSALLO

Interactions entre les matériaux d'empreinte et le scellement immédiat de la dentine • Préservation tissulaire dans un site extractionnel

> **notre sélection** de Dental Abstracts



128 RÉPONSE D'EXPERT

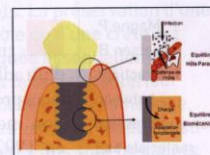
La prothèse de demain sera CFAO ou...

Coordination : Amir CHAFAIE • Notre expert : François DURET

135 REGARDS CLINIQUES

L'ostéo-intégration est-elle définitive ?

Jean-François KELLER, Odile BARSOTTI,
Bernard Marie DURAND, Yves DOUILLARD



À 10 ans,
95 % des implants
sont encore en bouche

147 PROTHÈSE AMOVIBLE

**Maîtrise des empreintes anatomo-fonctionnelles :
clé de l'adaptation prothétique en prothèse amovible
partielle métallique**

Leila FAJRI, Nadia MERZOUK, Ahmed ABDEDINE

157 ENDODONTIE

Le système EndoExpress®.

Présentation et protocoles cliniques

Laurent SCHERMAN, Patrick SULTAN



Le protocole
opératoire

167 FICHE CLINIC N°7

Couronne pédodontique préformée

C. Joseph, A. Repetto, F. Courson, H. Blanc, T. Amsellem,
M. Muller-Bolla

170 NOUVEAUX PRODUITS

> **ce que j'en pense**

> **à essayer**

178 AGENDA

181 ÉVALUEZ-VOUS



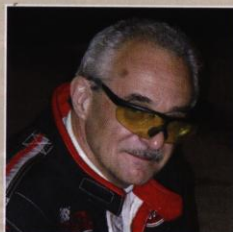
Cette publication est composée de 2 cahiers :
Clinic cahier 1 (64 pages)
et Clinic cahier 2 (28 pages).



RÉPONSE D'EXPERT

Coordination
Amir CHAFAIE, MCU-PH, Marseille

La prothèse de demain sera CFAO ou...



> Notre expert

François DURET

Docteur en chirurgie dentaire et en sciences odontologiques, maître en sciences et docteur d'état en médecine/BH.

Nul ne peut ignorer la révolution numérique de notre profession. La prothèse dentaire tourne en ce moment même une nouvelle page, en offrant des possibilités que nous considérions hier comme des rêves ! Des prothèses de meilleure qualité, plus résistantes, plus biocompatibles et plus esthétiques sont désormais à notre portée. Qui mieux que François Duret, à l'origine d'innombrables innovations dans notre profession, pour parler de sa première invention à 22 ans : la révolution CFAO ?

La CFAO, c'est quoi exactement ?

Derrière ce terme générique que tout le monde connaît – CFAO ou Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur* (CAD/CAM* en anglais) – se cache une technique à la fois complexe, évolutive et fondamentale. En plus de cela, la CFAO dédiée, c'est-à-dire s'appliquant à un domaine précis comme la dentisterie, peut aller de la simple évolution technologique à la remise en cause de principes fondamentaux millénaires qui guident notre esprit pour appliquer notre créativité. Sa

définition est donc très difficile. Elle recouvre l'aspect « conception » (création, modification, établissement des règles d'action...), l'aspect « fabrication » (usinage sous toutes ses formes, matériaux...) mais aussi la liaison entre la conception et la fabrication (dialogue, connexion, Wi-Fi, Internet, langage spécifique ou universel...). La CFAO n'est pas seulement cela, elle est beaucoup plus : c'est une « technique dans laquelle l'homme et l'ordinateur sont rassemblés pour résoudre des problèmes ». N'oublions pas que derrière « assistées » se cache une notion où l'homme

reste le maître avec tout son savoir-faire et toute sa créativité. Plus encore, la CFAO ne se limite absolument pas à la fabrication de prothèses comme nous le lisons trop souvent. Elle conçoit et utilise tous les outils numériques applicables sur le modèle scanné pour appliquer les diagnostics médicaux informatisés (ODF...) et l'intelligence artificielle ou autres systèmes experts. C'est une méthode universelle s'appliquant sur un objet réel dont on connaît les caractéristiques physiques.

C'est sans doute la raison pour laquelle les Anglo-Saxons se sont toujours refusés à fusionner les deux fonctions : CAO et FAO en CFAO (CAD/CAM). Pour eux la fonction est complémentaire mais différente. Cette vue permet de mieux cerner cette définition plus complexe qu'il n'y paraît.

La CAO introduit deux notions fondamentales, celle du dialogue homme-machine où seront utilisées au mieux les qualités de l'homme (connaissance, synthèse, inventions...) et celle de la représentation de l'objet qui devra toujours être sous une forme accessible à l'utilisateur et/ou aux logiciels d'analyse et de proposition. C'est ce dialogue qui a gêné nos aînés mais que maîtrisent parfaitement les nouvelles générations.

La FAO, deuxième étape de la procédure, est pour sa part l'utilisation de l'outil informatique pour planifier, gérer et contrôler les opérations de fabrication, la fabrication elle-même n'étant plus que l'étape finale. C'est surtout cet aspect qui remet en cause toute la structuration de notre exercice quotidien et plus particulièrement nos relations entre chirurgiens-dentistes et prothésistes.

* Computer Aided Design and Manufacturing.

En quoi la CFAO en prothèse dentaire se différencie-t-elle de la CFAO en général ?

Je n'aime pas cette expression « CFAO en prothèse dentaire ». Elle est à la fois restrictive dans sa fonction et limitative dans ses applications. Parlons de CFAO dentaire (et médicale).

La différence entre la CFAO en général et la CFAO dentaire est une notion historique.

Pour cela, il faut se rappeler que l'invention de la CFAO dentaire s'est faite en décembre 1970. La chaîne qui a été alors définie et présentée était fondamentalement différente de ce qui était connu et imaginable à l'époque. Depuis elle a été copiée par toutes les branches de l'industrie, ce qui est en parfaite harmonie avec les règles du monde scientifique.

Ce n'est pas l'inverse, en effet :

- elle a été la première application connue à avoir proposé une **chaîne complète** : conversion analogique/digitale, modélisation, dialogue homme-machine, gestion des règles de conception puis de fabrication, conversion digitale/analogique, fabrication de la pièce prothétique. Jusqu'à présent, les opérateurs travaillaient sur des objets qu'ils avaient créés à l'écran et dont les architectes étaient les plus friands (la notion de conversion analogique/digitale n'existait pas) ou alors, comme M. Bézier à la régie Renault, ils reproduisaient exactement la forme mesurée par le capteur pour éviter les sculptures manuelles fastidieuses de modèles design ;

- elle a été la première application connue où l'objet en bout de chaîne (la prothèse) était fondamentalement **différent** de l'objet qui rentrait dans la chaîne (la préparation). Il ne s'agissait plus de

reproduire n objets identiques ;

- elle a été la première application connue à **programmer des règles** régissant ces transformations dans le respect du métier l'utilisant (on a défini informatiquement les ordres à suivre pour obtenir une belle prothèse à partir d'une préparation). L'objet était donc toujours différent et respectait son milieu.

Il faut retenir, me semble-t-il, que c'est surtout la première méthode qui a introduit la notion de numérisation d'un objet quelconque (la bouche du patient) conduisant, grâce à cette chaîne complexe CFAO, à la fabrication de quelque chose de différent et complémentaire.

La dentisterie a inventé la chaîne complète de CFAO telle que nous l'entendons aujourd'hui. Elle est identique aux autres systèmes car ses industriels y ont vu un nouveau domaine d'application (et non l'inverse).

Quelles sont les grandes étapes de réalisation d'une restauration partielle ou unitaire totale ?

Nous avons tout d'abord le captage des données, c'est-à-dire le relevé des points constituant la surface de la ou des préparations. On appelle cette étape la conversion analogique/digitale. Pour cela il existe deux voies distinctes :

- la prise d'empreinte optique directement en bouche. Le maître de cette technologie est aujourd'hui le Cerec de Sirona suivi de plus en plus près par le Lava Cos de 3M ESPE (fig. 1). D'autres systèmes apparaissent et continueront à contribuer à l'implantation de plus en plus importante de la méthode directe ;
- la prise d'empreinte à l'aide de

de plus en plus par les scanners optiques (fig. 2). Cette empreinte optique est indirecte car elle oblige à passer par l'empreinte traditionnelle qui, après coulée, sera scannée dans ces appareils présents le plus souvent dans les laboratoires. Les données ainsi collectées sont envoyées dans l'ordinateur sous forme de points, on appelle cela un nuage de points, qu'un logiciel de modélisation utilisera pour reconstituer une surface continue représentant la préparation et son environnement (fig. 3). On appelle cela « étape » ou « phase de modélisation » du modèle et/ou de la prothèse.

Commence alors le dialogue homme-machine : après avoir défini la dent traitée, le matériau utilisé, le nom du patient..., les limites de la ou des préparations (ligne de finition, zones de contact...) sont interactivement



1. Il est possible d'utiliser une caméra endobuccale si l'on souhaite limiter les erreurs d'empreinte (ici, le Lava Cos).

2. Dans les laboratoires équipés d'un système de CFAO, on utilise beaucoup les scanners (ici, le scanner double tête i3 Evolution de Synoprod) pour réaliser l'empreinte optique sur le modèle transmis par le chirurgien-dentiste.



3. Le modèle virtuel obtenu peut avoir un réalisme proche du modèle réel comme le montre ce détail d'une empreinte réalisée avec le système Lava (3M ESPE).

4. L'adaptation de la dent théorique présente dans la mémoire de l'ordinateur

est aujourd'hui automatique dans tous les systèmes. Elle se fonde souvent sur des éléments indiqués ou contrôlés par l'opérateur (ici, la ligne de finition avec le système GN1 de GC).

tracées/contrôlées à l'écran. Cette étape passée, le logiciel de CAO « dentaire », connaissant l'épaisseur désirée pour le ciment, proposera un modèle de dent dit théorique et l'adaptera partiellement sur la ou les préparations (fig. 4). L'opérateur dispose d'outils « virtuels » lui permettant de finir manuellement à l'écran les adaptations qu'il pourrait juger nécessaires comme le respect et le type de l'occlusion (dans les systèmes les plus sophistiqués). La future reconstitution étant « modélisée » (fig. 5), elle sera transformée en données spécifiques reconnaissables par la commande numérique de la machine-outil. Le passage du modèle virtuel à la prothèse réelle est appelé conversion digitale/analogue. Cette réalisation peut se faire par soustraction (fraiseuse, électroérosion, ultrason) ou par addition (prototypage rapide, projection plasma, fusion ponctuelle...).

Quelles sont les matières pouvant être usinées en CFAO ?

Tous les matériaux. C'est indiscutablement l'un des apports les plus fondamentaux de la CFAO à la dentisterie. Elle a permis à notre science de s'ouvrir à tous les matériaux usinables. Dans ce choix immense apparaîtront, année après année, de nouveaux matériaux, la zircone étant l'exemple le plus évident aujourd'hui. Quasiment inutilisable en méthode traditionnelle, la CFAO l'a rendue accessible pour le bien-être esthétique des patients. Pouvoir faire varier mathématiquement et homothétiquement (ou non d'ailleurs) le volume et la modélisation de 10 à 30 % a rendu possible le fait de travailler la zircone sous forme TZP (Tetragonal Zirconia Polycrystals), même si la HIP (Hot Isostatic Pressure) est elle aussi réalisable en CFAO dentaire. Demain, ce sera sur des critères d'orientation des composants des

matériaux hétérogènes que nous travaillerons.

Quelles étaient les contraintes d'hier et quelles sont celles d'aujourd'hui ?

Vous voulez sans doute parler des matériaux.

Hier, le grand critère qui dirigeait la sélection était la réponse à la question : ce matériau est-il utilisable par les techniques dont nous disposons dans nos laboratoires privés ? L'injection (cire perdue) étant la plus pratiquée, cela réduisait notre champ d'investigation à moins de 2 % des matériaux disponibles sur terre. Ensuite, le critère de biocompatibilité affinait la sélection. Il ne restait plus grand-chose : certains alliages métalliques, les résines et certaines céramiques. Aujourd'hui, tout ou presque étant usinable (fig. 6 et 7), nous passons directement au critère de « biocompatibilité » et pouvons concentrer notre effort sur l'action médicale, cœur de notre métier.

Les contraintes d'aujourd'hui sont en rapport avec les faibles développements engagés sur cette voie qui paraît néanmoins pleine de promesses. Nous restons encore trop traditionnels et nous nous rassurons en utilisant des « céramiques ». Cela me rappelle les premières automobiles qui ressemblaient plus à une calèche qu'à une voiture ! La contrainte d'aujourd'hui est humaine, pas technique. Lorsque la contrainte technique apparaîtra pour la CFAO dentaire, ce qui ne manquera pas d'arriver un jour, nous aurons un choix immense de matériaux.

Une prothèse fabriquée selon le procédé de CFAO est-elle de meilleure qualité qu'une autre ?
Si l'on en croit les utilisateurs prin-

cipaux, les prothésistes équipés de CFAO, la réponse est oui.

Cherchons plutôt les raisons de cette réponse :

- au niveau de l'empreinte, la méthode optique est à la fois plus précise et plus respectueuse du modèle sur lequel nous allons travailler. Le fait de numériser rend indéformable les données de la position spatiale de chacun des points constituant la surface de notre préparation. Il n'en est pas de même de notre empreinte en alginate, même si nous mettons des cotons mouillés... Ces points

sont connus sous la forme d'un registre d'information, une matrice {x, y, z...} indéformable puisque numérique, et plus l'informatique progressera, plus la résolution (nombre de points) sera élevée. Il en sera de même de la précision qui évoluera avec la progression des méthodes et des capteurs (CCD, Cmos). Pour donner un exemple, le premier système de CFAO dentaire utilisait 250 000 points par vue, aujourd'hui nous parlons de 30 millions ! ;

- au niveau du transfert cabinet-laboratoire, la transmission numé-

rique respecte plus l'empreinte que la multitude de coulées, copies... sans parler de son transport, même si l'empreinte est en plâtre ;

- au niveau de la modélisation, le fait de pouvoir travailler sur une « maquette » grossie à l'écran rend évidemment plus faciles et plus précises les interventions. Bientôt, le travail se fera sur des modèles virtuels 3D « hors de l'écran », comme l'opérateur le faisait sur son « modèle en plâtre », mais il ne risquera plus de le déformer, de l'user ou de le casser. La boucle sera bouclée ;

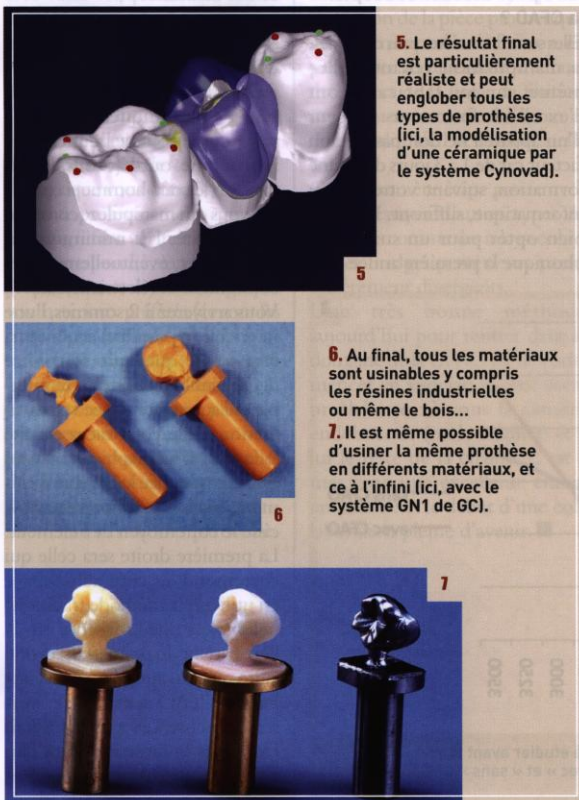
- enfin, la fabrication par CFAO de la prothèse permet de contrôler sa réalisation sur des critères mécaniques précis, spécifiques à chaque prothèse et modulables plutôt que sur des observations empiriques et générales (revêtements hygroscopiques...).

Pour le reste, les contraintes sont les mêmes : un travail sérieux et respectueux des propriétés physiques, chimiques et biologiques du matériau est la règle. Certes, la traçabilité des matériaux, impossible dans le passé, est devenue obligation en CFAO, mais il faut que les conditions de manipulation finales soient respectées dans les deux techniques.

Les différents procédés actuellement disponibles sont-ils comparables ?

Non, mais vous en aurez toujours pour l'équivalent de l'argent que vous investirez !

Les procédés ne sont pas comparables. Il existe une relation directe entre les performances de la machine et son prix de vente. Les fabricants de matériel CFAO ne font pas leur marge principale sur l'appareillage mais sur le consom-



mable, mises à jour, évolutions et service après-vente compris. Plus le système offre d'options (couronnes, bridges, occlusion, implants...), plus il est cher.

Les petits appareils sont limités en application et ne sont pas utilisables en cabinet dentaire car ils obligent à un travail de préparation (du modèle pour le scanner) et de finition que seul le prothésiste maîtrise. Les gros appareils sont très coûteux et ne peuvent intéresser que de gros laboratoires ou des regroupements du type SCM. Les équipements décentralisés (le scanner, voire la CFAO) sont dans le cabinet/laboratoire alors que la fabrication est assurée par une centrale industrielle) réduisent le coût mais augmentent la complexité de la chaîne de fabrication.

Il existe une vraie famille de produits pour le cabinet dentaire où le Cerec est indiscutablement le chef de file. Ses résultats sont excellents et sa maniabilité con-

forme aux exigences d'un cabinet dentaire. Le Lava Cos est en train de faire sa place sur des bases techno-scientifiques solides et sérieuses. Je suis plus réservé sur les quatre autres appareils pour le cabinet dentaire que je ne connais pas assez pour les juger. Un chirurgien-dentiste, qui n'a pas de laboratoire intégré, devra sans hésiter se tourner vers ce type de matériel, les autres appareils ne pouvant être maîtrisés que par les prothésistes.

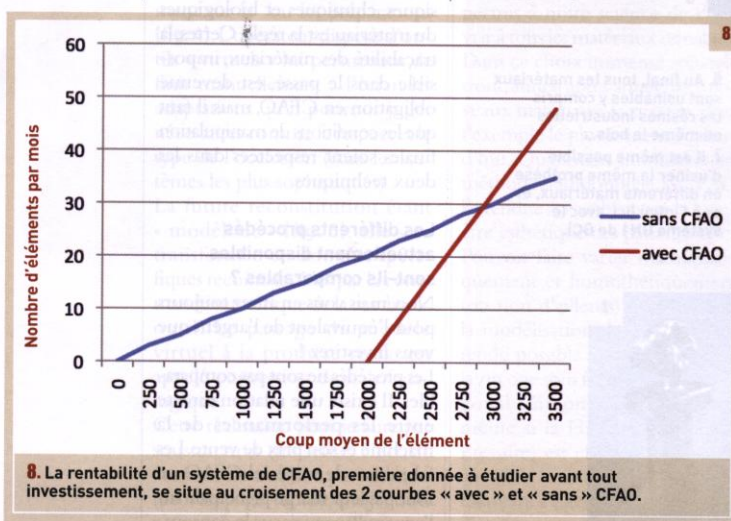
Quelle démarche devons-nous faire pour accéder et adopter la CFAO ?

Elles sont financières puis cliniques, la manipulation venant d'elle-même car les fabricants ont d'excellents formateurs. La peur d'un appareil ne doit pas être un facteur car de 1 à 3 jours de bonne formation, suivant votre niveau informatique, suffiront. Pensez à bien opter pour un suivi téléphonique la première année (très

important, car les questions que l'on se pose apparaissent lors des premières manipulations solitaires). D'abord, il faut vérifier rapidement que la rentabilité du système est possible dans votre exercice quotidien. Pour cela, il faut tout ramener au coût mensuel/trimestriel de l'appareil :

- vous avez des frais fixes qui sont le leasing (prendre toujours un leasing avec upgrade/reprise car les appareils évoluent de plus en plus vite), le coût de la maintenance (important pour les calibrations des appareils...) et des assurances ;

- vous avez des frais variables qui sont fonction de vos prévisions d'utilisation : le coût de la préforme (bien savoir si vous faites plus de céramiques, de provisoires...), le coût de l'outillage de la machine-outil (outils, lubrifiant...), le coût-homme si ce n'est pas vous qui manipulez (compter, par sécurité, 1 h minimum par élément) et, éventuellement, les consommables (électricité, eau...). Vous arriverez à 2 sommes, l'une invariable (si j'ose dire) et qui devra être payée quel que soit votre degré d'utilisation, et l'autre variable qui augmentera avec votre utilisation réelle. Vous tracez ensuite 2 droites sur un graphique où vous avez en ordonnée le nombre d'éléments réalisés par mois et en abscisse le coût moyen de l'élément. La première droite sera celle qui correspond au coût actuel payé en utilisant la méthode traditionnelle (c'est une croissance régulière partant du point [0,0]) et une autre où vous aurez le coût en utilisant la CFAO dentaire (elle croîtra l'abscisse à la valeur des frais fixes mais sa croissance sera plus rapide). Ces 2 droites se croiseront en un point important appelé



point de rentabilité. Ce point vous indique, en ordonnée, le nombre minimal d'éléments qu'il faut faire mensuellement (trimestriellement) pour que l'achat soit rentable. Ce graphique vous indiquera aussi l'économie réalisée au-delà de ce nombre minimal de rentabilité. En général, ce point se trouve entre 25 et 30 éléments par mois pour un cabinet dentaire. Vive les cabinets de groupe (fig. 8) !

Il va de soi que cette présentation est simpliste. Si vous souhaitez franchir le pas, refaites ce calcul avec votre comptable. Elle exclut la joie de manipuler ce merveilleux outil ou celle de travailler avec son prothésiste, compagnon indispensable qui peut se charger de la CFAO. Cela ne se calcule pas ! Elle ne tient pas compte non plus des économies de temps et de l'image que vous donnez de votre exercice professionnel.

Ensuite, il faut vérifier si le matériel correspond à votre mode de préparation et à celui exigé par vos matériaux préférés (ce sont les matériaux qui limitent la préparation, ce n'est pas l'empreinte optique). Pour ne pas être déçu, je vous conseille de tester plusieurs systèmes avec vos propres modèles. N'utilisez jamais de modèles de démonstration. Votre modèle devra, de préférence, avoir 2 incisives centrales du bas particuliè-

rement hautes et rapprochées, préparées par vos soins. L'empreinte optique réalisée sur ce type de préparation est la plus difficile à numériser. Elle n'aime pas les préparations verticales et/ou rapprochées !

Pour la modélisation, il n'y a rien à dire car tous les systèmes sont aujourd'hui excellents. Comme vous choisissez une voiture, vous préférerez un système plutôt qu'un autre, cela vous sera personnel. La gentillesse et la compétence de votre formateur y seront pour beaucoup !

Enfin, vous devrez aller jusqu'à la réalisation de la pièce prothétique pour bien contrôler la finition, en particulier au niveau de sa tenue, du respect de la ligne de finition que vous avez tracée à l'écran et de la qualité de l'occlusion si elle existe.

Cette première étape passée avec succès, essayez d'autres types de prothèses comme des inlays-onlays et des bridges postérieurs particulièrement divergents.

Une très bonne méthode aujourd'hui pour rentrer dans le domaine de la CFAO est de commencer en association avec votre prothésiste : à vous la caméra endobuccale (ou le scanner) et à lui le reste de la chaîne. C'est à mes yeux une excellente entrée en matière et le début d'une collaboration pleine d'avenir. ■

> Lectures conseillées

Duret F. La CFAO dentaire d'hier, d'aujourd'hui et de demain : 35 ans d'histoire. Alpha Omega News 2006;99:6-11.

Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO, le temps des démonstrations. Inf Dent 2007;29:1663-1668.

Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO, histoire vécue : le temps des pionniers. Inf Dent 2007;29:1659-1663.

Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO, Futur prometteur. Inf Dent 2007;29:1704-1712.

Duret F, Pelissier B. Techniques de prise d'empreinte par CFAO. Encycl Med Chir 2010 (sous presse).

Guillaume A. Les dossiers de technologie dentaire : le cœur des Cad/Cam. Technologie Dentaire 2008;260/261:5-144.

Perelmutter S, Duret F, Lelièvre F, Lecarbonnel A, Chéron R. La prothèse céramo-céramique par CFAO. Vol. 1. Réussir. Paris : Quintessence Int., 2009.

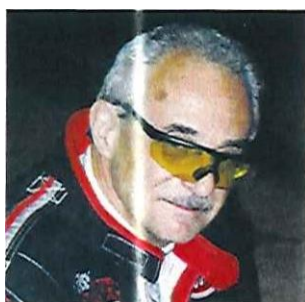
Samama Y, Ollier J. La prothèse céramo-céramique et implantaire : le système Procera. Vol. 1. Réussir. Paris : Quintessence Int., 2002.



RÉPONSE D'EXPERT

Coordination
Amir CHAFAIE, Associate Professor-
HP in Marseille

The prosthesis of tomorrow will be CAD / CAM or ...



> Our expert

François DURET

Doctor of Dental Surgery and
Odontology, Master in Sciences
and PhD in Medicine/Biology H.

CAD / CAM exactly?

Behind this generic term - that everyone knows - CAD / CAM or "Computer Assisted Design and Manufacturing» (CFAO* in French) - hides a complex, evolutionary and fundamental technique. In addition, the dedicated CAM, that is to say that apply to a specific domain such as dentistry, can range from simple technological change to the questioning of millennial fundamental principles that guide our mind to apply our creativity. It is so difficult to define. It covers the "design" aspect (creation, modification, rulemaking action ...), the "manufacturing" part (machining in all its forms, materials ...) but also the connection between the design and manufacture (dialogue, connection, Wi-Fi, Internet, specific or universal language ...). The CAD / CAM is not only that, it is much more: it is a "technique in which man and machine come together to solve problems" ... Let us not forget that behind the term "assisted" hides a notion where the man "remains the master with all his know-how and all his creativity.

Furthermore, CAD / CAM is not limited to the manufacture of prostheses as we too often read it.

What is

It designs and uses all the digital tools applicable on the scanned model to apply computer-based medical diagnostics (DentoFacial Orthopedics ...) and artificial intelligence, or other expert systems.

It is a universal method being applied to a real object whose physical characteristics are known. This is probably why the Anglo-Saxons always have refused to merge the two functions: CAD and CAM in CAD / CAM. For them the function is complementary but different. This point of view allows to better define this definition more complex than it seems.

The CAD introduces two fundamental concepts: that of the human-machine dialogue where the qualities of the human being will be best used (knowledge, synthesis, inventions ...) and that of the representation of the object which will always have to be in an accessible format to the user and / or the analysis and proposal software. It is this dialogue that has hindered our elders but that new generations perfectly masters.

CAM, the second step of the process, for its part, is the use of the computer tool to plan, manage and control the manufacturing operations; the manufacture itself being only the final step. It is especially this aspect that challenges the entire structuring of our

No one can ignore the digital revolution of our profession. The dental prosthesis is turning a new page right now, offering possibilities that we considered as dreams yesterday!

Prostheses of better quality, more resistant, more biocompatible and more aesthetic are now within reach. Who better than François Duret, at the origin of innumerable innovations in our profession, to talk about his first invention, at 22 years old:

The CAD / CAM revolution

daily practice and, in particular, relationships between dentists and dental technicians.

In what way, in dental prosthesis, does CAD / CAM differ from CAD / CAM in general?

I do not like this expression "CAD / CAM in Dental Prosthesis". It is both restrictive in its function and limiting in its applications. Let's talk about Dental (and Medical) CAD / CAM. The difference between CAD / CAM in general and dental CAD / CAM is a historical notion.

For this, it must be remembered that the dental CAD/CAM invention was made in December 1970. The chain then defined and presented was fundamentally different from what was known and imaginable at the time. Since it has been copied by all branches of the industry, which is in perfect harmony with the rules of the scientific world. This is not the opposite, in fact:

- It was the first known application having proposed a **complete chain**: analog / digital conversion, modeling, man-machine dialogue, policy management design and manufacturing, digital / analog conversion, manufacture of the prosthetic component.

* Computer Aided Design and Manufacturing

So far, operators working on objects they had created on screen and whose architects were most fond (the concept of analog / digital conversion does not exist) or, as Mr. Beziers at Régie Renault (state-owned company), they exactly reproduced the shape measured by the sensor to avoid the tedious manual sculptures of design models ;

- It was the first known application wherein the chain end object (the prosthesis) was fundamentally **different** from the object that entered the chain (the preparation). It was no longer a question of reproducing 'n' identical objects;

- It was the first known application **programming rules** governing these transformations, in accordance with the profession using it (orders to follow in order to obtain a beautiful prosthesis from a preparation were defined by computer). The object was always different and respected its environment.

We must remember, it seems to me, that it is especially the first method which introduced the concept of digitization of any object (the mouth of the patient) leading, thanks to this complex chain CAD / CAM, to the fabrication of something different and complementary.

Dentistry has invented the complete CAD / CAM chain as we understand it today. It is identical to other systems because its manufacturers have seen a new area of application (and not the other way around).

What are the main steps in making a partial or total unit restoration?

We first register data, that is to say the list of the points constituting the surface of the preparations. This step is called the analog / digital conversion. For this there are two distinct ways:

- optical impression taking directly in the mouth. Cerec from Sirona is now master of this technology, followed more and more closely by the Lava Cos from 3M ESPE (Image 1). Other systems are appearing and will continue to contribute to the increasingly important implantation of the direct method;



1. To minimize impression errors, you may use an intra-oral camera (here, Lava Cos).

- The taking of impression using mechanical probes increasingly supplanted by optical scanners (Image 2). This optical impression is indirect, in having to go through the traditional impression which, after casting, will be scanned by these devices present most often in laboratories. The collected data is sent to the computer as dots, this is called a cloud of points, that a modeling software will use to reconstruct a continuous surface representing the preparation and its environment (Image 3). This is called "step" or "modeling phase" of the model and / or prosthesis.

Then began the man-machine dialogue: after setting the treated tooth, the material used, the patient's name ... the limits of or preparations (finish line contact areas ...) are interactively traced / controlled in 'screen'.

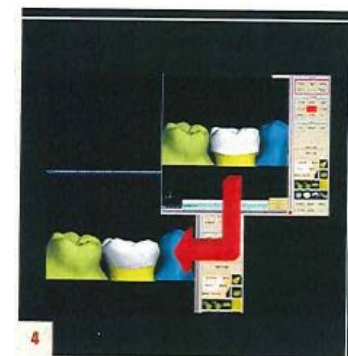
After this step, the "dental" CAD software, knowing the desired thickness for cement, will propose a so-called theoretical tooth model and adapt it partially to the preparation(s) (Image 4). The operator has "virtual" tools allowing him to manually finish on screen the adaptations that he might consider necessary, such as respect and the type of occlusion (in the most sophisticated systems).



2. In labs equipped with a CAD / CAM system, scanners (here, the Cynoprod i3 Evolution, double head scanner) are extensively used to perform the optical impression on a model transmitted by the surgeon-dentist.



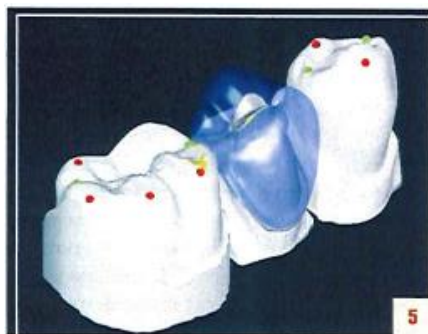
3. The resulting virtual model can show a realism close to the real model as shown in this detail of an impression made with the Lava System (3M ESPE).



4. The adaptation of the theoretical tooth present in the computer's memory is automatic now in all systems. It is often based on the listed elements or controlled by the operator (here, the finishing line with the GN1 GC system).

The future reconstruction being "modeled" (Image 5), it will be transformed into specific data recognizable by the numerical control of the machine tool. The transition from the virtual model to the actual prosthesis is called digital / analog conversion.

This realization can be done by subtraction (milling, electro erosion, and ultrasound) or by addition (rapid prototyping, plasma spraying, point fusion ...).



5. The final result is particularly realistic and can concern all types of prostheses (here, modeling a ceramic with the Cynovad system).

Which materials can be machined in CAD / CAM?

All materials. This is undoubtedly one of the most fundamental contributions of CAD / CAM to dentistry. It has allowed our science to open up to all machinable materials. In this huge choice will appear, year after year, new materials. Today, Zirconia is the most obvious example. Almost unusable in the traditional method, CAD / CAM has made it accessible for the aesthetic well-being of patients.

Can be varied mathematically and homothetically (or not also) the volume and modeling of 10 to 30% has made possible the fact of working as zirconia TZP (Tetragonal Zirconia Polycrystals), even if the HIP (Hot Isostatic Pressure) is also feasible in dental CAD / CAM.

Tomorrow, it will be on criteria of orientation of the components of heterogeneous materials that we will work.

What were the constraints of yesterday and what are today's?

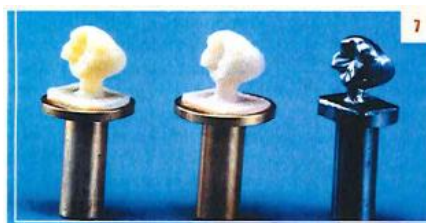
You are probably talking about materials.

Yesterday, the major criterion that led the selection was the answer to the question: Can this material be used by the techniques available in our private

laboratories? Injection (lost wax) being the most practiced, it reduced our field of investigation to less than 2% of the available materials on earth. Then, the criterion of biocompatibility was refining selection. There was not much left: some metal alloys, resins and some ceramics. Today, almost everything is machinable (Images 6 & 7), we go directly to the criterion of "biocompatibility" and can focus our efforts on medical action, the heart of our business.



6. In the end, all materials are machinable including industrial resins or even wood...



7. You can also machine the same prosthesis in different materials over and over (here, with GC's GN1 system).

Today's constraints are associated with the weak developments started on this track, which nevertheless appears promising. We still remain too traditional and we reassure us by using "ceramics". It reminds me of the first cars that looked more like a horse-drawn carriage than a car! Today's constraint is human, not technical. When the technical constraint will appear for dental CAD / CAM, which will surely happen one day, we will have a huge selection of materials.

Is a prosthesis manufactured by the CAD / CAM process better than another?

If we believe the main users, the prosthetists equipped with CAD / CAM, the answer is yes.

Rather let's seek the reasons for this answer:

- Regarding the impression, the optical method is both more accurate and more respectful of the model on which we will work. Being scanned makes indeformable the data of the spatial position of each of points constituting the surface of our preparation.

It is not the same with our alginate impression, even if we put wet cottons ... These points are known as an information register, a matrix(x, y, z ...) indeformable since it is digital, and the more the computer technology advances, the higher the resolution (number of points) will be. It will be the same for the precision that will evolve with the progression of methods and sensors (CCI, Cmos). To give an example, the first dental CAD / CAM system used 250,000 points per view, today we are talking about 30 million!

- Regarding the transfer dental practice-laboratory, digital transmission meets the most impression than the multitude of castings, copies ... not to mention transport, even if the dental impression is made of plaster (dental stone);

- Regarding modeling, being able to work on a "model" magnified on the screen obviously makes the interventions easier and more precise. Soon the work will be done on virtual 3D models "off the screen", as the operator did on his "stone model", but he could not anymore distort it, wear out or even break. The loop will be closed;

- Finally, the CAD / CAM manufacture of the prosthesis allows to control its realization on precise mechanical criteria, specific to each prosthesis and modular, rather than on empirical and general observations (hygroscopic coatings ...).

Otherwise, the constraints are the same: a serious and respectful work of the physical, chemical and biological properties of the material is the rule. Certainly, material traceability, not in the past, became obligation in CAD / CAM but it is necessary that the final handling conditions are respected in both techniques.

Are the various currently available processes comparable?

No, but you will always have the equivalent of the money that you will be investing!

The processes are not comparable. There is a direct relationship between the performance of the machine and its selling price. CAD / CAM Equipment manufacturers do not achieve their main margin on the equipment but on the consumable, updates, developments and after-sales service included. The more options (crowns, bridges, occlusion, implants ...) the system offers, the more expensive it is.

Small devices are limited in application and cannot be used in the dental practice because they require a preparation work (the model for the scanner) and a finishing job that only the prosthetist masters.

Large devices are very expensive and can involve only large laboratories or business combination as SMC (Civil Society of Means: non-trading private company).

The off-center equipment (scanner or CAD / CAM are in the dental practice / laboratory, while manufacturing is ensured by an industrial plant) reduce the cost but increase the complexity of the production line.

There is a real product line for the dental practice where the Cerec is the undisputed leader. Its results are excellent and its agile handling complies with the requirements of a dental practice. The Lava Cos is finding its niche on solid and serious techno-scientific bases. I have some reservations about the four other dental devices that I do not know enough to judge. A dental surgeon, who does not have an integrated laboratory, will have to turn to this type of equipment with no hesitation, the other devices can only be mastered by prosthetists.

Which approach should we adopted to access and adopt CAD / CAM?

They are financial then clinical, the handling coming from itself since manufacturers have excellent trainers. The fear of the device should not be a factor because 1 to 3 days of good training will suffice, depending on your

computer level. Remember to opt for a telephone follow-up the first year (very important, because the questions we ask ourselves appear in the first lonely manipulations). First of all, quickly check that the profitability of the system is possible in your daily exercise. For this, you must bring it in line with the monthly / quarterly cost of the device.

- You have fixed costs that are leasing (always take a lease with upgrade / recovery because the devices are evolving faster and faster), cost of maintenance (important for calibration devices ...) and insurance;

- You have variable costs that are based on your use forecasts: the cost of the preform (know if you do more ceramics, temporary...), the cost of tooling of the machine-tool (tools , lubricant ...), cost-man if it is not you who handle (counting, for safety, minimum 1 hour per element) and possibly supplies (electricity, water ...). You will arrive at 2 sums, one invariable (dare I say) and which must be paid regardless of your level of use, and the other variables that will grow with your real use.

You will then draw 2 lines on a chart where you have the number of elements made per month on the x-axis and the average cost of the element on the y-axis. The first line will be the one corresponding to the current cost paid using the traditional method (steady growing from the point [0.0]) and another one where you will have the cost using dental CAD / CAM (crossing the x-axis on the value of fixed costs but its growth will be faster). The intersection of these two lines will be at an important point called point of profitability.

This point indicates, on the y-axis, the minimum number of elements that must be done monthly (quarterly) for the purchase to be profitable.

This chart will also show you the savings achieved beyond this minimum number of profitability.

Usually this point is between 25 and 30 elements per month for a dental office. Long live the group practices ([Image 8](#)).

It goes without saying that this presentation is simplistic. If you want to take the step, recalculate this with your accountant.

It excludes the joy of manipulating this wonderful tool or that of working with his prosthetist, essential companion who can take care of CAD / CAM. This cannot be calculated!


It also does not take into account the time savings and the given image of your professional practice.

Then, check whether the equipment corresponds to your method of preparation and the one required by your favorite materials (these are materials that limit the preparation, not the optical impression). To avoid disappointment, I advise you to test several systems with your own models. Never use demonstration models. Your model should preferably have two lower central incisors, particularly high and close together, prepared by you. The optical impression made on this type of preparation is the most difficult to scan. It does not like the vertical preparations and / or close!

For modeling, there is nothing to say because all systems are now excellent. As you choose a car, you will prefer one system over another, it will be personal. The kindness and competence of your trainer will be there for many!

Finally, you have to go until the completion of the prosthetic part to properly control the finish, especially at its outfit, respect for the finish line you drew on the screen and the quality of the occlusion if it exists.

This first step successfully passed, try other types of prostheses such as inlays-onlays and particularly divergent posterior bridges.

Today, a very good method to get into the field of CAD / CAM is to start together with your prosthetist: to you the intraoral camera (or scanner) and to him the rest of the chain. To me, this is an excellent introduction and the beginning of a future promising collaboration. 

> Helpful readings

Duret F. La CFAO dentaire d'hier, d'aujourd'hui et de demain : 35 ans d'histoire.

Alpha Omega News 2006;99:6-11.

Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO, le temps des démonstrations. Inf Dent 2007;29:1663-1668.

Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO, histoire vécue : le temps des pionniers. Inf Dent 2007;29:1659-1663

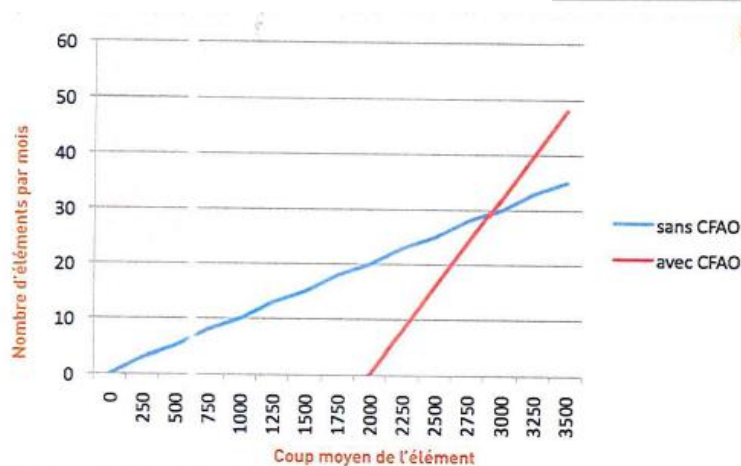
Duret F, Duret B, Pelissier B. CFAO, Futur prometteur. Inf Dent 2007;29:1704-1712.

Duret F, Pélissier B. Techniques de prise d'empreinte par CFAO. Encycl Med Chir 2010 (sous presse).

Guillaume A. Les dossiers de technologie dentaire : le cœur des CAD/CAM. Technologie Dentaire 2008;260/261:5-144.

Perelmuter S, Duret F, Lelièvre F, Lecarbonnel A, Chéron R. La prothèse céramo-céramique par CFAO. Vol. 1. Réussir. Paris : Quintessence Int., 2009.

Samama Y, Ollier J. La prothèse céramo-céramique et implantaire : le système Procera. Vol. 1. Réussir. Paris : Quintessence Int., 2002.



8. The profitability of a CAD / CAM system, the first data to study before any investment is located at the intersection of two curves "with" and "without" CAD / CAM.