



FRANCE Bordeaux • Lyon • Marseille • Montpellier
Nancy • Nice • Paris • Strasbourg • Toulouse
99 Février 2006

Changement de programme :
Les 2^e journées AO à
l'île Maurice seront cette
année à... Eilat (cf p. 3)

Le tout céramique :

Le grand tournant

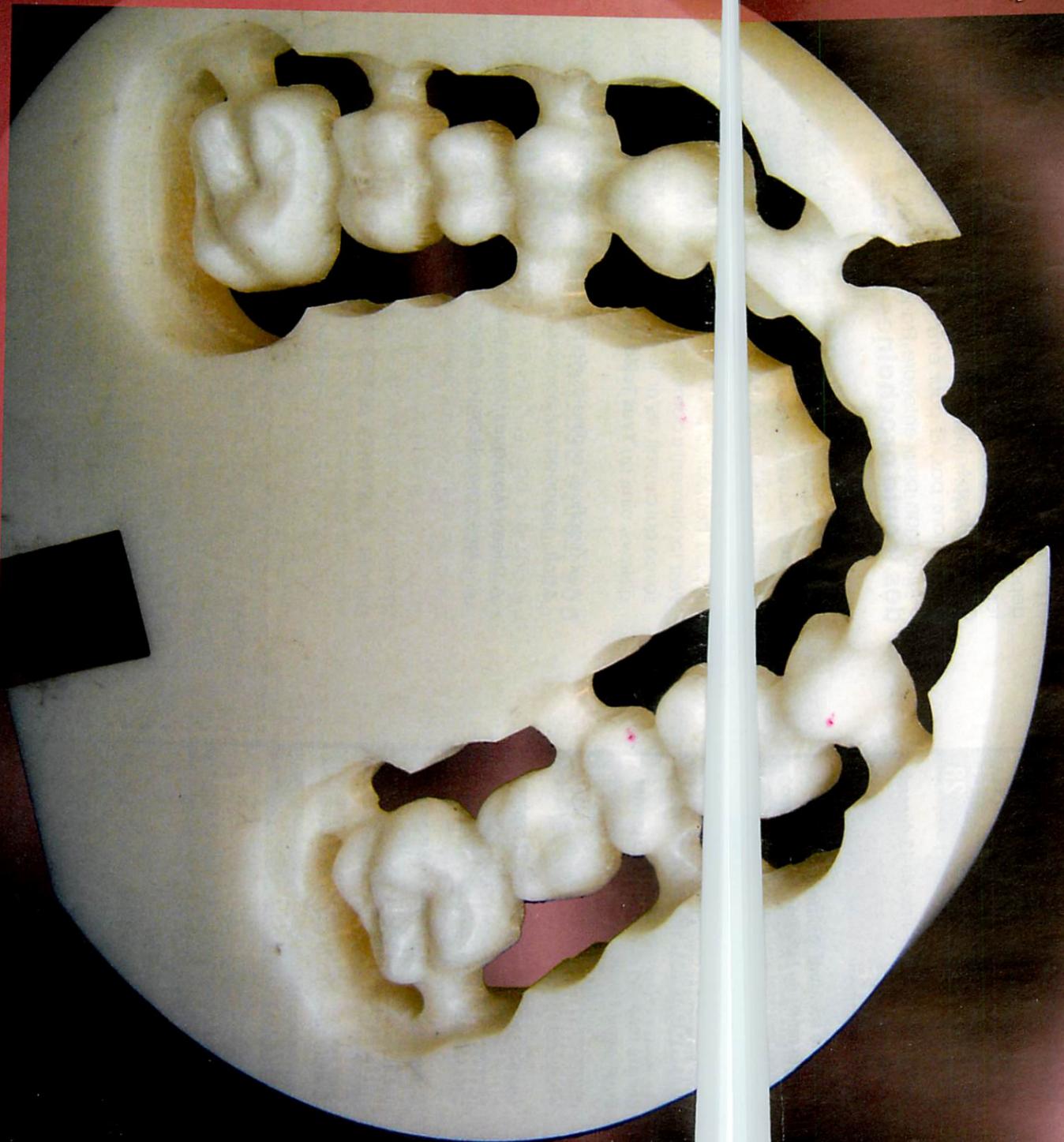
Avec Robert Bugugnani, François Duret,
Elisabeth Duret, Bruno Pélissier,
Simon Pérelmuter, Serge Grynfas,
Bernard Picard, Sylvie Doucet,
Maurice Elmosnino, Marc Thiry,
Xavier Daniel, Renaud Malherbe
et Patrick Génini

Paris :
Jeudi 9 mars

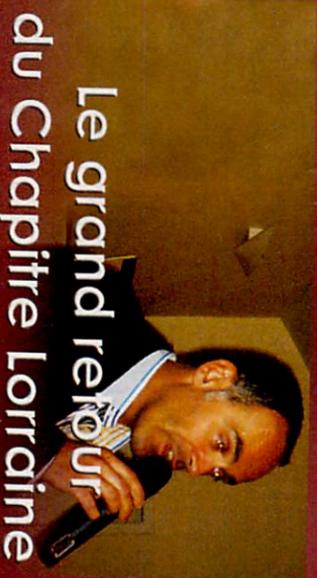
**soirée hors
du commun**

- François Duret
- Michel Degrange
- Simon Pérelmuter

sur une mise en scène
et une conception
audiovisuelle
de Robert Bugugnani



Les Chapitres



Le grand retour
du Chapitre Lorraine



Paris : ADF
reportage complet

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



François Duret

La CFAO dentaire impose au développement et au marché de la technologie dentaire une poussée chaque mois de plus en plus forte. On ne peut plus aujourd'hui envisager faire de la prothèse dentaire sans aborder les possibilités qu'offre la CFAO.

L'avenir va dans ce sens comme vous pouvez le pressentir dans votre vie courante : il ne se passe pas une semaine sans qu'une nouvelle application informatique, quelque part adaptable à la dentisterie, soit présentée dans les médias, au niveau de la publicité ou sur le bureau de vos enfants. Après un développement, souvent achamé par des gens passionnés, la CFAO a acquis ses

lettres de noblesse (1). Cette montée en puissance que nous observons grâce aux intégrations de plus en plus nombreuses des systèmes dans les laboratoires (Procera, Lava, Cercom, Cynovad, GC system, Titan ou autres Digident ...) ou dans les cabinets dentaires (Cerec, D4D ...) ne fera que s'amplifier dans les années à venir. Si aujourd'hui plus de 10% des prothèses sont exécutées par CFAO, dans moins de 20 ans il est fort probable que l'originalité sera de réaliser la prothèse sans CFAO. Cette révolution professionnelle ne s'est pas faite sans mal et cette transformation radicale de fabrication d'une prothèse est loin d'être finie.

La demande d'AO News pour cet article va nous permettre de faire un « come back » sur cette technologie puis d'exposer rapidement un état de l'art pour enfin se projeter dans l'avenir comme nous avons osé le faire, il y a 35 ans, dans une incrédulité générale.

D'un passé bien tourné

La CFAO a construit ses fondements sur les directives d'une thèse de second cycle française, au début des années 70 (2), portant un titre sans doute prémonitoire: « empreinte optique ». Ces principes

fondamentaux ont ensuite été validés à la fois dans notre laboratoire grenoblois (de 1980 à 1987 pour le système Hennson) (3-4) et dans ceux de la faculté dentaire de Zurich (de 1984 à 1988 pour le système Cerec) (5-6). Enfin les grands industriels de la dentisterie sentant l'intérêt de cette technologie pour notre profession ont apporté leurs moyens pour conduire aux systèmes que l'on peut voir aujourd'hui dans tous les grands congrès (7-8). La CFAO dentaire occupe aujourd'hui entre 5 et 15% des stands des congrès mondiaux comme l'IDS à Cologne ! Qui aurait osé imaginer cela en 1973 ?

La première phase marquant l'émer-

gence de la CFAO dans le monde dentaire et qui a duré une quinzaine d'années (1970 à 1985) est souvent appelée la **période des Pionniers**. Elle est nommée ainsi car ce sont des chercheurs isolés, souvent risée de certains de leur collège, qui ont décidé de voir autrement l'avenir de notre métier. Cette période a vu un ensemble de travaux très disparates comme les essais interféro-métriques de Burston (USA) (9) ayant pour objet l'étude des déplacements des dents en ODF, les mesures holographiques de Altschuler (USA) (10-11) cherchant à connaître la déformation des prothèses ou les usinages télécommandés de Butcher (UK) (12) et de Fujita (Japon) (13) débouchant sur la fabrication de dents préfabriquées pour les étudiants et ... les prothèses complètes. Elle a vu aussi naître des équipes décidées à faire réellement de la CFAO dentaire. C'est de 1972 à 1974, que tout a été réuni et synthétisé et que l'idée de faire une prothèse par CFAO (2) a non seulement été proposée mais aussi que les justifications comparatives avec les méthodes traditionnelles (chapitre 1), les bases scientifiques (chapitre 2 à 7), les matériaux (chapitre 8) et la méthode à suivre en dentisterie (chapitre 9) ont été exposées pour la première fois. Il n'était plus question d'affirmer que cela était possible, mais d'expliquer comment scientifiquement cela était réalisable. Le but que ce travail a atteint est d'avoir posé les principes qui sont aujourd'hui ceux régissant les systèmes aussi différents du Cerec ou du Procera.

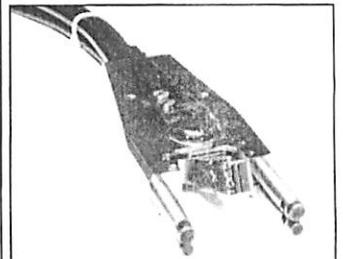


Fig. 1 : Vue la camera de prise d'empreinte utilisée aux entretiens de la Garancière

A partir de 1974 jusqu'en 1985 les travaux se sont intensifiés. Certains sont restés purement théoriques (USA ou Japon) mais deux équipes ont émergé : la première à faire connaître ses résultats fut l'équipe française du Dr Duret (14-15) qui a conçu et présenté le premier système de CFAO dentaire sous la forme d'une maquette de faisabilité à la Garancière en 1982 (16) (fig. 1) puis sous la forme d'un système complet en 1985 à l'ADF (17) (fig. 2).

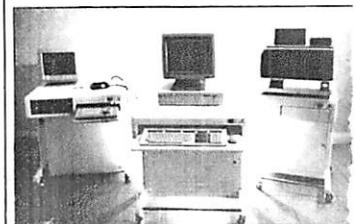


Fig. 2 : Système de CFAO dentaire utilisé à l'ADF

New York University College of Dentistry Continuing Dental Education

An Advanced Clinical Course In Implantology

NEW YORK UNIVERSITY
COLLEGE OF DENTISTRY

en partenariat avec



Du 4 Juin au 11 Juin 2006
tarif participant ou
accompagnant

- Dr. Joseph R. CARPENTIERI
- Dr. Michael SONICK
- Dr. Dennis TARNOW
- Dr. Stephen WALLACE

Renseignements et Inscription auprès du Département Communication & Formations de 3i
Tel : 01 41 05 43 48

Cette équipe a développé le premier système complet composé : d'une caméra 3D de prise d'empreinte extra et endo buccale, d'un logiciel spécifique pour couronnes, inlays et bridges (sur les bases de Euclid de Matra) et d'une machine-outil à commande numérique automatique tant dans le retournement de la couronne que dans le changement de ses outils (7 puis 9 à l'époque). Elle a aussi mis au point un spectro-colorimètre (shadescan) pour mesurer les teintes (17), un logiciel d'occlusion et un articulatoire électronique (access articulatur) permettant de transmettre à la CFAO (18) (fig.3 et 4) les mouvements spéci-

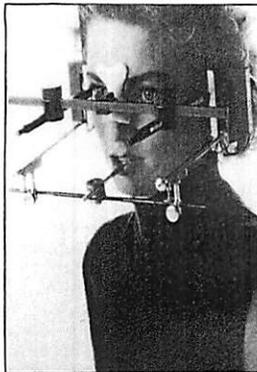


Fig. 3 : Articulatoire opto-électronique

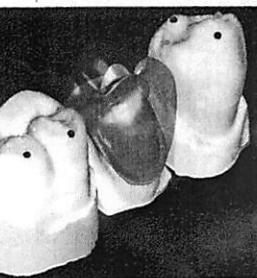


Fig. 4 : modélisation des surfaces occlusales en CFAO (système Cynovad)

figues mandibulaires de chaque patient pour parfaire l'occlusion statique et dynamique, et des matériaux classiques (titan, céramiques Dycor, Empress et Cerestor) (19) mais aussi les premiers usinages de la Zircône en green phase et en

phase finale (au CEA de Grenoble) et des matériaux composites fibreux pré-orientés (Aristée de Spad) (20) qui ont conduit dans un premier temps au développement des tenons en fibre de carbone (composit de RTD) (21) puis en fibre de verre et sans doute dans un deuxième temps au système Targis d'Ivoclar. Ce CAD CAM system

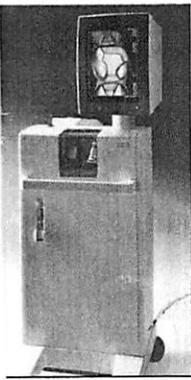


Fig. 5 : Cerec 1 a usiné, en plus des prothèses conjointes, des brackets d'ODF, des dents à tenon et des implants.

A ce système complet mais important et coûteux se sont opposés dès 1985, les travaux remarquables de Moerman et Brandestini (22 à 25), soutenus par Siemens, qui ont conduit au Cerec system pour cabinet dentaire (fig.5 et 6) (et 3 fois moins cher que le système Henson/Sopha). Ce système était extrêmement simple à utiliser et son intégration dans les cabinets dentaires était parfaite. Très compact (cube de 50 cm de côté), rapide dans la réalisation des pièces prothétiques

disponibles (usinage entre 15 à 20 min pour avoir un inlay), convivial grâce à un programme de communication très dentaire et bien imagé (base type macintosh), il proposait l'usinage, hors surface occlusale, des inlays et accessoirement celui des facettes céramiques (26-27). Il travaillait des matériaux céramiques de très bonne qualité développés spécifiquement pour cette application par Vita. Ce, tout en un, a très vite séduit car il était intégrable et transportable d'un fauteuil à l'autre. C'est sa troisième génération que nous connaissons aujourd'hui et qui est si agréable à utiliser, surtout dans sa version Cerec 3D (28) (fig. 7).

En 1988, deux systèmes étaient disponibles sur le marché. Il nous a paru intéressant de rappeler que, ce que ces équipes ont fait à l'époque, n'était pas «un descriptif théorique de l'empreinte en bouche» comme on le lit de plus en plus et trop souvent mais au contraire un développement complet que les

systèmes actuels n'ont souvent fait que copier. A titre d'information, en 1988 l'équipe française totalement dédiée à la CFAO dentaire et ses périphériques, renfermait plus de 50 personnes réparties entre Vienne, Grenoble, Romans, Dijon, Aix en Provence et Bordeaux et a réalisé à USC (Californie) plus de 10.000 couronnes sur modèles de 1989 à 1992. L'équipe suisse a aussi ces mêmes résultats !

C'est aussi à cette période que le système Procera est apparu (29-30), suivi rapidement par d'autres. La période des luttes scientifiques commençait. Elle allait durer 5 ans (1985 à 1990) et permettre de faire découvrir à la fois les équipes impliquées mais aussi les perspectives que cette technologie pouvait apporter à notre métier. C'est également la période des désillusions et de la remise en question pour ceux qui pensaient que la machine était capable de tout faire, y compris de remplacer le prothésiste.... Cette erreur d'analyse a souvent conduit

les septiques à durcir leur opinion et aux supporteurs à trop espérer des possibilités de cet appareil. Ceci s'est traduit par une lutte de présentations et d'articles où toutes les équipes de R&D (recherche et développement), la nôtre comprise, présentant de plus en plus de résultats sans toujours suffisamment les valider. L'intérêt de ces rivalités fut l'émergence de nouveaux systèmes mais aussi l'ouverture de cette technologie à toutes les applications dentaires que ce soit la prothèse complète, l'ODF (9), l'implantologie (31) et même l'endodontie.

Sont apparus en particulier les systèmes :

- Procera de Matt Andersson (29-30), capable de faire des coiffes titane de très bonne qualité mais moyennant une débauche de



Fig. 6 : Cerec 2

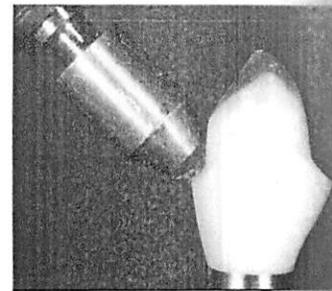
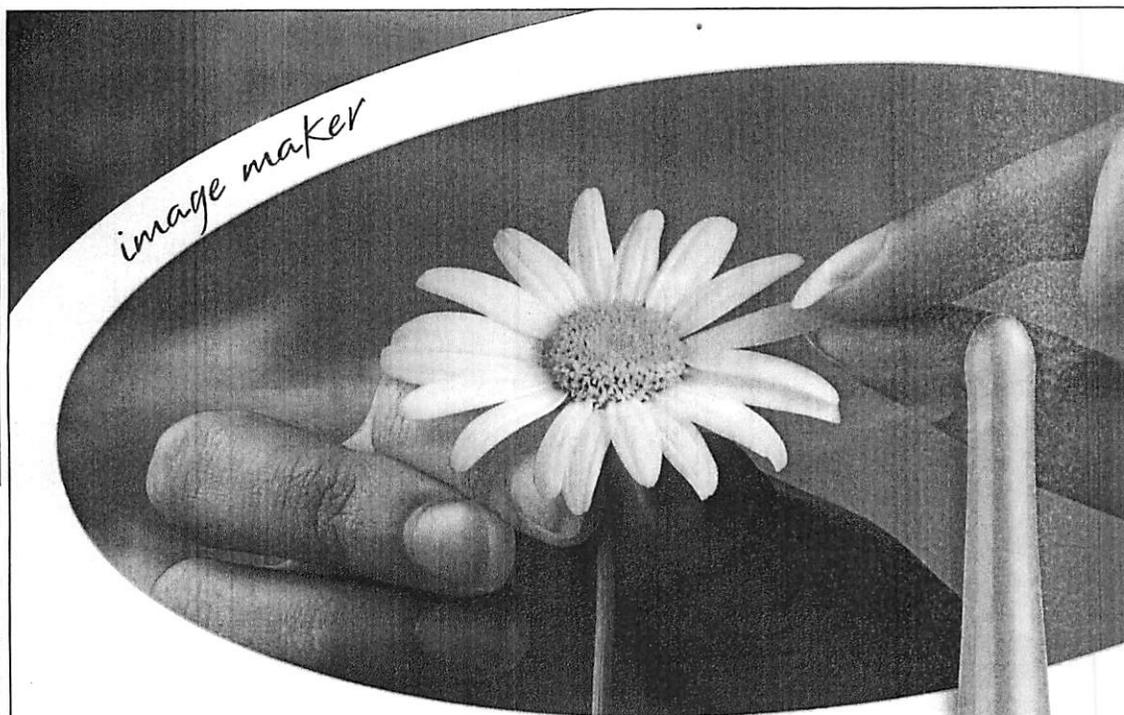


Fig. 7 : Procera première génération



SOPRO 717

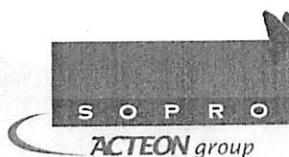
La caméra qui affiche la couleur



SoproShade
concept

D'un simple clic, transformez votre caméra intra-orale en un outil d'aide à la sélection de la teinte.

- Une qualité d'image inégalée • Positions Macro, Intra et Extra-orales
- Eclairage 8 LED "Nouvelle Génération" • Sorties vidéo et numérique USB 2
- Touche sensitive SoproTouch



ZAC Athéna IV • Avenue des Genevriers • 13705 La Ciotat cedex • FRANCE • Tel +33 (0) 42 98 01 01 • Fax +33 (0) 42 71 76 90 • E-mail: info@sopro.acteongroup.com • www.sopro.acteongroup.com



*Système breveté Sopro.

moyens (ce qui n'est évidemment plus le cas).

- Cicero (Elephant) et son très beau logiciel de modélisation développé par Van Der Zel permettant la réalisation de coiffes et de couronnes unitaires céramiques



Fig. 8: micro palpeur de DCS 1

où chaque couche est usinée.

- DCS (32) Titan qui utilisait à l'origine un micro palpeur (fig. 8) et permettait alors l'usinage (le fraissage) des chapas mais aussi des infrastructures de bridges.
- Des systèmes plus simples comme le Celay (33) basé sur une copie à l'aide d'un bras pentagraphe. En 1991 il existait disponible sur le marché 5 systèmes : le Celay, le Procera et le DCS utilisant une lecture par micro palpement mais aussi le Cerec, destiné au cabinet dentaire, et le système Hennson devenu Sopha CAD CAM en 1991 destiné au cabinet dentaire et au laboratoire qui utilisaient l'empreinte optique. À cette époque apparaissait aussi deux nouveaux pôles d'intérêt, l'un américain avec Diane Rekow, travaillant avec Bego puis développant le ProCAD et l'autre japonais (divisé lui-même en trois équipes) et qui allait conduire à la naissance du Cadim, du Decsy et bien sur du GN 1 de GC / Nikon.

1991 à 2000 est la période de stabilisation et de sélection naturelle des systèmes : faire de la CFAO dans un laboratoire devient de plus en plus possible car depuis 1973 l'informatique a considérablement évolué. On trouve sur Internet des bibliothèques de dents modélisées (alors qu'avant il fallait le faire soi-même) ou des programmes de suivi dynamique permettant de parfaire la modélisation occlusale. Les programmes de modélisation CFAO ne sont plus dédiés à une application (militaire, médicale ...) mais apparaissent comme un outil ouvert. Enfin sous la poussée de la micro informatique se présentent des logiciels de traitement d'images ou des machines outils rapides et performantes. Bref le dentiste voulant développer un système de CFAO n'a plus qu'à se rendre dans un grand congrès informatique et acheter des logiciels ou des services applicatifs. Il faut dire que le marché intéresse car il offre une application que bien peu avait programmée dans leur business plan.

C'est dans cette période que :

- Le Cerec (avec Siemens puis Sirona) devient le leader incontesté des systèmes de cabinet « chair side » (34) et passe de la

génération Cerec 1 à la génération Cerec 2 puis Cerec 3 (fig. 9) en multipliant la précision d'empreinte par 5, en offrant des modélisations d'inlays, d'onlays, de couronnes puis de petits bridges avec surface occlusale, en perfectionnant l'usinage qui deviendra double (fig. 10) et de plus en plus précis sans que cela augmente le temps de travail. C'est aussi durant cette période que le logiciel interactif deviendra si convivial et que le choix des matériaux permettra à chaque utilisateur une multitude de possibilités.



Fig. 10: Usinage du Cerec 3

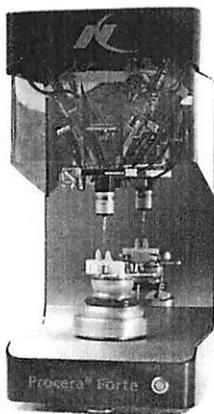


Fig. 11 : micro palpeur de deuxième génération chez Procera

- Le système Procera (35) (fig. 11) s'impose aux laboratoires, leur permettant de se libérer de la contrainte de la réalisation de coiffes uniformes en leur fabriquant en moins de 3 jours, dans des centres particulièrement bien équipés, des coiffes en titane irréprochables, puis en céramique et enfin des abutments s'adaptant très bien sur les implants Branemark... La philosophie du deuxième « grand de la CFAO dentaire » est donc complètement opposée à Cerec : rien chez le dentiste, un peu chez le prothésiste et le plus gros chez l'industriel. Les deux ont trouvé leurs clients, la CFAO aussi.

C'est aussi dans cette période que disparaissent, changent de nom ou apparaissent d'autres systèmes :

- Le grand système des années 80 et 90, le système Hennson/Sopha impose et est repris, après de multiples rebondissements, par une équipe franco-Saoudo-Canadienne et deviendra le système Pro50 de Cynovad. Ce système, reprenant l'ensemble des éléments software de Hennson construit une visualisation des plus réalistes (couronnes, inlays, bridges avec surface occlusale) dans différents matériaux. Cynovad quitte l'intégration globale pour se rallier à la philosophie du Procera et développe des grands centres d'usinage en Allemagne, en France et au Canada.
- Le Système Cicero ne survit pas à son rachat par Degussa, lui-même racheté par Dentsply qui imposera son concept Cercom. Ce travail initialisé sans doute à Zurich est le premier appareil maîtrisant

l'usinage du zircon en « green phase » au début des années 2000. Il y a contrôle réel des variations dimensionnelles entre la maquette lue par balayage laser linéaire, et usinée, et sa forme définitive lors de la phase finale de préparation de la coiffe (contraction de la pièce autour de 25%) (36)

- Le système DSC devient Précident, continue son chemin en passant à la lecture optique automatique (Presiscan) en perfectionnant son logiciel de CFAO et en l'orientant vers l'implantologie et les infrastructures de bridges de grandes étendues (sans oublier les éléments unitaires) et en perfectionnant encore plus sa grosse machine outil à commande numérique (passant de 5 à 30 éléments d'usinage en une passe)
- Le système Digident de Girschbach



Fig. 12 : Digident de Girschbach

(37) (fig. 12), dont on suivit le développement depuis quelques années, entre autre en Allemagne, apparaît vers 2002 sous la forme d'un système très sophistiqué permettant la modélisation de la plupart des éléments prothétiques. D'une lecture simple et rapide, il débouche sur une forme modélisable dans un logiciel très ouvert c'est-à-dire permettant à l'utilisateur beaucoup de possibilités dont la surface occlusale. D'une manipulation CAO rapide et bien guidée sort un usinage quasi automatique (entre 10 et 15 éléments par passe) réalisé automatiquement en titane, zircon ou alumina.

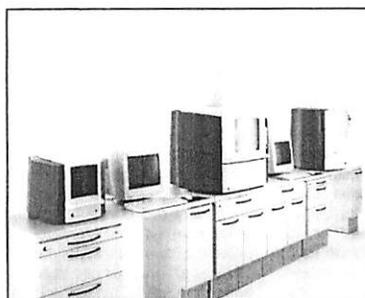


Fig. 13 : Everest de Kavo

- Pour sa part, la société Kavo (fig. 13) bien connue pour son caractère novateur arrive en force au même moment avec le système Everest (38). Système essentiellement destiné aux laboratoires comme le Digident, le DCS ou le Pro 50. L'Everest présente trois modules avec en particulier une très belle machine outil à commande numérique 5 axes capable de travailler les contre-dépouilles dans de très bonnes conditions. Spécialisé dans les coiffes et les infrastructures de bridges (en Titane et Vitro céramique) sans surface occlusale, le système Everest n'est qu'à ses débuts.
- Le Système LAVA de 3M (39) encore peu connu en Europe ou au Japon mais populaire aux USA reste très semblable aux systèmes que nous venons de citer : lecture



Fig. 14: le GN 1 de GC

par scannage laser, modélisation sur une station CAO et usinage jusqu'à 20 éléments en automatique, le Lava traite pour le moment coiffes et armatures sans surface occlusale en zirconium.

- Enfin au Japon nous voyons apparaître le système GN1 (40), le Decsy (41) et le Cadim (42). Le GN 1 (fig. 14) non commercialisé en Europe et dont nous avons participé activement au développement pendant une dizaine d'années (43), est bâti comme les gros systèmes de laboratoire. Il utilise un balayage Laser optique, une CAO traitant des éléments unitaires et plu-

raux en créant la surface occlusale en complémentarité du morcu des dents antagonistes, comme le faisait à l'époque le système Hennson et une machine outil à commande numérique automatique pouvant traiter plus de 20 prothèses à la suite. Ce système offre la possibilité de faire les éléments unitaires antérieurs, ou postérieurs (inlays ou couronnes), mais aussi les bridges en composite, céramique ou titane. Pour ce faire la machine outil dispose d'un magasin très complet d'outils carbures ou diamantés. Le système Decsy, développé en collaboration avec Nissan, est un petit système compact, encore en développement mais utilisant une lecture optique et un usinage assez complet. Enfin le système Cadim, commercialisé au Japon, se compose d'un compartiment pourvu d'un micro-palpeur où est réalisée la lecture du die (puis la maquette en cire de la future prothèse si l'on souhaite la surface occlusale) et d'un compartiment usinage capable de travailler les composites, les céramiques et le titane. Il n'y a pas à

proprement parler de logiciel CAO puisque ce système est surtout un appareil de copie de maquette en cire (extérieur de la couronne) et de die (partie intérieure) mais le résultat est tout à fait intéressant.

Depuis l'IDS de Cologne 2003 nous avons une idée plus précise de l'état de l'art. Nous rentrons dans une troisième étape, que l'on appelle à juste titre l'étape de l'adolescence, comparable aux classes Junior dans les Universités américaines. La CFAO n'est pas stabilisée mais elle n'a plus à prouver qu'elle existe aux yeux de la prothèse traditionnelle : elle s'affirme et s'individualise. Elle quitte le nid de ses concepteurs pour voler de ses propres ailes. Cette phase a commencé brillamment en 2002 avec l'arrivée des premiers systèmes par addition : la stéréolithographie du pro 50 puis le Medifactory de

Bego. Le système Bego utilise un scannage optique conduisant à la modélisation puis la réalisation de pièces prothétiques (couronnes, coiffes et armatures de petits bridges) par fusion laser de différents matériaux comme le titane ou le chrome cobalt et même certaines céramiques. Cet axe « par addition » avait été abordé dans les années 90 entre autre par le Pr Kurber et la société Krupp mais était resté sans suite.

... En passant par un présent logique de sens ...

Comme nous venons de le voir, il existe au moins deux logiques dans le développement de la CFAO, la logique laboratoire et la logique cabinet dentaire. Même si aujourd'hui le passage par des grands industriels paraît utile, nous n'y croyons pas réellement. Ce n'est à nos yeux qu'un passage obligatoire dont les fondements sont plus économiques que scientifiques : si une machine de FAO coûtait 10.000 et réalisait toutes les prothèses conjoints (inlays, onlays, couronnes, coiffes, infrastructures et bridges), ne seriez-vous pas tenté d'avoir dans votre cabinet dentaire un prothésiste ayant compétence en céramique ?

Nous sommes dans la situation où se trouvaient les grands centres de comptabilité dans les années 1970 ; un ordinateur ne peut être que central et puissant. Aujourd'hui un petit portable est 100 fois plus rapide et efficace. La CFAO dentaire n'en est pas encore à ce stade car le matériel a besoin de périphériques particuliers comme la lecture 3D ou la machine outil à commande numérique, mais c'est pour bientôt. Comment faire l'état aujourd'hui de cette technologie ?

Sur le marché dentaire nous pouvons trouver une douzaine de systèmes de CFAO dentaire que nous venons de décrire et qu'il est possible de classer de différentes façons :

- en fonction du pays
- en fonction des matériaux usinés
- en fonction de l'application couverte (inlays, onlays et couronnes ...) avec ou sans surface occlusale.
- en fonction du volume (petit ou gros système)
- en fonction du client potentiel (prothésiste, dentiste, les deux ...)
- en fonction du type d'empreinte (palpage, optique sur modèle, endobuccal) etc. ...

Les catalogues ont été faits dans de nombreuses revues (Synergie prothétique, Dental technologie ...), inutile de recommencer.

Toutes ces méthodes de classification ont été proposées aux odontologistes dans le but de chercher à mettre de l'ordre ou de faire ressortir un caractère paraissant plus important que les autres caractéristiques de l'appareil. Aujourd'hui nous nous orientons plus vers une sorte de classification mixte tenant compte de l'ensemble de ces facteurs mais où le fil directeur reste la capacité software de la machine par rapport au type de prothèse réalisée, le critère de base restant à quel type s'adresse tel ou tel appareil.

De toute façon il est encore bien difficile, dans cette période d'adolescence de faire ressortir des critères absolus : on ne peut faire que des pronostics sur l'avenir où l'expérience prend tout sa valeur. Nous avons donc des machines pour les

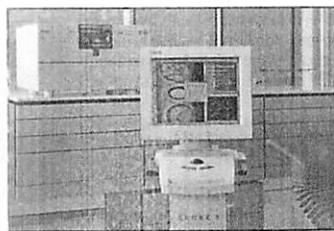


Fig. 9: Cerec 3

laboratoires de prothèse et d'autres destinées aux cabinets dentaires. Seules les secondes assurent une prise d'empreinte directement en bouche alors que les premières obligent à passer par le modèle en plâtre.

Dans la catégorie des appareils destinés aux cabinets dentaires, le Cerec est l'appareil dominant car il recouvre pratiquement 100% de ce marché. Récemment venant des USA et soutenu par la société Schein est arrivé une sorte de clone nommé D4D rassemblant tous les éléments du Cerec dans un design quasi semblable. Nous possédons encore peu d'information sur ce système (capacités de réalisation, types de prothèse ou de matériaux, rapidité d'exécution ...) par contre nous connaissons parfaitement les possibilités validées du Cerec comme nous l'avons déjà décrit.

Dans les nombreux appareils totalement destinés aux laboratoires, il en existe deux catégories, les copieurs et les créateurs :

• **Les systèmes copieurs** obligent au passage par la maquette de la couronne en cire sur die ou sur model. La maquette de la prothèse est scannée (par micro palpé ou par empreinte optique) et est reproduite par la machine outil. Il n'y a aucune création (ou si peu). Ce ne sont que des appareils de photocopie tridimensionnelle. Ils évitent certains travaux très laborieux comme la coulée des infrastructures, la réalisation de coiffes régulières ou le montage de céramique monochrome mais ils ne sont pas très sophistiqués. Ce sont en général les derniers arrivés sur le marché, ils cherchent un retour rapide à l'investissement de recherche mais ils évolueront très vite vers la deuxième catégorie. Ces appareils travaillent tous les matériaux : métal, composite ou/et céramique et permettent surtout la réalisation d'éléments unitaires et d'infrastructures de bridges.

• **Les systèmes créateurs** sont ceux qui n'ont besoin que de la forme (par exemple du die) de la taille, des dents proximales et des antagonistes (mordu ou arcade) pour réaliser la prothèse. Dans ce cas la CAO est performante car elle crée un objet complémentaire (la prothèse) totalement différent de la pièce qu'elle a lue. Ces systèmes sont les vrais systèmes de CFAO dentaire. Ils sont techniquement très en avance sur les précédents et évolueront vers la prise d'empreinte en bouche dès que ce sera techniquement et cliniquement facile. Il ne faut pas les confondre avec les précédents car ce serait très injuste pour les développeurs. Ces appareils travaillent aussi tous les matériaux : métal, composite ou/et céramique mais leurs applications sont plus larges et incluent souvent la surface occlusale.

Enfin il existe les appareils mixtes : une petite partie est installée dans le laboratoire et le prothésiste doit

envoyer son modèle ou sa prise de vue dans un centre qui lui renvoie la pièce commandée très rapidement (en général des chapas). La dépendance du technicien à son fournisseur est totale mais les résultats sont tout à fait satisfaisants. Nous avons décrit ce que fait chaque appareil mais il faut savoir que seule une étude fine de chaque appareil permet de faire une bonne sélection et pour faciliter ce choix nous donnons en conclusion nos critères personnels de sélection.

... nous voyons enfin un avenir plein de promesses extraordinaires.

Cette vision nous est totalement personnelle... (44)

Les appareils de CFAO vont évoluer vers une seule ergonomie, proche de ce que nous connaissons avec le Cerec, un peu plus miniaturisée et pouvant s'adapter aux cabinets dentaires et aux laboratoires.

Le grand changement portera sur l'empreinte et la communication inter-éléments et inter-professions. Les principes de base ne changeront pas : il y aura toujours un appareil de prise d'empreinte, un poste CAO et une machine outil à commande numérique (2). Ces trois éléments pourront être partiellement réunis en un, deux ou trois sous-ensembles, mais quelle que soit la configuration, ils seront déclinables en ces trois éléments de base.

• La prise d'empreinte abandonnera définitivement les pâtes, modèles ou autres micro palpeurs pour n'être plus qu'empreinte optique. Cette empreinte optique évoluera du mode statique (comme aujourd'hui dans le Cerec) au mode dynamique (on filmiera au lieu de prendre des photos). Nous aurons une caméra miniature en forme de pièce à main ressemblant aux caméras actuelles 2D endo buccales (Sopro ...). Cette caméra 3D se posera sur le bloc dentaire ou sur l'établi du prothésiste. Elle permettra de suivre les mouvements de prise d'empreinte sur un écran déporté ou sur écran par exemple de type LCD de visualisation comme nous le connaissons pour les appareils photos numériques.

• **Les traitements d'images** permettront de traiter quelques centaines de million de points nous permettant d'espérer, après corrélation et filtrage, une précision proche du micron, c'est-à-dire supérieure aux granulométries et au relief des empreintes actuelles.

• **Le fait de filmer la bouche** assurera à la fois la vue de la préparation dans ses moindres recoins, la vue de toutes les dents de l'arcade mais aussi le suivi des mouvements de la mandibule. L'analyse occlusale dynamique passera par l'enregistrement des mouvements spatiaux des faces vestibulaires, mouvements qui, hypo-factos seront reportés sur l'arcade précédemment filmée.

Nous aurons donc un système extrêmement simple : nous ferons trois empreintes (film) dynamiques :

• l'une de l'arcade portant la préparation
• la deuxième de l'arcade antagoniste
• la troisième des mouvements de l'une par rapport à l'autre en partant de l'occlusion choisie cliniquement et/ou optimisée par un système expert.

• Reste bien entendu à comprendre l'apport des systèmes experts ou de l'intelligence artificielle :

les systèmes experts permettront à la fois d'identifier une méthode d'empreinte pratiquée spécifiquement par chaque opérateur et tendront à informer, voir corriger les erreurs classiquement reconnues. La formation continue deviendra individuelle et interactive.

L'intelligence artificielle tendra pour sa part à sélectionner astucieusement les zones dites d'énergie supérieure telle que définit en 1991 (45). Cela permettra de concentrer la précision dans les zones essentielles mais aussi, en temps réel, de pousser le praticien vers des méthodes encore plus spécifiques.

Quelles peuvent être ces méthodes plus spécifiques ? Il me semble pouvoir en imaginer deux très différentes et pourtant complémentaires :

• La première consisterait à considérer que l'empreinte se fait au moment de la taille. L'ordinateur suit le travail de taille et informe en temps réel l'état du travail par rapport à l'objectif mais aussi par rapport aux critères reconnus. Il agira comme agissent aujourd'hui les GSM des voitures (peut être dans ce cas, le plus simple, serait l'utilisation de la fraise de taille comme micro palpéur ?). Le guidage se fera par rapport à un triple référentiel : la position spatiale temps réel, la position idéale par rapport à l'objectif (taille de couronne métal ou céramique ... encore que les matériaux seront sans doute bien plus ... organiques) et enfin par rapport à l'expérience, à l'adaptation du système expert connaissant les qualités et les défauts du clinicien. Un signal sonore pourra l'avertir s'il s'écarte de la forme idéale...

• La deuxième consisterait en l'association d'une empreinte dynamique de surface et de celle en profondeur permettant de délimiter les contours osseux. Le praticien aura une vue de sa surface mais aussi des contours osseux grâce à un système d'empreinte utilisant ce que nous appelons en 1973 les empreintes par duplications d'ondes.

L'étage CAO, appelé aussi étage de modélisation, évoluera vers une simplification et un automatisme proche du total. Cet étage sera un étage de validation, de modifica-

tion ou de correction des propositions faites par l'ordinateur. Comme aujourd'hui nous acceptons passivement une coulée, demain nous accepterons que le logiciel nous propose une solution, solution que nous serons libres de modifier ou non. Le travail se fera dans l'espace de connu des jeux d'adolescent, celui de la réalité virtuelle avec des outils choisis par la profession. Nous ignorons si la logique sera la spatule et la cire virtuelle mais nous sommes sûr que le travail se fera dans l'espace avec un modèle aux proportions suffisamment précise et grande pour être facilement modifiable et contrôlable. Nous voyons assez bien une dent holographique de 15 ou 20 cm de haut et les doigts de l'opérateur la modifiant comme le fait aujourd'hui l'extrémité de notre spatule chaude sur la cire.

Enfin les machines outils à commande numérique et logiciels travailleront sur des modèles montés en morphologie mathématique. Ces méthodes utiliseront aussi bien les méthodes par soustraction (fraisage...) que les méthodes par addition (stéréo lithographie ...). La méthode sera choisie en fonction du matériau sélectionné. Nous évoluerons vers des matériaux composites organiques ou céramiques à structure hétérogène reproduisant la structure de la dent puis la structure spécifique de la dent du patient après une analyse individualisée de ses dents. L'orientation des éléments constitutifs respectera la structure cristalline avant que la machine outil devienne un appareil provocant et guidant une croissance sur le modèle puis directement en bouche en fonction des données prescrites par le logiciel ... mais ceci est une autre histoire. Enfin pour ce qui est de la cosmétique : au-delà de la structuration des céramiques telle que nous la connaissons, nous allons nous diriger vers une association spectro colorimétrie / activation des matériaux : les matériaux deviendront mimétiques mais aussi activables : il existera une pigmentation interne à la structure de la dent activable par la machine outil en fin d'usinage : après avoir réalisé la pièce prothétique, la prothèse subira une activation de ses pigments avant d'être libérée, cette activation sera irréversible (à la différence des verres de lunette à couleur variable) et fonction d'une prise de teinte faite à la surface de la dent voisine ou de la dent symétrique. Restera l'organisation du travail entre le dentiste et le prothésiste. Nous reprendrons ce que nous avons de nombreuses fois expliqué (44):

Il y aura dans le cabinet dentaire, une caméra à lecture tridimensionnelle, un système de représentation (écran ou projection spatiale holographique) et une micro fraiseuse. (fig. 15) Dans le laboratoire de prothèse, nous aurons un centre de communication actif en permanence (sorte de standard téléphonique mais utilisant le support Internet ... ou son successeur) en relation avec les cabinets dentaires, une station CAO et de grosses machines outils capables de réaliser des éléments complexes, voir même des caractérisations. Ces machines pourront aussi usiner des modèles issus de l'empreinte réalisée en bouche afin de faire des montages conventionnels de céramique (par exemple) (fig. 16)

Le travail de réalisation d'une prothèse se fera de la manière suivante : le praticien après avoir réalisé sa taille et l'avoir validé (ou durant celle-ci) filmera les arcades, sa préparation, les mouvements mandibulaires et enverra le tout au centre de communication du laboratoire

avec lequel il a un contrat. Ce dernier lancera à distance sur la machine outil située dans le cabinet dentaire l'usinage de pièces de contrôle (sorte de chapas ou d'infrastructures) et, éventuellement d'éléments définitifs (inlays ou couronnes) ou provisoires (couronnes, inlays ou bridge). Nous voyons que le dentiste n'interviendra pas sur le système de CFAO, ceci n'est pas son travail, ce sera le prothésiste qui, à distance, sur les empreintes optiques transmises, réalisera les pièces prothétiques qui seront fabriquées dans le cabinet dentaire. Il y a télé contrôle du laboratoire dans le cabinet évitant le transport des prothèses et permettant leur mise en place dans la même séance que la taille. La coopération dentiste prothésiste sera essentielle et totale. Dans la mesure où la prothèse sera plus complexe, elle sera réalisée dans le laboratoire au niveau de stations CFAO spécialisées et d'opérateurs très compétents mais le dentiste aura pu vérifier, grâce à l'usage immédiat dans son cabinet des pièces de contrôle ou des infrastructures de contrôle si ses tailles sont correctes et les modifier si besoin. Il pourra même les filmer en place (ou filmer en place la prothèse provisoire) assurant ainsi un contrôle du positionnement. La réalisation de la pièce prothétique sera plus sûre et plus rapide.

... En guise de Conclusion

Les 30 années qui se sont écoulées depuis l'invention en 1973 de la CFAO ont permis une maturation des différents concepts énoncés mais aussi une sélection naturelle conduisant vers des appareils de plus en plus en adéquation avec les besoins de la profession. De plus grâce à ces délais, la CFAO moderne a bénéficié de l'évolution spectaculaire des appareils basés sur la technologie digitale que sont les caméras CCD (ou C-Mos) , les logiciels de conception ou les machineries outils à commande numérique. Même si l'on peut toujours s'attendre à des évolutions importantes, surtout du côté des applications dédiées comme les concepts occlusaux ou les techniques de caractérisations, nous avons la certitude aujourd'hui que les appareils fonctionnent et qu'ils répondent à certains critères les rendant acceptables dans la pratique quotidienne. Certes ils « ne font pas tout », mais la question n'est plus « c'est trop imprécis » ou « cela ne marchera jamais ». Elle a été remplacée par « combien de couronnes ou d'inlays dois-je faire chaque mois pour amortir la machine ?... » ou « est il possible de rencontrer un confrère utilisant cette machine ? ». Ce que nous avons prévu, à savoir l'arrivée des générations informatiques, composées de praticiens n'ayant pas peur de l'ordinateur et le manipulant comme il manipule leur voiture, permet à la CFAO de donner le maximum d'elle-même grâce aux mains expérimentées la manipulant ...

Reste bien sur la question : quel système choisir ? Nous dirons plutôt « comment le choisir ? » car il ne nous appartient pas de le choisir pour vous. Nous vous répondrons comme nous le faisons à nos étudiants en cours de CFAO à Montpellier : un système de CFAO se choisit comme un ordinateur, c'est-à-dire en fonction de ce que vous faites et voulez faire.

Si vous êtes dentiste et que vous voulez votre système dans votre cabinet, aujourd'hui un seul choix : le Cerec

Si vous êtes dentiste dans un petit cabinet avec un petit laboratoire, il est plus logique d'opter pour le Cerec ou pour les systèmes dépor-

Fig. 15 : représentation schématique de la CFAO dentaire en cabinet

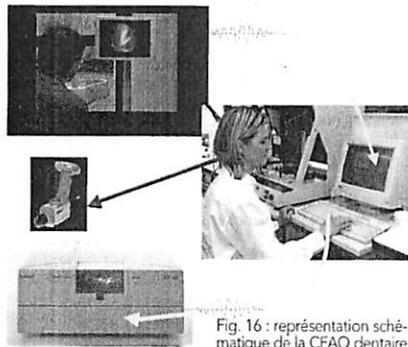


Fig. 16 : représentation schématique de la CFAO dentaire avec connexion Internet.

tés comme le Procera ou le Pro 50 sans la station CAO. Attention, votre prothésiste doit disposer des compétences et du matériel de céramiste.

Si vous êtes un prothésiste avec un petit laboratoire, il est logique d'opter pour un système déporté (Procera, Pro 50) en y associant la station CAO de traitement ou en vous associant à d'autres laboratoires afin d'acquies un ensemble complet correspondant aux applications que vous réalisez au moins 30 fois dans le mois (Digident, Everest, DCS, GN 1, LAVA, Medifabricating ou autre LAVA).

Si vous avez un gros laboratoire il faut avoir le Cerec labo pour les inlays et les prothèses provisoires, un système d'exécution rapide d'infrastructures (type Cercom) et un système complet associé à plusieurs machines outils choisis dans la mesure où il est plein de promesse sur le plan de son évolution future et où il est adossé à une grande société. La sélection doit se faire de la manière suivante : en premier lieu vous apportez trois modèles personnels (refusez tout modèle d'étude proposé par le vendeur) comportant deux tailles d'incisives inférieures cote à cote (recherche du comportement de la CAO sur les zones proximales) serrées et longues. Chaque modèle doit présenter une difficulté croissante. Vous devez le faire couler dans le plâtre choisi par le fabricant de matériel de CAO et vous devez impérativement séparer le die (recherche du comportement du logiciel dans le traitement des zones non connexes). Le test doit être fait sur votre modèle et avec vous.

S'il vous apparaît que le test est passé avec succès, vous devez ensuite suivre un petit stage de formation pour voir si vous « sentez » le logiciel. Ensuite hormis le fait de bien vérifier l'accompagnement et le SAV (service après vente) et d'accepter les matériaux disponibles cela devient votre choix personnel... Formidable.

- led (NC) machine tools. Bull Kenagawa Dent Col 1984, 12:79-80.
- Duret F, Blouin J, Nahmani L, Duret B.: Principe de fonctionnement et application technique de l'empreinte optique dans l'exercice de cabinet. Cahiers de Prothèse 1985, 50:73-109.
 - Duret F.: Vers un nouveau symbolisme pour la réalisation de nos pièces prothétiques. Cahiers de Prothèses 1985, 50:65-71.
 - Maria B., Naudinat S.: En première mondiale aux Entretiens de Garancière : Démonstration de l'empreinte optique. Tonus dentaire 1983, 31:11-14.
 - Duret F, Dordet Y, Decaudin J, Lequime M.: Quand l'art devient Science: la Spectrocolorimétrie. QUIONS Odonto Stom 1987, 45:95-107.
 - Duret F, Toubol J.: De l'articulaire au neuro-musculaire, de la mécanique à l'électronique : le concept de neuro-musculo-compatibilité et l'access articulateur. Cahiers de Prothèse 1989, 66:43-53.
 - Duret F, Preston J, Chapoulaud E., Duret B.: CAD CAM in the dental Office. Quintessence 1991, 10(3):37-55.
 - Duret B., Duret F.: Le matériau composite fibreux multidirectionnel en prothèse fixée. In. Edited by Dent.

- tidB. Bordeaux: JBD; 1987.
- Duret B., Reynaud M., Duret F.: Intérêt des matériaux à structure unidirectionnelle dans la reconstitution corono radiculaire. J Biomater Dent 1992, 7:45-57.
- Mormann W., Brandestini M.: Verfahren zur herstellung medizinischer und zahntechnischer alloplastischer, endo und exoprothetischer passkörper. In.: european patent; 1981.
- Schneider W.: In the Name of the Crown: the Cerec 3D Crown-Upgrade. Int J Comput Dent 2005, 8(1):41-45.
- Williams AG.: The switzerland and Minnesota developments in Cad Cam. J Dent Practice Adm 1987, 4(2):50-54.
- Reich S., Wichmann M., Buegel P.: The Self-Adjusting Crown. Int J Comput Dent 2005, 8(1):47-58.
- Mormann W., Brandestini M.: Die CEREC Computer Reconstruction, vol. 1, Quintessenz Verlags-GmbH edn. Berlin: Quintessenz Bibliothek; 1989.
- Mormann W.: CAD/CIM in Aesthetic Dentistry, vol. 1, Quintessenz Verlags-GmbH edn. Berlin: Quintessenz Bibliothek; 1996.
- Kurbad A., Reichel K.: InEOS-New System Component in Cerec 3D. Int J Comput Dent 2005, 8(1):77-84.
- Andersson M., Bergman B., Bessing

- Ericson G., Lundquist P., Nilson H.: Clinical result with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. Acta Odontol Scan 1989, 47:279-286.
- Bergman B., Nilson H., Andersson M.: A Longitudinal Clinical Study of Procera Ceramic-Veneered Titanium Coping. Int J Prosthodont 1999, 12(2):135-139.
- Duret F., Duret B.: La saisie des formes et ses conséquences implantaires. Implanto Orale 1984, 14:6-14.
- Fritzsche J.: Zirconium Oxide Restorations with the DCS Precident System. Int J Computerized Dentistry 2003, 6(2):193-201.
- Servo S., Servo B., Falleni A., Servo R.: The Celay System: A Comparison of the Fit of Direct and Indirect Fabrication Techniques. Int J Prosthodont 1994, 7:434-439.
- Fasbinder D., Dennison J., Heys D., Lampe K.: The clinical performance of CAD/CAM-generated composite inlays. Journal of American Dental Association 2005, 136:1714-1723.
- Samama Y., Ollier J.: Système Procera, vol. 1. Paris: Quintessence Int.; 2002.
- Vollmann: The Innovative DeguDent All Ceramic System: Benchmark for Zirconia Processing. Int J Comput Dent 2004, 7(3):279-291.
- Goupil A.: Hint-Els Dentacad. Dent

- Tech 2005, 53(1):12-24.
- Miche J.: Everest. Dent Tech 2004, 49:8-14.
- Suttor D., Hoescheler S., Hauptmann H., Hertlein G., Bunke K.: LAVA - the system for All-ceramic ZrO2 Crown and Bridge Frameworks. Int J Comput Dent 2001, 4(3):195-206.
- Duret F., Pelissier B., Ogura H.: Comparative analysis of coping milling in composite, ceramic and titanium with the CadCam GC1. In: 5th International Symposium on Titanium in Dentistry: 2001; Chiba - Japan; 2001.
- Miyazaki T., Kitamura M., Hotta Y., Lee G.: New dental CAD/CAM system for posterior restoration. Japan Dental Tech 1998, 672:113-119.
- Nishita T., Machida H., Harada K.: Technical Engineering CNC Machining in Dental Technology. QDT 1997, 22(10):23-38.
- Duret F., Pelissier B., Ogura H.: LE GN 1 ou le Dental CadCam de GC. Quintessenz Zahntech 2001, 27(9):1028-1033.
- Duret F.: La CFAO dentaire trente ans après. Profession Chirurgien dentiste 2003, 02(2):5-9.
- Duret F.: La CFAO dentaire : six ans après la première présentation au congrès de l'ADF de 1985. Act Odontol Stomato 1991, 175:431-454.

■ ■ ■ Bibliographie :

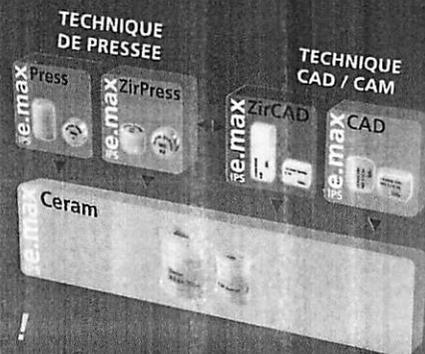
- Duret F.: Vers un nouveau symbolisme pour la réalisation de nos pièces prothétiques. Cahiers de Prothèses 1985, 50:65-71.
- Duret F.: Empreinte Optique. Chirurgie Dentaire (2^e Cycle). Lyon: Claude Bernard; 1973.
- Duret F.: La recherche de l'esthétique dans la technologie CFAO. Réalité clinique 1999, 10(1):57-71.
- Duret F, Blouin JL, Duret B.: CAD CAM in dentistry. J Am Dent Assoc 1988, 117(11):715-720.
- Mormann W., Brandestini M., Ferru A., Lutz F., Krejci I.: Marginal adaptation von adhesiven porzellaninlays in vitro. Schweiz Mschr Zahnmed 1985(95):1118-1129.
- Mormann W., Lutz F., Gotsch T.: CAD-CAM ceramic inlays and onlays : a case report after 3 years in place. Journal of American Dental Association 1990, 120:517-520.
- Heyblom J., Guillaume A.: La révolution du CAD CAM. Technologie Dentaire 2003, 200-201:5-175.
- National R. Chicago Midwinter Meeting 2005. Int J Comput Dent 2005, 8(1):87-88.
- Butcher G., Stephen C.: The Reflex Optical Potter. Brit Dent J 1981, 151:304-305.
- Altschuler B.: Holodontographie an introduction to dental laser holography. SAM 1973, 1:1-23.
- Swinson W.: Dental Fitting Process. In: US patent. vol. 3.864.044. USA; 1973: 7.
- Pryputniowicz C., Burston J., Bowley W.: Determination of arbitrary tooth displacements. J Dent Res 1978, 57(5):663-674.
- Fujita T., Yamamura M., Waranabe H., Kawagoe Y., Yamamoto S., Tamaki K., Aoki H., Nishina T.: Preliminary report on construction of prosthetic restoration by means of computer aided design (CAD) and numerically control-

e.max[®] IPS

all ceramic...
all you need...

4 procédés d'armatures
1 seule céramique
de stratification

Parlez-en à votre prothésiste !



Ivoclar Vivadent SAS
BP 118
F-74410 Saint-Jorioz Cedex
tel. 04 50 88 64 00
fax. 04 50 88 91 52
www.ivoclarvivadent.fr

ivoclar
vivadent