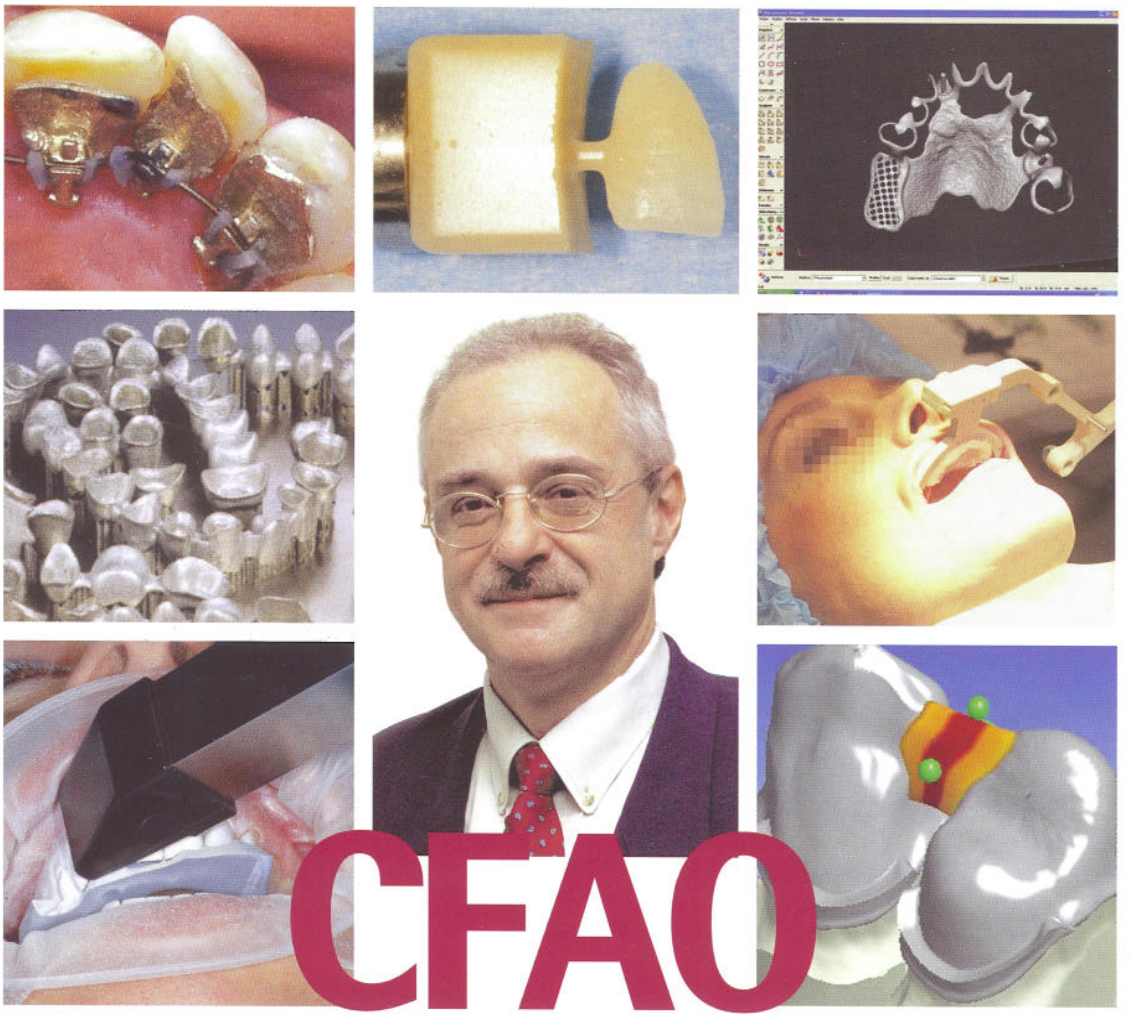
id L'INFORMATION DENTAIRE

L'hebdo de la santé bucco-dentaire



CFAO

- Les pionniers, les démonstrations • Inlays et facettes
- Les matériaux • L'attache sur mesure • Navigation chirurgicale
- Laboratoire de prothèse • L'avenir

n° 29
Vol. 89 - 5 septembre 2007

Odontologie assistée par ordinateur

Il etait bien normal que l'Information Dentaire consacre un numero special à la CFAO ; d'une part, parce que la France est le berceau de cette technique pour la chirurgie dentaire et, d'autre part, parce que ses developpements actuels et futurs ont des consequences importantes quant aux pratiques professionnelles.

Doit-on rappeler que c'est François Duret qui a pose les bases de la CFAO dentaire ? Il nous fait l'amitie d'en ecrire pour ce numero la grande saga. Son texte, dont je le remercie, soutenu par des dizaines de references bibliographiques importantes (à consulter absolument sur le site www.information-dentaire.com), permettra à tous de savoir comment et pourquoi, parti en avance, notre pays se retrouve en position d'acheteur des technologies etrangères, et sans prise en charge des organismes sociaux. La CFAO interesse-t-elle les decideurs en France ?

Et pourtant, la technologie CFAO (capture d'image, son traitement informatique et son exploitation industrielle automatisee) se repand comme une traînee de poudre : la prothèse bien sûr est concernee (fixe amovible et implantaire), mais aussi l'orthodontie et la chirurgie. Divers articles de ce numero vous presentent ces aspects. D'autres encore auraient pu être publies : fusion laser, prototypage rapide, etc. Nous y reviendrons.

Mais au-delà de la CFAO, c'est toute l'odontologie qui va être assistee par ordinateur : l'education en ligne avec des formations sur internet et des facultes virtuelles pour les etudiants et la formation continue ; ou des programmes interactifs de prevention pour la population generale ; sans parler du dossier medical personnalise de chaque patient… où l'on retrouvera les maquettes numeriques de sa prothèse, de son attache orthodontique, ou de son guide chirurgical.

Ce progrès n'est pourtant pas une raison suffisante pour ecraser le fichier des relations interpersonnelles. C'est d'abord ça la vie.

François Unger

COMITE EDITORIAL

Rédacteur en chef : François UNGER - Rédacteur en chef adjoint : Marc APAP

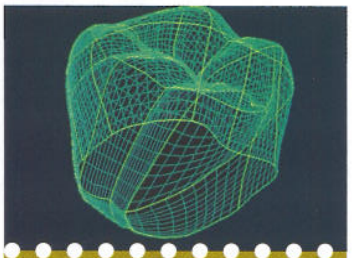
Conseillers : Laurent ALLOUCHE - Claude ARCHIEN - Claude BENZAQUEN - Philippe BOUCHARD - Thierry CAIRE - Michel DEGRANGE - Jean-Jacques LASFARGUES -Marc SABEK - Jean-Louis SAFFAR - Bernard TOUATI - Florence TOUMELIN

Référés et animateurs de rubriques : Nadine AIDAN - Serge ARMAND - Charles-Daniel ARRETO - Jacques-Yves ASSOR - Jean-Pierre ATTAL - Pierre BARTHET - Marcel BEGIN - Alain BENAUWT - Michel BLIQUE - Céline BODERE - Damien BOIX - François BRONNEC - Marie Jo BUISSON - Bruno CASARI - Paul CATTANEO - Jean-Marie CHEYLAN - Isabelle COCHET - Jean-Yves COCHET - Bertrand DEFLINE - Thierry DEGORCE - Jean-Marc DERSOT - David DILOUYA - David DOHAN - Sophie-Myriam DRIDI - François DURET - Olivier EMERY - Bernard FABREGA - Bernard FLEITER - Maryse GARCIA - Jean GINISTY - Bénédicte GOURIEUX - Maryalis GUICHARD - Oliver HANISCH - Patrick HESCOT - Véronique HONNORAT - Roger JOERGER - Pierre JONAS - Saïd KIMAKHE - Gilles LABORDE - Michel LAURENT - Alain LAUTROU - Philippe LEMAITRE - Philippe LESCLOUS - Jean-Paul LOUIS - Pierre MACHTOU - Paul MARIANI - Dominique MARTIN - Catherine MATTOUT - Cédric MAUPRIVEZ - Jacques MELET - Wacyl MESNAY - Paul MIARA - Neal MILLER - Catherine NABET - Jean-Daniel ORTHLIEB - Gérard PASQUET - Bruno PERIE - Benoit PHILIPPE - Paul PIONCHON - Guy PRINC - Christophe RIGNON -BRET - Christine ROMAGNA Sophie SAUNIER - Jean-Louis SIXOU - Hervé TASSERY - Henri TENENBAUM - Laurent THERY - Gil TIRLET - Philippe TRAMBA - Jean-Paul VASSAL - Roland ZEITOUN - Gérard ZUCK - Pascal ZYMAN - Correspondante aux États-Unis : Catherine MILLER

Spécial CFAO

1652
actual' id

- Convention : la sécurité sociale en accusation
- Dentifrice fabriqué en Chine
- Radioprotection : l'Ordre interpelle M. Xavier Bertrand
- Communiqué de l'AFI
- Journée traumatologie aux Entretiens de Garancière
- Votre opinion
- Lu pour vous...



Histoire vécue
F. Duret, B. Duret et B. Pelissier

1659
Le temps des pionniers

1663
Le temps des démonstrations

1704
Un futur prometteur

1671
Restauratrice
Inlay céramique par CFAO directe
C. Moussally, J.B. Chieze et J.P. Attal

1677
Prothèse
Facette céramique par CFAO directe
C. Moussally et J.B. Chieze

1683
Implantologie
Navigation chirurgicale assistée par ordinateur
G. Penel, G. Duchaussoy, J.M. Langlois et J.C. Libersa

1687
Orthodontie linguale
Attaches sur mesure
C. Muller, M. Mujagic et F. Roussarie

1693
Matériaux
Céramiques et CFAO lesquelles choisir ?
H. Fron, L. Coudray et J.P. Attal

1700
→ **Entretien**
Chefs d'entreprise innovants en prothèse

1703
→ **Le congrès de l'ADF**
Séance E116 - M. Laurent
Restaurations à infrastructure zircone

1713
→ **Annonces**
Ventes, Achats, Locations, Emploi, matériel, divers

1725
→ **Cours des métaux**

1727
→ **Annonceurs**
Répertoire

1728
→ **Parti pris**
Isabelle Laval

1728
→ **Bulletin d'abonnement**

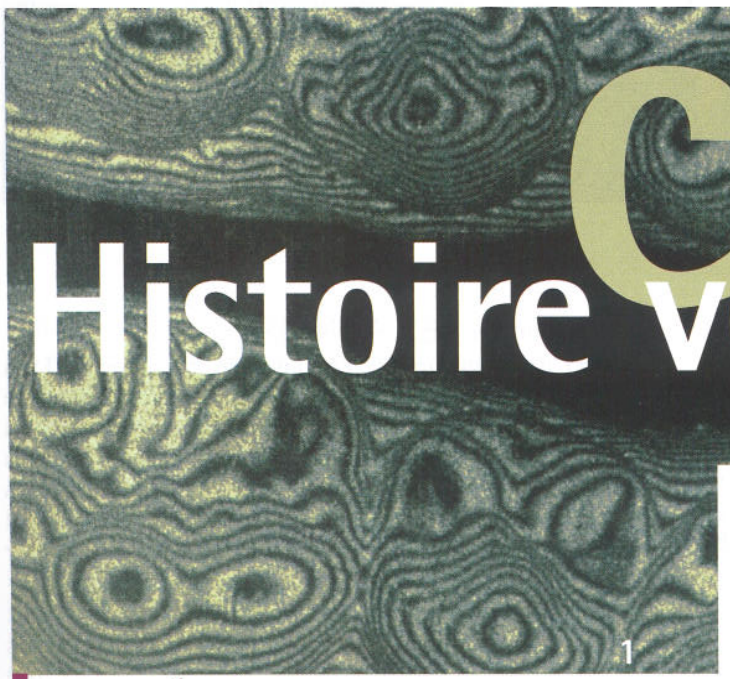
Photos couverture :
Documents: C. Muller, C. Moussally, Cynovad France Production, Intels, F. Duret Cap Technologie International

Ce numéro comprend :
une surcouverture de 2 pages de la société Colgate

Hebdomadaire indépendant
Prix du numéro : 5,00 €

OJD PRESSE PAYANTE 2005

BVP SEM BVP



CFAO Histoire vécue

« Toute vérité franchit trois étapes : d'abord, elle est ridiculisée, ensuite, elle subit une forte opposition, puis elle est considérée comme ayant toujours été évidence »

le temps des pionniers

François Duret, Bernard Duret et Bruno Pelissier

La CFAO n'a pas démenti Schopenhauer… (1) Il n'est pas difficile d'établir une chronologie dans l'histoire tourmentée de la CFAO dentaire car elle s'est déroulée comme toutes les inventions scientifiques en se nourrissant des sciences existantes et de l'imagination de ses créateurs. L'informatique était naissante, l'optique cohérente faisait rêver et l'usinage automatique apparaissait dans les grandes usines d'automobile (Béziers à la régie Renault) ou d'aviation (Hugues chez Douglas) au début des trente glorieuses. Sans que cela soit formalisé, chaque élément du puzzle apparaissait et se développait dans des secteurs parallèles sans jamais se rencontrer.

En dentisterie, profession médicale qui était alors plus un art qu'une science, l'idée a commencé à mûrir lentement et inconsciemment dans l'esprit de chercheurs de haut niveau qui avaient besoin de ces nouveaux outils technologiques. Elle s'est ensuite cristallisée dans la tête de son inventeur. Il a étudié, rassemblé puis domestiqué ces éléments disparates qu'il ne connaissait pas encore. Il ne fallait pas simplement énoncer mais prouver cette idée nouvelle car la jeunesse est toujours un obstacle à la preuve affirmée de façon doctrinale. Il était donc nécessaire de comprendre ce qu'est l'optique tridimensionnelle ou l'informatique capable de numériser notre champ de travail et d'intégrer ce savoir faire du dentiste et du prothésiste si lentement acquis. Il fallait aussi découvrir la robotique et son usinage trop dépendants de matériaux si spécifiques. Enfin, tous les périphériques nécessaires à l'accomplissement de la tâche (articulateurs électroniques, spectrophotomètre…) étaient un domaine encore peu exploré.

5

6

7

La deuxième approche s'est faite au début des années 60 à nouveau sous l'impulsion de Savara et de son célèbre ami Leitz (10) travaux repris par l'Université du Michigan à partir de 1968.

Les deux mots magiques de la science à l'époque, portés par deux prix Nobel, étaient « Laser » et « Holographie » utilisables justement par ces deux disciplines dentaires. Aussi avons-nous, nous disons avons-nous car nous faisions partie de ceux-là, envoyé du rayonnement Laser sur tout ce qui bougeait en rêvant secrètement qu'un jour on allait voir les dents en 3 dimensions grâce à l'holographie (l'holographie fascinait les esprits en 1970 de manière aussi forte que de trouver des êtres vivants sur Mars aujourd'hui !).

Ces deux approches ont conduit naturellement et imperceptiblement la dentisterie à la formulation de la CFAO dentaire au début des années 70. Celle que nous avons établie alors est celle que vous connaissez aujourd'hui. Il ne s'agissait plus d'utiliser des techniques de mesure ou de calcul « physique » pour répondre à des questions fondamentales comme la morphogenèse (4-10) ou les étiologies des pathologies occlusales (11) mais d'utiliser ces technologies de pointe dans la pratique courante des cabinets et laboratoires afin de les substituer à nos méthodes ancestrales pratiquées en dentisterie restauratrice.

Les deux mots magiques de la science à l'époque, portés par deux prix Nobel, étaient « Laser » et « Holographie »

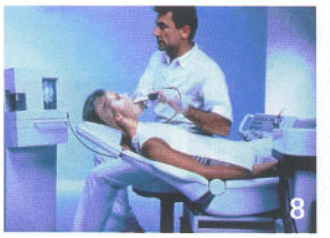
Pour permettre la naissance de la CFAO dentaire, telle que nous la connaissons aujourd'hui, il fallait d'une part avoir l'esprit complètement libre, c'est-à-dire ne pas être dominé par un chef de service directif ou influencé par les méthodes utilisées traditionnellement pour réaliser les prothèses, mais avoir une connaissance assez précise de ces nouvelles approches scientifiques. Ce fut sans doute la chance de notre équipe dirigée par M. le Professeur Jacques Dumas, sous la bienveillance de son patron, M. le Professeur Perez au laboratoire de physiologie animale de la Faculté des Sciences de Lyon.

Grâce et avec les connaissances et le soutien inconditionnel du professeur Jacques Dumas nous avons pu commencer notre travail en 1971 (400 pages ne s'écrivent pas en 6 mois). C'est en 1973 que la synthèse de nos travaux a vu enfin le jour et a été publiée sous la forme d'une thèse intitulée « empreinte optique » (2) (fig. 3-4) Dans cette thèse sont décrites toutes les techniques aujourd'hui utilisées en CFAO : la lecture 3D par interférométrie, la conversion analogique digitale, la modélisation informatique avec l'utilisation des dents théoriques pour construire intrados et extrados, les commandes numériques des machines outils et l'usinage par soustraction (fraisage, électroérosion) ou par addition (électro-déposition…) Il ne s'agissait plus de faire des mesures de dents ou d'usiner des surfaces occlusales comme le proposait Altschuler aux USA (11-12), document trop souvent mis en avant pour de sombres raisons marketing, mais d'expliquer comment faire toutes les prothèses en utilisant une lecture optique 3D, un ordinateur et un centre d'usinage. C'est ce document et les travaux qui suivirent qui validèrent la CFAO aux yeux des scientifiques et qui font que la France et la dentisterie française resteront (13-14-15) les inventeurs de la CFAO médicale et dentaire.

De 1975 à 1981 seulement deux pays s'impliquèrent fortement, sans se connaître, dans cette invention : la France très en avance (16 17 18 19) et les USA (20.21.22). Bien sûr au Japon l'idée était dans l'air (23) mais ce n'est qu'à partir de 1980 que ce pays s'est vraiment lancé dans cet axe de recherche.

En France, notre travail consista à parfaire les fondements théoriques de la CFAO (17), à choisir la méthode optique de lecture la plus efficace (on abandonna en 1979 l'holographie pour l'interférométrie Moiré (24-25) puis pour la profilométrie en 1984) (26-27). On abandonna les tubes cathodiques pour les premiers CCD dans la conversion analogique digitale grâce à Thomson (28) et on fit les premiers essais d'usinage avec les sociétés ICN puis surtout Kulman (29) et Lambert.

En 1983, nos travaux allaient être présentés pour la première fois grâce (ou à cause) à la première présentation aux Entretiens de la Garancière (29). L'aide de Thomson, de Matra et de ICN, mais aussi de l'éminent Professeur Joseph Thouvenot, allait nous permettre de faire la première démonstration en public de la CFAO dentaire et de la « couronne en 20 minutes » comme le publiaient les journaux de l'époque (30-31). Certes les éléments constitutifs de la chaîne n'étaient pas complètement reliés par des liens informatiques mais cette liaison (type RS) allait être présentée et démontrée deux ans


8

9

plus tard au congrès de l'ADF en novembre 1985 (32). La couronne, une première prémolaire du bas allait être scellée en direct 1 heure après l'empreinte optique… dans la bouche de la femme de l'inventeur, tradition oblige (fig. 6-7). Cette « première mondiale » avait été possible grâce à l'équipe de la Société Hennson et une équipe de dentistes généreux de leur temps et de leurs grandes compétences : les Drs Toubol, Hinault, Georget, Paillet, Sangiolo, Nhamani… et, bien sûr, Fabienne Jordan, Bernard Duret et toute l'équipe du DUBIP… Nous étions alors très en avance sur l'ensemble des équipes dans le monde et étions prêts à passer à la deuxième période, celle du développement industriel (33-34). C'est grâce au soutien d'un industriel lyonnais courageux Jean Pierre Hennequin, d'un ingénieur génial Jean Louis Blouin et de toute son équipe de 25 personnes chez Hennson à Vienne, que la CFAO dentaire est devenue ce qu'elle est aujourd'hui.

Aux USA, durant cette période, nous n'assistons toujours pas à un lancement franc et total de la CFAO dentaire. Il faudra attendre les présentations de Diane Rekow à la fin des années 80 (35-36-37) puis surtout les années 2000 pour voir les USA réellement impliqués (Lava avec 3M puis D4D de Schein). Ce sont donc toujours des travaux, certes intéressants mais épars, qui sont publiés ou présentés Outre-Atlantique. Les uns traitent de nouvelles méthodes d'empreinte optique (38-39) de palpage 3D (40) (fig. 9) et des autres types d'usinage. Nous y découvrons des méthodes expérimentales ou des propositions hypothétiques pour la réalisation d'inlays (41) ou de couronnes (42). Même si ces présentations restent trop théoriques dans leur fondement scientifique et sans aucune explication ou application rationnelle, cela montre bien que « l'idée de la CFAO dentaire était dans l'air » aux Etats-Unis. Malheureusement, la plupart de ces chercheurs américains resteront cantonnés dans leurs lectures et leurs usinages occlusaux à l'exception de certaines équipes petites mais très motivées. Parmi elles, on notera l'équipe de la Michigan University qui continua son avancée grâce à Schmith (42), et qui réalisera les premières couronnes sur die entre 1980 et 1984 puis celle de l'Université de Stanford (43) sans doute sous l'impulsion de Duncan (44), celle de Macovski (45) et enfin celle de Rekow (46). Trop peu soutenues pour aboutir à de réels résultats, elles abandonneront les unes après les autres.

De ces travaux, une étude allait être fondamentale pour l'avenir de la CFAO dentaire. Elle allait être mise en application dans le Cerec dès 1984 pour ressortir 15 ans plus tard dans l'ensemble des lecteurs de laboratoire utilisés aujourd'hui (Kavo, Lava, Cynovad, DCS…). Il s'agit de la méthode de projection de franges à pas variable remarquablement décrite en 1981 par Altschuler (47) dans sa figure 3 page 19 (ceci n'est qu'un exemple parmi d'autres travaux fondamentaux que nous avons trouvés dans notre longue recherche historique).

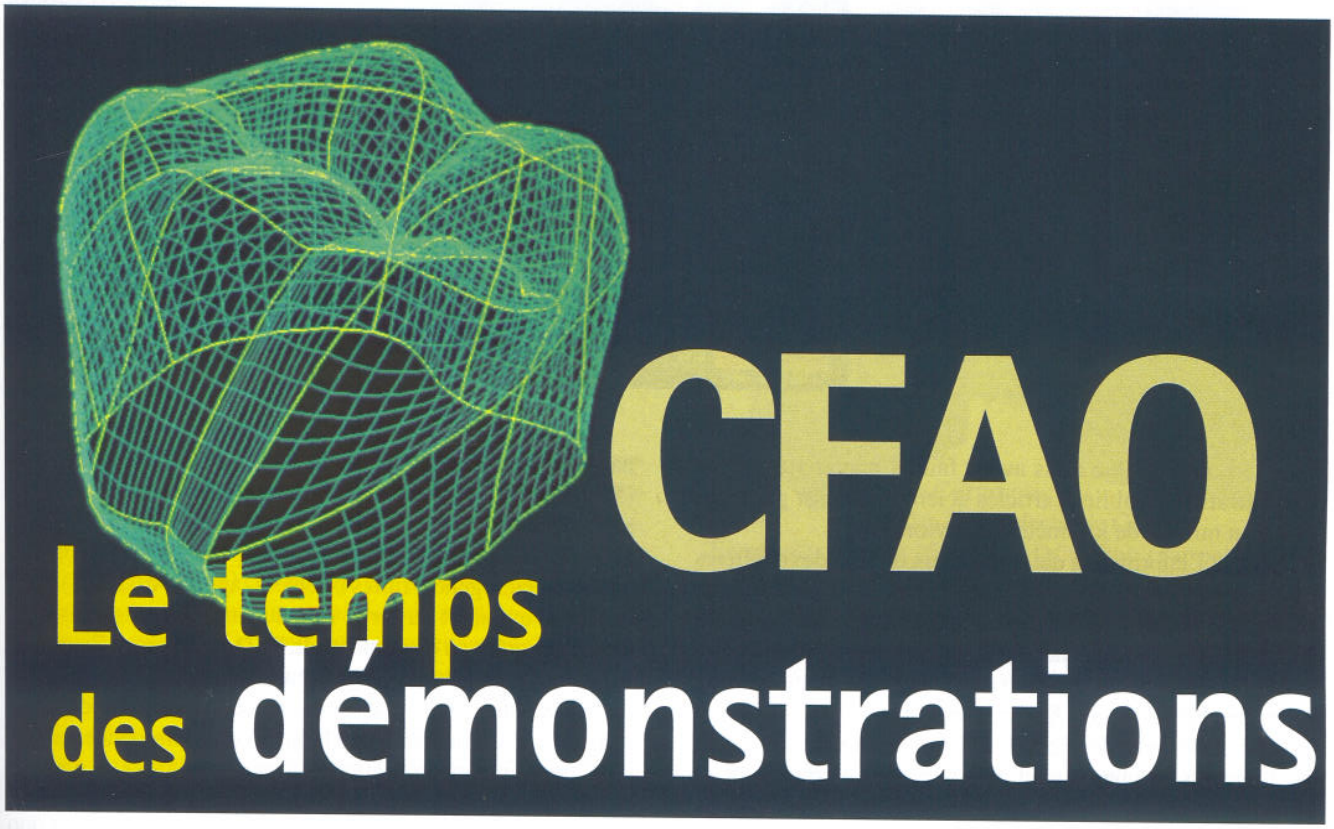
La couronne, une première prémolaire du bas allait être scellée en direct une heure après l'empreinte optique

À la fin de la période des pionniers, sans doute à la suite des travaux de l'américain William E Swinson d'Atlanta (41), apparaît pour la première fois une équipe qui va s'imposer dans la CFAO dentaire en développant le magnifique CEREC system (fig. 5). L'association du sympathique et brillant Professeur W. Moerman qui travaille alors sur les composites (48) (élève de Lutz à l'École dentaire de Zurich) et de l'excellent ingénieur M. Brandestini (Brains Gmbh) a permis la mise au point dès 1984 d'un petit appareil génial. Gros comme un Macintosh, le Cerec mark 1 appelé aussi « lemon » à cause de sa couleur jaune citron, est, dès sa première présentation, capable de faire des empreintes en bouche et d'usiner des inlays en quelques minutes. Le premier inlay fut sans doute usiné entre 1984 et 1985 (49). Grâce à l'ardeur de Moerman, de ses amis comme B. Reiss et de la remarquable équipe de Siemens (46) il allait connaître l'avenir que nous lui connaissons aujourd'hui !

La période des démonstrations et de la rivalité Allemagne/Suisse – France pouvait commencer. Elle allait durer 7 ans dans le respect et l'amitié et se terminer en 1992. Cette période des pionniers reste absolument fondamentale pour la CFAO dentaire. En effet, forte des techniques connues et explorées avant 1985, forte de l'informatique naissante et des nouvelles technologies optiques, elle allait établir toutes les bases utilisées aujourd'hui. L'apparition des CCD ou autre Cmos, véritables pellicules électroniques remplaçant les tubes de lectures lourds et coûteux ne numérisant pas en temps réel les prises de vues, le développement des diodes Laser, la miniaturisation des ordinateurs ou des machines-outils à commande numérique et la simplification de leurs logiciels allait permettre la construction de prototypes convaincants pour les industriels.

D'un simple montage de laboratoire en 1975, la CFAO dentaire était devenue en 1985 un véritable appareil intégrable dans les laboratoires ou les cabinets dentaires car il était devenu capable de fabriquer des inlays et des couronnes sur patient.
Plus qu'une simple machine à faire les « couronnes en 20 minutes », la CFAO a fait rentrer la dentisterie dans l'ère du numérique par la grande porte et pour toujours.

50 références bibliographiques consultables sur www.information-dentaire.com

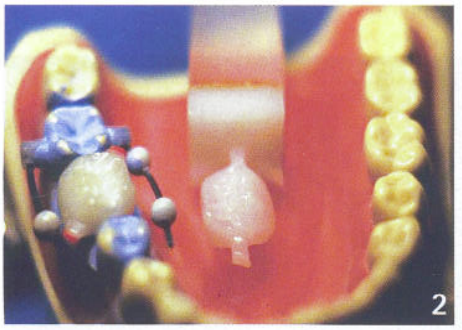


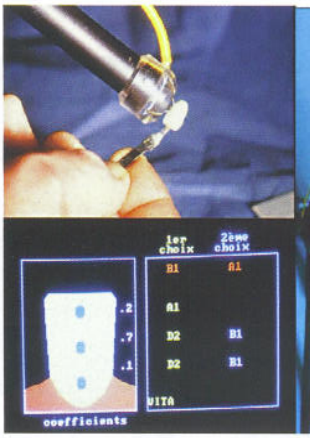
CFAO
Le temps des démonstrations

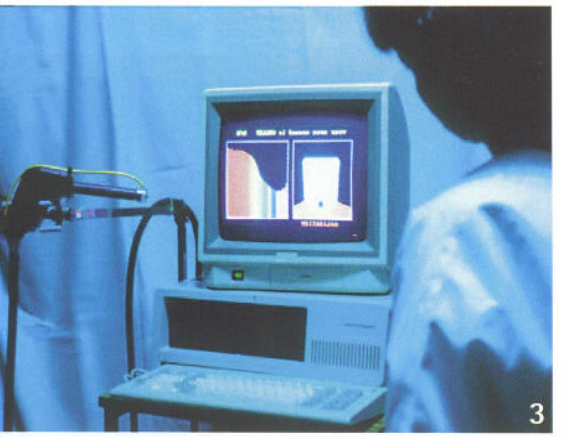
À partir de 1985, le monde de la CFAO dentaire a changé. La première couronne a été réalisée, usinée et mise en bouche devant des centaines de dentistes au sein même d'un congrès, le CEREC a fait ses premiers inlays (Cerec 1) à l'université avec le soutien bienveillant d'un grand nom de la dentisterie : Peter Schaerer. Le Procera de Nobel Biocare (Mat Anderson) comme le DentiCAD (Diane Rekow) pointent le bout de leur nez, l'un en Suède et l'autre aux USA (1-2). Enfin le Japon intervient sous l'impulsion de l'ingénieur de Kyoto Sadami Tsutsumi.

François Duret, Bernard Duret et Bruno Pelissier

La periode des demonstrations pouvait commencer. Cette nouvelle periode fut une periode de lutte scientifique et technologique entre les pionniers mais aussi un temps où tous les acteurs de la première heure se sont decouverts, rapproches et estimes. Cette amitie qui nous unit à Moerman, Brandestini, Rekow, Van der Zel, Anderson, Bergman, Tsutsumi ou Fushita ne s'est jamais dementie. Nous luttions pour la même cause, la même idee et même si nos chemins etaient differents et nos luttes quelque fois fratricides, l'ennemi etait le même : les detracteurs de la CFAO dentaire. Dans le monde dentaire, après 1985, nous n'en n'etions plus à « c'est impossible, ce sont des escrocs (authentiquement prononce) » mais à « cela ne marchera jamais à cause de… »… et les causes etaient très nombreuses. C'est pour repondre à ces detracteurs, pour respecter les dentistes generalistes (nos seuls supporters à l'epoque) de plus en plus nombreux à être interesses, mais aussi pour rassurer nos sponsors qui nous apportaient les fonds necessaires, que tous les pionniers se mirent à battre la campagne. Pour donner une idee de cet engage-







ment, rien qu'en 1986 nous avons fait 57 conferences et/ou demonstrations, publie 8 articles scientifiques et parcouru plus d'un million de kilomètres en avion.

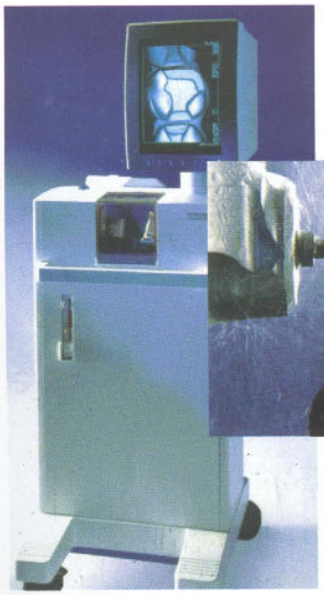
Devant l'information qui arrivait aux oreilles des confrères suite à la question de leurs patients « vous allez me faire une couronne avec l'ordinateur… », les praticiens du monde entier ont pousse les instances academiques terriblement reticentes et les presidents de societes savantes à inviter les pionniers à s'exprimer. Hormis les USA et le Japon qui ont toujours très bien accueilli ce nouveau developpement, paradoxalement l'accueil des dirigeants europeens etait plus que froid, le pire etant au sein de certaines universites où nous etions franchement detestes. Nous avions ose faire de la recherche et trouver les financements necessaires sans passer par leur système de contrôle ! Heureusement en France, le Conseil de l'Ordre et les syndicats professionnels (UJCD et CNSD) protegeaient notre travail afin que nous ne passions pas notre temps en luttes inutiles.

C'est donc dans cette atmosphère que les dentistes et les prothesistes ont decouvert la CFAO dentaire.

En France, après la demonstration de l'ADF, c'etait la joie dans toute l'equipe car nous avions atteint notre objectif : faire la première demonstration au monde de la CFAO. Les equipes de Hennson se sont alors concentrees sur la fiabilisation et la diversification des cartes et programmes informatiques. Il a fallu perfectionner et miniaturiser la camera endo buccale avec la societe Bertin (JM Decaudin) (3), developper de nouveaux logiciels avec MATRA Datavision (fig. 1) et optimiser l'usinage (fig. 2). Une equipe de plus de 15 ingenieurs travaillait uniquement sur la CFAO avec le soutien de l'industriel, de la ville de Vienne et de l'ANVAR (4), equipe à laquelle s'etaient joints des dentistes benevoles avec leur connaissance et leur personnalite si attachantes comme JP. Toubol, F. Jordan et R. Sangiolo. Cette equipe a permis la naissance et la mise au point, non seulement de la CFAO, mais aussi d'appareils copies et recopies depuis comme le Spectrophotomètre dentaire (Shade Master de Bertin) (5) (fig. 3) l'articulateur electronique d'enregistrement des mouvements mandibulaires pour la CFAO (Access Articulateur) (6) (voir article p. 1704), les logiciels d'implantologie (7) ou l'usinage des premiers Zircone en green phase au CEA de Grenoble (M. Slolina). C'est aussi à cette periode que sous le patronage de Bernard Duret (avec R. Bossière chez Spad) nous avons developpe le premier materiau pour CFAO, composite dentaire heterogène à fibres orientees, appele Aristee (8) C'est ce travail qui allait ouvrir la voie du Targis/Vectris mais aussi et surtout, grâce au dynamisme de RTD et à Marc et Pierre Luc Raynaud, celle des tenons fibreux utilises aujourd'hui dans le monde entier (9-10). Les essais cliniques des premiers appareils de CFAO dentaire de Hennson ont commence sur des sites dentaires et prothetiques à partir de 1987 et c'est 30 machines qui tournaient tant bien que mal en 1990 en Europe et aux USA à USC ou nous avons realise plus de 5 000 couronnes.

À cette même periode, en Suisse comme en Allemagne, le Cerec a acquis ses lettres de noblesse, non pas pour sa technologie ou sa precision qui restait très rudimentaire mais par sa convivialite, sa maniabilite et surtout le soutien d'un groupe enorme : Siemens dentaire (qui deviendra Sirona). La grande competence de Moerman a permis à ce petit appareil de presenter les premières ceramiques usinables (Dicor MGC, Vita CEREC Mark 1 et 2) et les composites de scellement et comblement (Vita Cerec Duo-Cement) qui sont utilises couramment aujourd'hui (11-12-13). La seule modification qui ait ete apportee au Cerec mark 1 durant cette periode est le passage du moteur d'usinage « à entraînement par eau – idee absolument geniale » à un entraînement electrique rendu necessaire pour des raisons de coordination d'axes d'usinage (14). Cette periode a permis à cette equipe de le stabiliser technologiquement et de le valider cliniquement. Elle a aussi favorise la preparation de la generation Mark 2 (ou Cerec 2) (fig. 4). On l'a vu s'entourer de dentistes et de techniciens de premier ordre. Il est bon de rappeler que W. Moerman a toujours ete un homme sympathique et dynamique comme peuvent en temoigner tous ceux qui l'ont approche. Ceci explique sans doute l'unite et le respect de son equipe à son egard en ce debut des annees 90.

Toujours en Europe, continent qui reste et restera longtemps en pointe dans cette technologie, une nouvelle equipe



fait son apparition : celle de Matt Anderson, qui, de par ses liens privilegies avec la direction de Nobel Biocare (alors Nobel Pharma) met au point le system Procera (15-16). Alors que le Duret's system et le Cerec ont choisi la prise de vue en bouche par camera 3D et l'usinage par fraisage, Matt Anderson a choisi la solution du micro palpage de modèle et l'usinage par electro-erosion. Ce choix est essentiellement dicte par le materiau utilise : le titane (très dur à usiner). Il faut dire que l'objectif de Nobel est d'associer le Procera aux implants de Brånemark (osteo-integration) qui sont alors leaders incontestes sur ce marche. C'est le premier système qui demande de preparer un modèle en plâtre de la preparation et de l'envoyer dans un centre specialise (Göteborg à cette epoque). Dans ce laboratoire specialise est usinee une coiffe renvoyee ensuite au prothesiste pour la ceramisation. La fabrication de la coiffe en Suède se fait de la manière suivante (17) : à reception du die on fait une lecture par palpage de la preparation (ce qui donne l'information de l'interieur de la coiffe) et on usine en même temps, grâce à un bras pentographique, une copie en materiau electriquement conducteur. Cette copie du die va usiner l'interieur d'un barreau de titane par electro erosion alors que l'exterieur est usine en epaisseur constante par fraisage (legèrement dilatee). Si cette periode ne fut pas celle du Procera (il faudra attendre 1995-2000 pour qu'il devienne un grand système de CFAO) la presentation de cette configuration a eu l'avantage de mettre au point et de valider l'idee des grands centres delocalises pour la fabrication des prothèses par CFAO. Ces centres industriels paraissent independants mais ils sont en realite en coordination etroite avec les laboratoires de prothèse. C'est la première decentralisation partielle du travail du prothesiste. Ce concept evoluera constamment et s'etendra aux ceramiques pour couronnes et bridges puis aux implants.

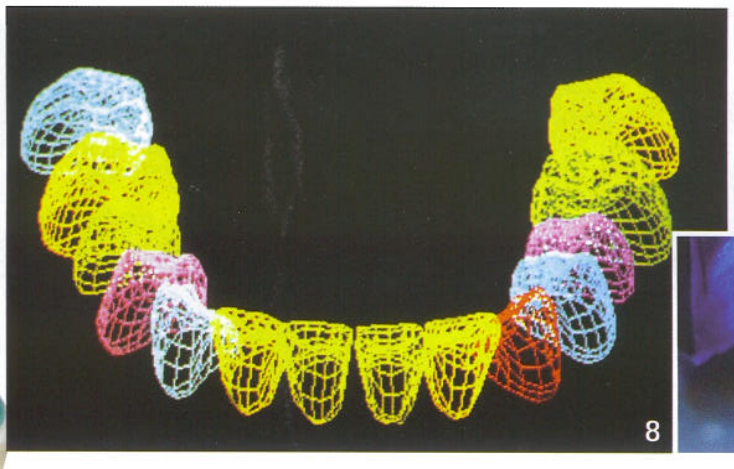
D'autres systèmes en Europe verront le jour durant et à la fin de cette periode des demonstrations (entre 1992 et 2000) avec plus ou moins de succès (18-19). On verra apparaître le Ceramatic, le Celay (Microdenta), le Cicero (Elephant), Circom (fig. 5), le DCS titan (par palpage puis par empreinte optique) (fig. 6), le Digident, le Ritter, le ou autre CAD esthetique d'Ivoclar. Tous ces systèmes auront, à quelque chose près les mêmes bases generales (empreinte sur modèle, CAO plus ou moins sophistiquee, et machine-outil integree, deportee ou independante). Ils se differencieront par des points de detail et survivront surtout grâce la puissance industrielle de la societe supportrice.

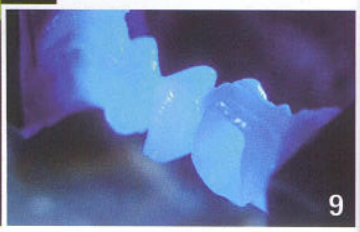
> Ces centres industriels (délocalisés) paraissent indépendants mais ils sont en réalité en coordination étroite avec les laboratoires de prothèse

Aux USA personne ne semble s'interesser à la CFAO dentaire. Les equipes continuent à travailler de manière independante et disparate en faisant, çà et là, des publications très scientifiques ou des declarations très marketing. Aucune equipe ne s'oriente vers la realisation d'une machine de CFAO dentaire. En dehors des chercheurs et supporters connus comme Art Williams, Omeer Reed ou Henri Rotsaert seule Diane Rekow semble se battre pour creer puis developper un système totalement americain. Malgre tous ses efforts, son implication temporaire chez Bego et toutes ses publications (20-21-22), son espoir ne se concretisera jamais ce qui est très regrettable au regard de son engagement pour la CFAO dentaire et de sa personnalite. Elle restera à nos yeux Madame CAD/CAM-USA. On retrouve donc les traditionnelles publications de Altschuler (23) sur les prises d'empreinte, celles de Duncan sur les modelisations, celles de Craig et Freylich sur la photo-eslasticite (24) ou celles de Susuki (25) sur les usinages de moule.

Qu'en est-il justement au Japon ? Comme à leur habitude, les Japonais ont aborde la CFAO dentaire d'une manière très differente. Les travaux ont commence de manière eparse comme aux USA, avec Fujita ou Kimura à Kanagawa (Tokyo) en 1978 (28). Devant l'interêt que portent les universites à cette methode, un M. CFAO dentaire est designe en la personne d'un ingenieur roboticien : Sadami Tsutsumi. Ce

7


8


9

grand ingenieur n'aura de cesse d'activer les travaux de Kyoto (Hyodo medical Collège) et ceux d'Osaka (les equipes d'Omura et d'Okuno) vers la realisation d'un système de CFAO japonais. Pour cela il specialise des sous unites de recherche en autant de sous ensembles existants dans un appareil. Il y a les specialistes de la lecture 3D (29), les specialistes de la modelisation des couronnes ou ceux des bridges (30) (fig. 8), les specialistes des appareils amovibles (31) et les specialistes de l'usinage par fraisage (32) ou par electro erosion (33). Cela donnera lieu pendant 10 ans à la publication de plus de 50 articles de très haut niveau. On y remarque en particulier que Tsutsumi utilise le principe de codage de frange decrit par Altshuler en 1981 et que Maesa decrit le premier système expert de modelisation des prothèses totales ! On decouvre aussi que cette equipe travaille avec la societe UNISN Inc. qui developpa un lecteur en tout point semblable à celui que nous allions voir sur le LAVA system de 3M dans les annees 2000 ! En 1992, à la fin de la periode des demonstrations, 3 Universites sont reconnues comme competentes en CFAO (Kyoto, Osaka et Sapporo) mais aucun appareil complet n'a encore vu le jour.

Cette periode se termine donc par une domination ecrasante des equipes europeennes avec la France, l'Allemagne et la Suède naissante. Nous assistons parallèlement à un reveil du Japon et une somnolence chronique des USA.

Tous les pions sont en place pour que demarre la troisième periode ou periode preindustrielle. Elle sera marquee par une course marketing visant à la prise de parts de marche, à la fiabilisation des systèmes existants et à leur multiplication.

LA PÉRIODE PRÉ INDUSTRIELLE... OU LA SUBSTITUTION DU RÊVE PAR LA RÉALITÉ

Cette periode a commence en 1992 et s'est terminee autour de l'annee 2000. Elle a ete caracterisee par la domination progressive des grands groupes industriels et dentaires aux depens des petites equipes innovatrices. On a assiste à la naissance d'un developpement très professionnel incompatible avec l'evolution imaginative et spectaculaire connue jusqu'alors. La CFAO dentaire n'evolua pratiquement plus mais cette etape etait necessaire. Il y aura donc une fiabilisation des developpements precedents, une redistribution des equipes et une disparition des plus faibles.

Cette periode a ete marquee par les premiers grands congrès specialises en CFAO dentaire et portes par l'Int. College of Prosthodontic à Hiroshima en 91, Los Angeles en 92 puis Houston en 93. C'est aussi à cette epoque, grâce à M. Hass de Quintessence et à notre ami B. Reiss qu'allait naître le premier journal specialise en informatique dentaire et CFAO : Int. J. of Computerized Dentistry.

Une course marketing visant à la prise de parts de marché, à la fiabilisation des systèmes existants et à leur multiplication

En France, alors qu'en 1989 à Berlin, Hennson presentait l'usinage des premiers bridges, des inlays et des coiffes en titane (33) (fig. 9) nous assistons à une veritable implosion financière de la Societe Hennson, leader du marche. Cette destruction parfaitement organisee par des instances superieures, aboutit à son rachat par une societe incompetente et incapable de maintenir l'extraordinaire vitalite qui avait anime l'equipe de JL Blouin ou de G Deschelettes. En moins d'un an, cette societe reussira l'exploit de briser 20 ans de travail ! Ne subsisteront de ces equipes que des ingenieurs de talent, complètement formes à cette technologie. Ils iront rejoindre la concurrence, les uns en Suède, les autres en Allemagne et les troisièmes au Canada. C'est à cette epoque qu'est creee notre chaire de CFAO à USC (Los Angeles) et que GC (Tokyo, Japon) devient le sponsor de nos travaux.

France Immeub
+33 (0)1 48 90
7 KerrHawe SA

10

11

Dans le reste de l'Europe existe une veritable explosion du nombre des systèmes de CFAO. Ceci sera particulièrement impressionnant à l'IDS 2000 où presque 10 % de la surface du congrès sont occupes par ces machines.

À côte du Celay, du Ceramatic ou du Cicero disparaissant, se renforcent le DCS, le Procera et, bien sûr, le Cerec. Apparaissent enfin sur le marche après une longue periode d'incubation le Cercon de Degussa (fig. 5) le Pro 50 de Cynovad (fig. 7) et l'Everest de Kavo (avec une très belle machine-outil 5 axes) (fig. 10).

Le CEREC evolue du système mark 1 au mark 2 en 1993 avec une machine-outil independante travaillant avec deux usinages simultanes, l'un pour degrossir et l'autre pour affiner la precision, mais aussi avec une camera deux fois plus precise Enfin en 2000, le Mark 3 (qui deviendra le Mark 3D en 2002), est presente son premier programme de modelisation surfacique très convivial et très attrayant rappelant… celui presente par Hennson 15 ans plus tôt (voir article p. 1704).

Au Japon le leader de l'industrie dentaire Nippone, GC (General Chemistry) s'engage dans le developpement d'un système de CFAO dentaire totalement japonais. Ce travail se fait sous l'egide de son patron visionnaire M. Nakao, de l'aide financière de l'etat et de la cooperation de Nikon (pour le capteur et les logiciels de CAO) et Hitachi (pour la machine-outil). GC est le manager du projet avec A. Kikuchi et est responsable des materiaux pour CFAO avec son directeur R&D (M. Hirota). De 1993 à 1998 sera developpe, mis au point et fabrique industriellement le GN.1, G comme GC et N comme Nikon) (fig. 11). Grâce au soutien de cette grande societe avec laquelle nous avons travaille de 1993 à 2003, nous avons pu concevoir notre troisième système de CFAO ! (après ceux de Hennson et de Sopha). Ce système comprend une tête de scannage à lecture par point, une CFAO reprenant les principes que nous avions developpes deja en France mais avec un logiciel convivial et très realiste et une machine-outil pouvant travailler 24h/24 avec changement automatique d'outil et de preforme. En parallèle, deux autres societes ont developpe des petits systèmes « chairside ». Il s'agit des systèmes Cadim et Decsy. Visant le marche du Cerec, ces deux systèmes sont extrêmement miniaturises tant au niveau du lecteur que de la chambre d'usinage. De la taille d'un four ils concernent aussi les petits laboratoires.

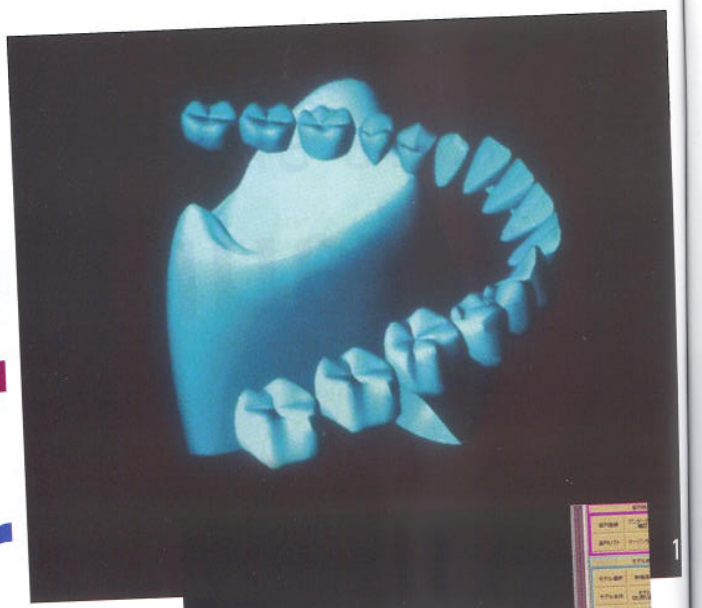
Enfin aux USA, mis à part quelques essais injustemen manques de D. Rekow (après avoir quitte Bego) avec l DentiCAM puis le ProCAM, il n'existe toujours pas de lancemen industriel. La societe Cynovad a quitte la France pour s'installe au Canada avec des aides d'etat. Elle introduit sur le marche l système Pro50, avec un lecteur pour laboratoire, une CAO remar quablement bien faite par une partie de l'ancienne equipe d Hennson (J.M. Perrot) (voir article p. 1704) et son centre d'usi nage industriel deporte dans le même esprit que le Procera.

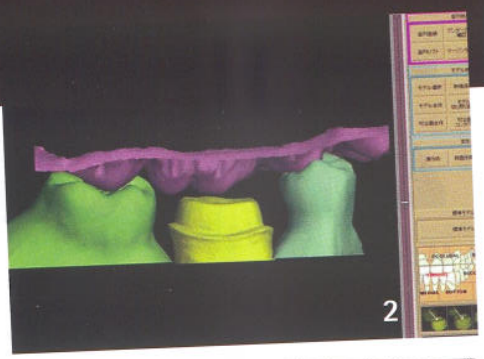
En Amerique du Nord, peu d'articles traitent du suje hormis ceux consacres au Cerec ou au Procera qui font un penetration en force sur ce marche. La precision et l'interê clinique de ces deux systèmes sont largement debattus et d plus en plus d'Universites s'equipent pour les TP de leur etudiants (à USC, nous avons utilise d'abord le Hennson/Soph puis le Celay et le Cerec en TP à partir de 1990)

Ces deux périodes qui se sont étalées sur une quinzaine d'années (de 1985 à 2000) représentent le temps nécessaire à la CFAO pour son ordonnancement et sa maturation. Elle est devenue crédible aux utilisateurs que sont les prothésistes et les dentistes. L'intérêt s'est porté alors sur sa rentabilité et les matériaux qu'elle pouvait mettre en œuvre. Les questions posées 20 ans plus tôt sont alors ressorties : « pouvons nous faire une couronne en 20 minutes...? » mais la réponse a changé : ce n'est plus « ce sera réalisable » mais simplement « oui ». La dentisterie fait partie pour toujours du monde du numérique.

33 références bibliographiques consultables sur www.information-dentaire.com

CFAO Futur prometteur





C'est à partir de l'an 2000 que la CFAO s'est imposée à tous comme une réalité incontournable de toutes les disciplines de la dentisterie.

François Duret, Bernard Duret et Bruno Pelissier

L'IDS de 2003 l'a montré largement comme le congrès mondial « Aria » qui s'est déroulé à Chambéry en 2006. Enfin, l'IDS de Cologne et le Midwinter de Chicago cette année, ont confirmé la position de leader de cette révolution professionnelle. Cette nouvelle technologie a tiré sa révérence aux professionnels qui en doutaient encore. Aujourd'hui, elle s'impose sans partage dans les milieux scientifiques, industriels, prothétiques et dentaires. Il aura fallu 30 ans à cette nouvelle façon de voir notre métier pour couvrir plus de 15 % de fabrication des prothèses mondiales, ce qui est énorme si l'on sait que cette montée s'est faite réellement sur 5 ans entre 2002 et 2007. Pourtant les modélisations n'ont pas beaucoup évolué depuis 1985 ! (fig. 1-4).

Cette nouvelle phase a commencé brillamment avec l'arrivée des premiers systèmes par addition : la stéréo lithographie du pro 50 puis le Medi-factu-

ring de Bego (1). 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 70 dans la thèse « empreinte optique » puis dans les années 80 entre autres par le Pr Kurber (2) et la société Krupp, travaux malheureusement restés sans suite.

Avec ces nouveaux développements, comment pouvons nous imaginer ce que sera l'avenir pour cette nouvelle science ?

Cela paraît très ambitieux car la caractéristique de la CFAO dentaire est d'avoir su numériser, c'est-à-dire rendre traitable par un ordinateur, la quasi-totalité de nos actes professionnels. Or le numérique explose littéralement dans toutes les disciplines scientifiques et ce n'est plus, de ce fait, les dentistes ou les prothésistes qui feront évoluer leur discipline mais toutes les sciences confondues. Quel avenir formidable, mais quel travail pour ne pas être pris de vitesse ou laisser passer des opportunités fondamentales !

Comment nous l'avons vu, sur le marché dentaire nous pouvons trouver plus d'une douzaine de systèmes de CFAO dentaire qu'il est possible de classer de différentes façons : en fonction du pays utilisateur et fabricant • des matériaux utilisés • de l'application couverte (inlays, onlays et couronnes) • des ambitions de l'utilisateur (petit ou gros système) • du client potentiel (prothésiste, dentiste, les deux…) • du type d'empreinte (palpage, optique sur modèle, endo buccal), etc.…

> … vers la prise d'empreinte en bouche dès que ce sera techniquement et cliniquement facile

Toutes ces méthodes de classification ont été proposées aux odontologistes dans le but de chercher à mettre de l'ordre ou faire ressortir le caractère paraissant le plus important de l'appareil. Cela a plutôt créé de la confusion dans les esprits. Pour des questions de facilité et de compréhension, nous resterons dans un schéma classique « appareil à prise de vue sur modèle, appareil à prise de vue en bouche et appareil indépendant », il faut savoir que celui-ci pour les spécialistes est en voie de disparition. Résumons donc la situation présente (3-4) :

Il existe trois appareils à prise de vue endo buccale destinés aux cabinets dentaires. Le Cerec est l'appareil dominant car il recouvre pratiquement 95 % du marché de la CFAO dentaire toutes disciples confondues (5-6). Récemment venant des USA et soutenue par la société Schein est arrivée une sorte de clone nommé D4D rassemblant tous les éléments du Cerec dans un design quasi semblable. Enfin le LAVA system (7-8) de 3M nous promet une prise endo buccale dynamique sous peu.

Ces appareils devant fonctionner avec leurs trois unités de base (empreintes, CAO et machine-outil) ils peuvent se présenter sous deux formes, une forme rapide et conviviale associée à une machine-outil peu encombrante permettant son intégration complète ou une forme dissociée et la caméra et une numérisation élémentaire se fait dans le cabinet, le reste de la procédure étant sous traité, via des réseaux commutés, dans des laboratoires équipés d'un ensemble beaucoup plus performant. Le Cerec 3D et le Cerec Lab sont les parfaites illustrations de cette approche car ils offrent à l'utilisateur les deux possibilités.

Il existe de nombreux appareils à prise de vue sur modèle. Ces appareils sont essentiellement destinés aux laboratoires, on distingue deux catégories, les copieurs et les créateurs :
Les copieurs sont ceux qui obligent au passage par la maquette en cire. Le prothésiste réalise son modèle selon les règles classiques et monte une maquette en cire. C'est cette maquette qui sera scannée (par micro palpage ou par empreinte optique) et reproduite telle quelle 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 laborieux et permettent surtout la réalisation d'éléments unitaires et d'infrastructures de bridges.
Les créateurs sont ceux qui n'ont besoin que du die de la taille, des dents proximales et des antagonistes (avec ou sans mordu, avec ou sans arcade). Le soft de CAO doit être performant car c'est lui qui permettra à l'opérateur de créer un objet qui n'existe pas : la prothèse. 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.

Ces appareils de prise de vues sur modèle peuvent être réunis dans un même laboratoire ou déportés en deux lieux (Laboratoire/Cabinet dentaire et centre spécialisé pour l'usinage) ou en trois (Cabinet, laboratoire et centre spécialisé). La dépendance du technicien à son fournisseur est totale mais les résultats sont tout à fait satisfaisants.

Reste enfin les appareils partiels ou indépendants. Apparus récemment sur le marché mais promis à un grand avenir, ces appareils sont vendus comme le sont une imprimante, un écran ou un scanner lorsque l'on achète un ordinateur. Certaines sociétés spécialisées dans la lecture 3D, dans le micro usinage ont vu qu'il existait un marché de diversification dans la prothèse dentaire. Ils ont donc diversifié leurs appareils spécifiquement pour notre application et ont créé un programme de communication capable de dialoguer avec d'autres éléments d'une chaîne connue ou d'autres éléments indépendants. On

peut ainsi acheter le scanner chez un fournisseur, la CAO chez un autre et la machine-outil chez un troisième.

Nous avons tenu à rappeler simplement les configurations générales de la CFAO dentaire en 2007 mais il faut savoir que seule une étude fine de chaque appareil permet de faire une bonne sélection.

Une des premières choses qui semble évidente aujourd'hui est que nous nous orientons de plus en plus vers une sorte d'explosion identitaire où n'existe plus « l'appareil du dentiste ou celui du prothésiste… mais « le » capteur endo buccal, le capteur sur modèle, la machine outil capable de traiter le métal ou celle capable d'usiner la céramique… Ce sont les classifications par fonction et non plus les classifications par fabriquant qui commencent à s'imposer. Certes en 2007 ce sont encore les appareils de tel ou tel fabriquant qui dominent le marché mais cela risque d'évoluer très vite.

Ce point de départ va nous permettre maintenant d'envisager l'avenir

Une analyse fine nous permet de comprendre que ces modulations ont des raisons plus financières que scientifiques : « si une machine de CFAO coûtait 10000 euros et réalisait toutes les prothèses conjointes (inlays, onlays, couronnes, coiffes, infrastructures et bridges) ne seriez-vous pas tentés d'avoir dans votre cabinet dentaire un prothésiste ayant compétence en céramique ? » (Paris 2007) (9).

Vu la rapidité de l'évolution de l'informatique et sa maîtrise par les jeunes générations, il y a fort à parier que cette situation évoluera très vite vers une intégration totale dans les laboratoires avec communication et périphériques situés dans les cabinets dentaires. Cette évolution se produira plus vite que nous le pensons. Bien sûr, cette projection n'engage et n'est propriété que de l'auteur mais ne serait-ce pas une part de la vérité ?

> … vers une intégration totale dans les laboratoires avec communication et périphériques situés dans les cabinets dentaires

Nous pensons donc que les appareils de CFAO vont évoluer vers une seule configuration, proche de celle que nous connaissons avec le Cerec, plus performante, plus miniaturisée et pouvant s'incorporer dans les cabinets dentaires (version soft) et dans les laboratoires (version complète). Nous pensons que les grands centres disparaîtront lorsque le prix du matériel deviendra compétitif comme l'ordinateur a remplacé l'imprimerie individuelle personnalisée. Les premiers changements porteront sur l'empreinte, la communication inter éléments, la convivialité voir la diversification des softs de CAO et sur l'intégration des périphériques. Il va de soi aussi qu'il y aura apparition de nouveaux matériaux inconnus aujourd'hui usinables par addition ou soustraction de matière.

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. Ces trois éléments pourront être partiellement réunis en un, deux ou trois sous ensembles, mais quelle que soit la configuration, ils seront toujours déclinables en ces trois éléments de base.

La prise d'empreinte, comme toute méthode de reproduction, deviendra ondulatoire et utilisera majoritairement des rayonnements optiques sans doute dans les basses longueurs d'onde. Tout élément intermédiaire comme les pâtes d'empreinte, modèles d'étude ou micro palpeurs disparaîtront. Cette empreinte optique évoluera du mode statique (comme aujourd'hui dans le Cerec) au mode dynamique (on filmera au lieu de prendre des photos). Cliniquement, cette empreinte se fera après ou pendant le travail de préparation. On peut ainsi imaginer que le clinicien filmera l'arcade avant de se mettre au travail puis les modifications apportées durant la taille feront progressivement évoluer la prise de vue initiale, comme nous modifions aujourd'hui nos écrits avec les traitements de textes informatisés. Cette actualisation des données pourra se faire optiquement ou à l'aide de micro élément de détection de mouvement de la tête de fraise (gyroscopes). Cette caméra 3D se situera au milieu des instruments ou se posera sur l'établi du prothésiste (pour les dentistes qui utiliseront encore l'empreinte classique chimico-manuelle). Pour les cliniciens qui opteront pour, par exemple la turbine gyroscopique, la tête d'analyse sera incorporée dans la pièce à main (turbine ou l'ultrason) utilisée pour la préparation. Le dentiste pourra suivre ses mouvements et verra même, en image virtuelle dans le cas de l'utilisation des analyseurs de déplacement, l'évolution de son travail de taille en temps réel avec comparaison à des modèles idéaux et théoriques mémorisés en fonction de l'objectif à atteindre. Ces informations apparaîtront sur un écran déporté, par exemple de type LCD ou sous une forme holographique directement sur la préparation en bouche. Le clinicien n'aura alors qu'à tailler les parties indiquées directement sur sa préparation durant son travail.

Les traitements d'images concerneront quelques centaines de millions de points nous permettant d'espérer, après corrélation et filtrage, une précision proche du micron, c'est-à-dire très supérieure aux précisions et aux résolutions des empreintes actuelles.

Le fait de filmer les arcades permettra de faire une prise d'empreinte optique complète, en écartant éventuellement la gencive vers la ligne de finition ou en analysant les zones de contact, assurant ainsi à l'opérateur une empreinte exacte et précise des surfaces de la préparation mais aussi de sa position dans l'ensemble de l'arcade adjacente et antagoniste. Une prise de vue des faces vestibulaires, en position d'occlusion

idéale puis le suivi des mouvements antéro postérieurs et de latéralité transmettra au logiciel de création de la surface occlusale les éléments nécessaires et suffisants permettant de modifier les données théoriques mémorisées.

D'une analyse statique, nous passerons directement à l'analyse dynamique sans avoir recours aux montages fastidieux sur articulateur et arc facial. Nous avions expérimenté, avec un certain succès cette méthode entre 1987 et 1990, malheureusement la limitation du stockage des informations de l'époque nous avait contraints à avoir recours à des articulateurs complémentaires, l'Acces Articulateur, pour faire l'analyse de ces mouvements (10-11-12) (fig. 5-6).

L'acte clinique d'empreinte sera donc d'une extrême facilité :
- prise d'empreinte de l'arcade portant la préparation ;
- prise d'empreinte de l'arcade antagoniste ;
- prise d'empreinte des mouvements de l'une par rapport à l'autre en partant de l'occlusion choisie cliniquement et/ou optimisée par un système expert et même une assistance d'analyse par intelligence artificielle.

Quel peut être l'intérêt de ces deux méthodes informatiques fondamentales ?

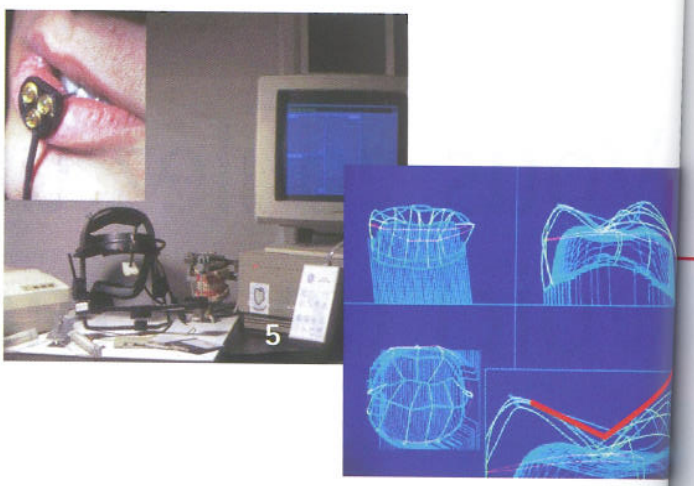
Le système expert permettra à la fois d'identifier une méthode d'empreinte pratiquée spécifiquement par chaque opérateur et tendra à informer, voire corriger les erreurs classiquement reconnues. La formation continue deviendra individuelle et interactive.

L'intelligence artificielle tendra pour sa part à sélectionner astucieusement les zones dites d'énergie supérieure telles que définies en 1991 (13). Cela permettra de concentrer et de généraliser la précision de la méthode d'empreinte, de la CFAO ou de l'usinage dans les zones essentielles pour la réussite de la future prothèse. La formation deviendra générale et dynamique dans tous les cabinets dentaires.

Quelles peuvent être ces méthodes reportées à chaque étage de la chaîne de réalisation quelle que soit la reconstruction ou simplement le diagnostic clinique ?

Au niveau de la prise d'empreinte, il sera possible de considérer que, en plus d'informer en temps réel de l'état du travail lors de la préparation, cette information soit corrélée à des critères académiques reconnus. L'ordinateur sera capable de différencier une taille en fonction de la dent préparée, du matériau de reconstitution utilisé (métal, céramique ou composite) et de l'état de l'environnement (support de bridge, état parodontal…). Ce système sera à même, par l'analyse des travaux et des échecs passés de mieux guider le praticien dans son acte clinique. La sommation des informations passées permettra de faire ressortir les critères correctifs essentiels, cheval de bataille de la formation continue.

Il serait aussi possible d'envisager une association beaucoup plus large : relier l'empreinte dynamique de la surface visible à celle, en profondeur, issue de l'analyse des contours osseux par RX ou Ultra Son (ou autre technique d'investigation). Le praticien aurait, non seulement, l'information sur les parties

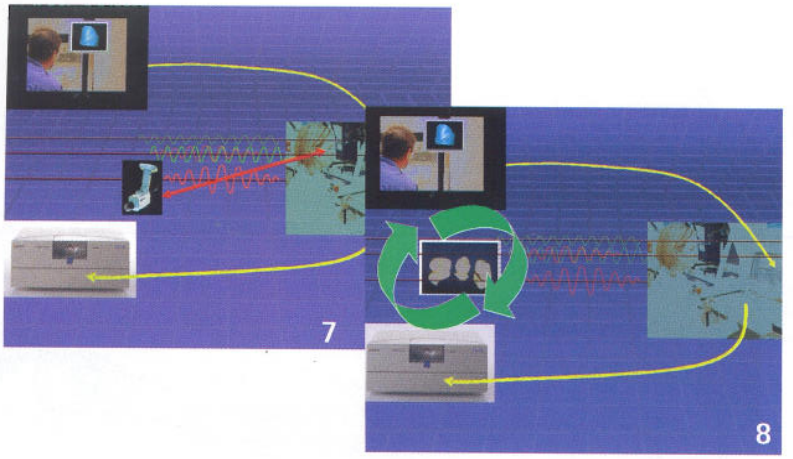


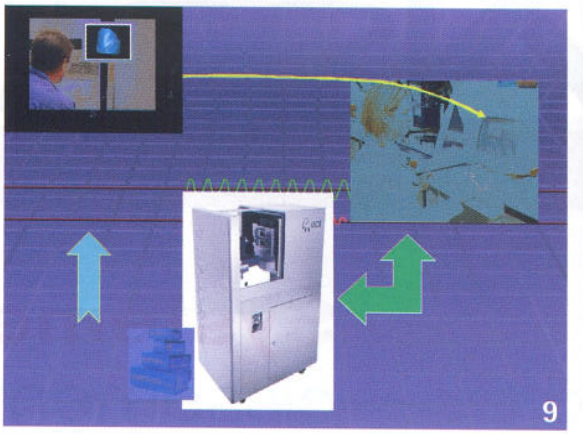
visibles mais aussi sur les contours, la position, l'importance des tables ou de la structure osseuse grâce à un système d'empreinte utilisant ce que nous appelions en 1973 (14) les empreintes par duplication d'ondes.

L'intelligence artificielle interviendra à un autre niveau. Par une analyse centralisée des informations acquises dans chaque cabinet, les centres de recherche universitaires seront capables de développer de nouveaux concepts qu'ils transmettront dans tous les cabinets utilisant cette technologie afin de mettre à jour les logiciels de lecture et d'analyse par CAO. Il n'y aura plus d'actes isolés mais une immense toile d'araignée reliant tous les actes cliniques pratiqués journellement comme elle existe aujourd'hui pour l'information sur Internet.

L'étage CAO, appelé aussi étage de modélisation, évoluera vers une simplification voire un automatisme total. Il sera sans doute complètement transparent à l'opérateur. Au risque de faire une nouvelle fois grincer des dents, la dentisterie n'est pas un art mais une science et le geste artistique, à nos yeux n'est là que pour combler un vide que la science n'est pas encore en mesure de mettre en œuvre. L'art n'est pas de refaire à la perfection ce que la nature a construit mais de créer quelque chose qui n'existe pas, une sensation nouvelle. Il est donc parfaitement logique et rationnel de penser que la construction d'une prothèse pourra se faire de façon totalement automatique. Cet étage ne sera qu'un étage de validation, de modification 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 que nous serons libres de modifier.

Le travail se fera dans l'espace de la réalité virtuelle avec des outils virtuels choisis par la profession. Nos arcades, nos préparations et leurs mouvements apparaîtront dans l'espace et nous modifierons les prothèses avec des outils, eux aussi, virtuels. Personne ne peut dire aujourd'hui si nous utiliserons une spatule, de la cire virtuelle ou la souris de l'ordinateur mais le travail se fera dans l'espace avec un modèle qui rappellera les images holographiques que nous voyons dans les films futuristes.





La sensation du toucher, de la résistance du matériau existera comme nous le ressentons aujourd'hui avec nos cires ou nos métaux mais ce « rappel de l'outil » se fera par l'intermédiaire de forces mécaniques, avec des bras de rappel ou mieux par des forces magnétiques.

Enfin les machines-outils à commande numérique et leurs logiciels travailleront sur un seul modèle de réalisation. L'unité ne sera pas le copeau minimum de l'usinage ou le point de fusion/polymérisation des méthodes par addition mais l'unité virtuelle élémentaire constituant un volume très utilisé aujourd'hui en morphologie mathématique. Quelle que soit la méthode, tout passera par cet élément de base comme l'est le pixel ou le voxel en imagerie. Cet élément ne sera dépendant que des matériaux utilisés et des forces de contrainte qu'il subira (la dynamique de la zone construite issue de l'analyse par élément fini). Une zone d'appui occlusal ne sera pas construite comme une face vestibulaire soumise à aucune force. La partie mécanique (conversion digitale analogique) utilisera aussi bien des méthodes par soustraction (fraisage…) que des méthodes par addition (stéréo lithographie…). C'est le matériau qui imposera la méthode et non l'inverse comme aujourd'hui.

Il sera possible de construire, de « faire pousser » la prothèse, grâce aux nano technologies

Tous les matériaux homogènes que nous connaissons aujourd'hui disparaîtront au profit de structures hétérogènes comparables à la dent remplacée par la prothèse. Ce seront sans doute des matériaux composites organiques ou céramiques. Si nous travaillons par addition dans des bacs à flux laminaires et champs magnétiques, il sera possible de construire, de « faire pousser » la prothèse, grâce aux nano technologies, avec de l'hydroxy-apatite fixée sur des fibres organiques (collagène artificiel, pseudo kératine ou élastine). L'orientation des éléments constitutifs respectera la structure cristalline et la machine-outil guidera la croissance artificielle du cristal sur un modèle avant d'être capable de la faire directement en bouche. Cette reconstruction se fera en fonction des données prescrites par le logiciel… mais ceci est une autre histoire.

Le rendu esthétique sera issu de l'association de la spectro-colorimètrie et de l'activation photométrique des matériaux. Les matériaux seront mimétiques comme le sont aujourd'hui la plupart des composites mais ils renfermeront aussi une pigmentation interne capable d'être activée par un outil dédié présent dans la machine-outil (rayon laser, flux calorique…). Cette activation se fera pendant la construction de la prothèse ou après celle-ci. C'est seulement au point de focalisation du rayonnement que l'énergie sera suffisante ou/et spécifique pour permettre l'activation. Il sera donc possible de « colorer » au milieu de la masse du matériau. Cette activation sera irréversible (à la différence des verres de lunette à couleur variable) et elle sera contrôlée par le système informatique afin qu'elle respecte en position et en colorimétrie la lecture du spectro-colorimètre. Cette analyse pourra se faire zn fonction d'une prise de teinte faite à la surface de la dent initiale, voisine ou symétrique.

Restera l'organisation du travail entre le dentiste et le prothésiste. Nous reprendrons ce que nous avons de nombreuses fois proposé (3-4):

Il y aura dans le cabinet dentaire, (fig. 7 et 8) une caméra à lecture tridimensionnelle, un lecteur specto-colorimétrique, un système de représentation (écran ou projection spatiale holographique) et une petite machine-outil à commande numérique de la taille d'un petit ordinateur. Une connexion directe et continue existera entre le cabinet dentaire et le laboratoire de prothèse via un ordinateur d'une extrême simplicité.

Dans le laboratoire de prothèse, (fig. 9) nous aurons un standard de réception et de communication avec le cabinet dentaire (sorte de central Internet). Ce standard transmettra les informations reçues du cabinet dentaire vers des prothésistes munis d'une station CAO et de grosses machines outils capables de réaliser des éléments simples ou complexes avec les méthodes que nous avons décrites (addition, soustraction et caractérisation). Ces machines pourront usiner des modèles issus de l'empreinte réalisée en bouche afin de faire des montages conventionnels (par exemple en céramique).

Dans ce laboratoire existera aussi une unité spéciale capable de télécommander la machine-outil présente dans le cabinet dentaire. Ceci permettra de réaliser des coiffes ou des dents provisoires à distance, sans intervention du clinicien. Par cette méthode, ce dernier pourra contrôler immédiatement la qualité de sa prise d'empreinte et faire réaliser la prothèse.

Pour les prothèses plus complexes, la réalisation se fera dans le laboratoire au niveau de stations CFAO spécialisées et d'opérateurs très compétents. Le dentiste aura pu vérifier, grâce à l'usinage immédiat de pièces de contrôle sur sa petite machine-outil si ses tailles sont correctes ou s'il faut les reprendre. Pour aider le prothésiste, le clinicien pourra aussi filmer en place la prothèse provisoire…

Nous pouvons imaginer la coopération dentiste/prothésiste de la manière suivante : le clinicien, après avoir réalisé sa (ses) préparation (s), fera ses empreintes « filmées » (arcades, préparations, mouvements mandibulaires et analyse spectro-colorimétrique) et les enverra au centre de communication du laboratoire. Ce dernier lancera à distance sur la machine-outil située dans le cabinet dentaire l'usinage des pièces de contrôle (sorte de chapes ou d'infrastructures de bridge), d'éléments définitifs (inlays ou couronnes) ou provisoires (couronnes, inlays ou bridges).

Le dentiste reste donc un clinicien. Il n'a pas réellement à intervenir sur son système de CFAO. Il réalisera l'empreinte et la vérifiera. Le prothésiste sera en charge de faire le reste. Cette méthode a le gros avantage de spécialiser chaque professionnel sur ce qu'est son rôle et de permettre une collaboration totale entre le laboratoire et le cabinet dentaire.

Conclusion

Que de travail réalisé depuis l'invention de la CFAO dentaire ! Que de rêves en perspective ! Tout ceci peut paraître bien utopique mais vous souvenez-vous de l'attitude des universitaires en lisant la thèse sur « l'empreinte optique » en 1973 ? Quelle était l'attitude des dentistes il y a 35 ans lorsque nous parlions de faire des couronnes avec un ordinateur ?

Nous savons aujourd'hui que les systèmes de CFAO dentaire fonctionnent et qu'ils participent à la réalisation de millions de prothèses chaque année.

Le rêve est donc permis… Car ce n'est plus un rêve mais une réalité.

Mais comment choisir un système ?

• 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 sans laboratoire intégré, aujourd'hui un seul choix : le Cerec.

• Si vous êtes dentiste dans un grand cabinet avec un petit laboratoire, il est plus logique d'opter pour le Cerec lab. ou pour les systèmes déportés comme le Procera ou le Pro 50 sans la station CAO. Attention, votre prothésiste doit disposer des compétences et du matériel nécessaire pour faire la céramique.

• 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'acquérir un ensemble complet correspondant aux applications que vous réalisez au moins 30 fois par mois (Digident, Everest, DCS, GN 1, LAVA, Medifacturing 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 Cercon) et un système complet associé à plusieurs machines outils choisi dans la mesure où il est plein de promesse sur le plan de son évolution future et s'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 absolument tout modèle d'étude proposé) comportant deux tailles d'incisives inférieures serrées et longues. Chaque modèle doit présenter une difficulté croissante. Vous devez le faire couler dans le plâtre choisi par le fabriquant de matériel de CAO et vous devez impérativement séparer le die (recherche des zones non connexes).

• S'il vous apparaît que le test est passé avec succès, vous devez absolument 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.

14 références bibliographiques consultables sur www.information-dentaire.com

ID 4996A

Travailler avec une assistante Y avez-vous pensé ?

Isabelle Laval
Assistante dentaire
Riom (63)

Ereponse au « Parti pris » de Jean-Louis Disdier (ID n° 25 du 20 juin 2007), je m'etonne que dans la liste des « trucs et astuces » le recrutement d'une assistante ne soit pas cite !

Je suis d'accord avec le fait que l'ergonomie est une donnee essentielle, voire incontournable, à un exercice intelligent de notre profession. Nous devons en effet avoir le souci de la meilleure organisation possible. Nous devons avoir cette exigence pour nos patients comme pour l'equipe soignante, afin de gagner en qualite, confort, securite, temps, etc. Mais l'ergonomie, tout comme la domotique, n'est pas incompatible (au contraire) avec la collaboration d'une assistante.

Dans le but de tirer vers le haut notre pratique, il est devenu incontestable que la presence d'une assistante est un atout :

- pour les patients qui voient en elle une interlocutrice privilegiee (tout comme les prothesistes, les fournisseurs et autres visiteurs qui s'adressent à elle sans avoir besoin de deranger le praticien).
- pour le praticien qui peut enfin deleguer, echanger, partager avec celle qui est, ne l'oublions pas, sa plus proche collaboratrice. Les automates les plus performants nous facilitent la vie, j'en conviens, mais ils ne nous apporteront jamais cet echange quotidien si important à l'heure où nous entendons, de plus en plus souvent, parler d'epuisement professionnel Former une equipe qui va evoluer, progresser ensemble, pour un exercice professionnel plus epanouissant, plus gratifiant, n'est-ce pas là le vrai defi que nous devons enfin nous poser face aux exigences actuelles ? Nos metiers respectifs doivent evoluer de concert, pour notre plus grande satisfaction à tous. Je vous remercie d'y reflechir et de franchir le pas… en recrutant une assistante !

Adressez directement votre "Parti pris" à notre secrétaire de rédaction : faugereau@information-dentaire.fr

Abonnez-vous !

et profitez de…

34 € de crédit Petites Annonces*

20 % de réduction sur les numéros de Réalités Cliniques et Stratégie Prothétique

5 % de réduction sur la librairie

*Valables pour tout abonnement à partir d'un an (44 numéros)

Cochez la case correspondante	3 Mois	6 Mois	1 An	2 Ans
France	☐ 64 €	☐ 99 €	☐ 156 €	☐ 249 €
Europe		☐ 128 €	☐ 213 €	☐ 363 €
Autres pays et par avion		☐ 143 €	☐ 243 €	☐ 423 €

Etudiants, retraités, 1 an France ☐ 78 € - Europe ☐ 137 € - Autres ☐ 165 €
*(1er et 2ème cycles + T1 sur présentation d'un justificatif)

Nom..... Prénom .....
Profession .....
Adresse .....
Code postal..... Ville .....
Tél ..... E-mail .....

☐ Je désire commander les reliures pour l'année ☐ France 40 € ☐ Étranger 45 € (Port compris)

☐ chèque à l'ordre de l'Information Dentaire
☐ CB n° ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐

notez les 3 derniers chiffres du n° au dos de votre carte bancaire ☐☐☐ expire fin ☐☐☐☐ Signature

© Iryna Kurhan - FOTOLIA ID 4978A
CHAMELEON CONCEPT ADVERTISING Ltd - Tél. 09 50 32 92 46