

François DURET,
Bruno JACQUOT,
Emmanuel CASTANY †,
Bruno PELISSIER
UFR d'Odontologie de Montpellier I



La CFAO dentaire : le système Lava®*

Applications cliniques antérieures (1^{ère} partie)

La dentisterie actuelle se tourne de plus en plus vers le « tout céramique » (5) grâce à la CFAO dentaire, qui est une réalité de plus en plus incontournable pour tous les praticiens, soucieux d'appliquer le principe fondamental de soin médical : faire bénéficier son patient des derniers progrès de la science. Elle a démontré, après 40 ans de maturation, qu'elle était une réponse indiscutable, en termes de fiabilité dans la conception, de rapidité dans l'exécution et du suivi qualité en termes de matériaux. Un tournant fondamental a été franchi en mai 2008 à Minneapolis chez 3M. Jusqu'à présent, la lecture optique endobuccale (3), seule réponse logique en

termes fondamental et clinique, est passée du stade de la prise monovue corrélée à la prise de vue dynamique, véritable film 3D continu, permettant d'enregistrer les moindres recoins de la bouche des patients. Certes, un film n'est que la multiplication rapide de monovues, mais jamais une telle maîtrise n'avait été démontrée. Le système Lava Cos® faisait une entrée fracassante grâce à la collaboration entre le célèbre MIT de Boston et une fibre internationale bien connue de tous. Les grands démontraient que la dentisterie était une part importante de la science contemporaine, et nous ne pouvons que nous en réjouir.

* de chez 3M ESPE.



FIGURE 1 : Coiffes céramiques avec chapes Lava® sur dents pulpées (13, 12, 21, 22, 23) et dent dépulpée (11).



FIGURE 2 : Coiffes céramiques avec chapes Lava® et intégration parodontale.

Le présent article a pour but de montrer les résultats cliniques issus du système Lava® utilisé dans notre région et à la faculté de Montpellier, et faisant l'objet de nombreuses études qui ont été menées depuis plusieurs années (Figures 1 et 2).

Le monde de la CFAO dentaire

La technologie CFAO a été introduite en odontologie au début des années 70, dans la thèse de son inventeur François Duret, sous le titre d' « empreinte optique » (3). Ses travaux avec l'équipe de Hennson/Sopha entre 1978 et 1994, puis ceux avec l'équipe GC (1994-2003) sont à l'origine de tous les systèmes de CFAO actuellement sur le mar-

ché. Ils ont conduit à un système, commercialisé à partir de 1987, qui pouvait s'intégrer aussi bien dans les cabinets dentaires (caméra endobuccale) que dans les laboratoires. Quelques années plus tard, Werner Moermann et Marco Brandestini ont introduit avec succès (Siemens) un système uniquement dédié aux cabinets dentaires : le Chairside « Cerec® ». Enfin Mats Andersson à partir de 1987, avec l'aide de Nobel pharma, a été le premier à réaliser et orienter la CFAO dentaire vers les centres de production décrits par Duret en 1973, sous le nom de système Procera® (2).

À partir de 1995, la technologie a évolué dans deux directions, le concept étant toujours le même. Il existe toujours les trois parties (prise d'empreinte, modélisation ou CAO et usinage ou FAO), mais celles-ci sont de tailles et de fonctionnalités différentes : réduites pour le cabinet dentaire, importantes et évolutives pour les laboratoires.

1) Le premier axe

Il correspond aux systèmes pour cabinet dentaire permettant la réalisation, en une séance, d'une restauration de type inlay-onlay ou couronne à partir de blocs de céramique usinés, avec un choix limité de matériaux.

Le système Cerec® est actuellement le seul système de ce type commercialisé en Europe. Les systèmes comme le Celay®, le Céramatique® en Europe, le ProCAD® aux USA ou le Cadim® et le Decsy® au Japon ont soit fait une brève apparition, soit n'ont pas été commercialisés en Europe. Il n'en est pas de même du E4D® (ex D4D texan), apparu aux USA en janvier 2008 puis en Australie en septembre 2008, car il sera sans doute très prochainement introduit sur le marché européen. Il en est de même du système Lava Cos® de 3M ou du système Itero®.

Récemment, un nouvel axe a été proposé, reliant le cabinet dentaire et les centres de traitement. Ce principe, inauguré en mai 2008 par 3M, a été incorporé par Sirona dans son nouveau Cerec®. Ce nouveau Cerec®, sans aucun doute le plus élaboré pour le cabinet dentaire, est le type même du système « chair side ». Leader incontestable (plus de 95% de part de marché), il a su prouver son efficacité clinique et sa rentabilité depuis de nombreuses années.

L'empreinte optique y est en général effectuée en bouche mais peut aussi être faite sur modèle. Les 3 étapes de la chaîne de CFAO sont situées au cabinet dentaire.

Le nouveau Cerec 3[®] comprend la caméra Cerec Bluecam[®] très précise et un logiciel 3D particulièrement convivial permettant de concevoir des facettes, des inlays, des onlays, des couronnes provisoires ou définitives et des bridges provisoires jusqu'à 4 éléments (s'il est connecté à une unité d'usinage de type MC XL). Dans un avenir proche, il sera possible en France d'être relié par « Cerec connect[®] » au laboratoire possédant un système Cerec inlab[®]. Cela permettra aux possesseurs de Cerec[®] d'avoir une réalisation prothétique de qualité, faite par l'homme de l'art : le prothésiste, dans des matériaux de haute résistance comme la zircone.

2) Le second axe

Élaboré en parallèle, il concerne les systèmes de CFAO destinés aux laboratoires de prothèse. Il en existe plus de 15 différents allant de petits systèmes compacts comme le Cercom[®] de Dentsply Defrey aux grands ensembles multi FAO, ou très sophistiqués comme l'Everest[®] de Kavo. Tous les types de matériaux dentaires comme le titane ou la céramique peuvent être travaillés par addition (Bego) ou surtout par soustraction à partir d'un bloc fabriqué industriellement. Mais l'essor actuel des techniques de CFAO pour laboratoire est associé à l'apparition en odontologie de céramiques polycristallines de type alumine et surtout zircone.

3) Les systèmes de CFAO pour laboratoire de prothèse

Tous ces systèmes sont basés sur une empreinte classique qui est transférée au laboratoire de prothèse. La partie scannage s'effectue sur le modèle en plâtre. Les systèmes de CFAO dédiés aux laboratoires ont évolué suivant différentes orientations, en fonction du choix des fabricants.

4) Les systèmes de CFAO propriétaires situés au laboratoire de prothèse

Le prothésiste choisit un fabricant d'un système de CFAO qui lui fournit les modules, soit séparés soit

agrégés dans une machine tout-en-un. Le laboratoire possède alors un scanner, un logiciel de CAO et une unité d'usinage gérée par un logiciel de FAO. Cet ensemble peut être de la même marque (Sirona inlab[®], Kavo Everest[®], GN1[®] de GC, Bego, l'Hintl-EI[®], Lava[®] de 3M, Cynovad Pro50[®], Cercom[®]) ou de marques différentes en utilisant préférentiellement l'interface STP comme nous le verrons plus loin. Le prothésiste maîtrise ainsi l'ensemble de la procédure. Mais, l'investissement est important et cette orientation correspond plutôt à de gros laboratoires (4).

5) Les systèmes de CFAO avec centre de production déporté

Dans cette configuration, le laboratoire possède uniquement le scanner, éventuellement le logiciel de CAO et parfois le four de frittage, de la marque qu'il a choisie.

Après l'empreinte sur le modèle (par palpation pour le Procera[®] au début, ou optique pour les autres systèmes), puis éventuellement la conception réalisée par ordinateur de la maquette, le fichier est adressé au centre de production de la marque qui effectue l'usinage et renvoie la pièce prothétique au prothésiste. Ces centres peuvent également réaliser l'ensemble de la procédure, le prothésiste envoyant simplement le modèle en plâtre.

Le système Procera[®] est à l'origine de ce concept. Ces centres sont situés le plus souvent en Europe pour les prothésistes européens, mais récemment se sont développées des coopérations avec des grandes unités situées en Asie (Chine, Vietnam, Inde). Ce concept correspond plutôt à des laboratoires de petite taille ou de taille moyenne. Il permet d'accéder à une large gamme de technologies sans investissement préalable. C'est également un moyen de tester un système. Le fabricant peut mieux maîtriser la qualité de l'usinage avec des procédés de fabrication de type industriel et des usineuses plus performantes.

6) Les systèmes de CFAO ouverts

Les deux architectures des systèmes précédents sont essentiellement fermées, les fichiers numérisés n'étant pas compatibles avec ceux d'une autre marque. Le prothésiste ne peut pas choisir un centre de production d'une autre marque que celui correspondant à son système. Or, le choix de matériaux est limité pour

une marque donnée. Un système de CFAO ouvert permet une plus grande flexibilité et élargit les possibilités. Le prothésiste peut choisir le scanner et le logiciel de CFAO de la marque qu'il désire. Les fichiers obtenus sont de type STL, compatibles avec des machines-outils ou des centres de production également ouverts.

Tous ces systèmes de CFAO permettent une automatisation des procédures de fabrication avec une amélioration de la qualité, dans un temps plus limité par rapport aux procédés traditionnels. L'évolution associée s'est aussi réalisée au niveau des matériaux utilisés (1).

Le système Lava® (8,9)

Ce système, introduit en 2001 par la société 3M ESPE, se présente comme un centre de conception et fabrication complet, intégrant un scanner (Lava® scan), une unité de CAO (Lava® CAD), une machine FAO (Lava® Form Milling Unit) et un four (Lava® Therm). Les prothèses réalisées dans différents matériaux, ayant leur dimension, leur densité et leur résistance finale à la sortie du four, pourront être recouvertes de céramique cosmétique par le technicien de laboratoire, ce qui lui permettra de mettre son talent en œuvre pour être le plus fidèle possible à la nature.

L'architecture générale du système comprend différents éléments ou appareils. Il existe deux types de scanner : le scanner Scan ST® de laboratoire utilisant le principe classique de triangulation en lumière structurée, sans contact, sous la forme d'une projection d'un masque à pas variable de grande précision (identique à l'Everest® ou à l'Hint-EI®). Il existe aussi le scanner endobuccal LavaCos® pour cabinets dentaires utilisant un nouveau principe de Rohaly Janos associant les méthodes de stéréoscopie et de focalisation/défocalisation en temps réel (environ 20 images par seconde). Ce scanner LavaCos® est par principe localisé dans le cabinet dentaire, le reste du système se trouvant dans le laboratoire de prothèse.

Le scanner Scan ST® possède une fenêtre de scan- nage qui permet de numériser jusqu'à 6 éléments avec une largeur totale de 42 mm. Le temps de scan- nage moyen pour une couronne unitaire ou pour un bridge de 3 unités est de 1,4 minute (Figures 3 et 4).



FIGURE 3 : Lava® Scan ST.



FIGURE 4 : Scanner optique et modèle prêt au scan- nage.



FIGURE 5 : Chape réalisée avec le logiciel Lava® CAD par le prothésiste.

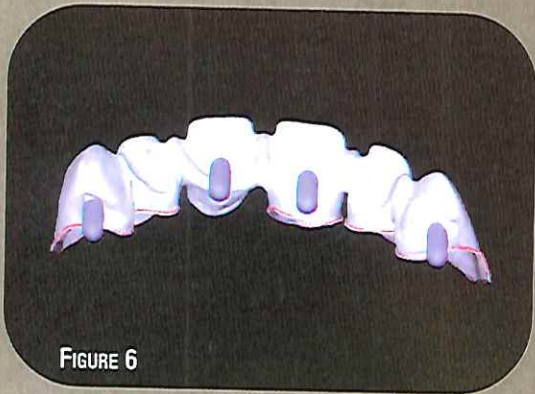


FIGURE 6

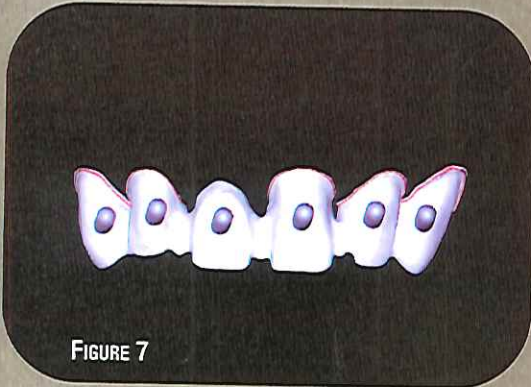


FIGURE 7

FIGURES 6 ET 7 : Armature de bridge réalisée avec le logiciel Lava® CAD.



FIGURE 8 : La machine outil ou Lava® Form Milling Unit.

Le logiciel de CAO ou Lava® CAD va permettre de visualiser l'empreinte optique, de la travailler avec des outils virtuels comme par exemple un couteau à cire très pratique améliorant le confort de l'opérateur. Les limites marginales des préparations, le détournage virtuel, les volumes et l'occlusion sont automatiquement détectés, gérés, et mis en évidence par le logiciel. L'opérateur pourra ensuite corriger librement ce résultat automatique en cas de besoin (Figures 5, 6 et 7).

Ce logiciel offre donc la possibilité de modifier les formes pour obtenir une certaine homothétie entre celles de la chape et la forme finale de la prothèse. Cela évite de dessiner des volumes de céramique non soutenue (corrigeant les zones de fragilité importante). Dans le cadre de l'élaboration des maquettes de couronnes ou de bridges, ce logiciel permet de choisir la forme des dents (dents théoriques) et la place des intermédiaires, dont leurs connexions, parmi une multitude de formes stockées dans la banque de données informatiques du système.

La machine outil ou Lava® Form Milling Unit proposée par ce système permet la réalisation de couronnes unitaires, de chapes ou de bridges allant jusqu'à six éléments (avec quatre intermédiaires en antérieur). Ce travail se fait avec un usinage par balayage de bloc à l'aide de fraises dont la gestion est automatisée (Figure 8).

Cette unité de fraisage présente aujourd'hui la particularité de travailler exclusivement des blocs d'un matériau spécifique comme la zircone oxyde TZP (Zircone Tétragonale Polycristalline dopée à l'yttrium à 3%, développée par 3M). Le temps d'usinage pour un bridge de trois éléments avoisine les 60 minutes, alors qu'il faut compter environ 28 minutes pour une chape unitaire. Avec son autonomie annoncée à 27 heures, l'appareil peut usiner une vingtaine de blocs d'oxyde de zirconium, sans intervention humaine, en continu. L'état de surface obtenu s'avère excellent, ce qui permet de limiter au maximum les retouches manuelles.

Un four de frittage ou Lava® therm est utilisé après coloration de l'infrastructure (pour masquer la couleur blanche caractéristique de la zircone). La cuisson de frittage est réalisée afin de permettre au matériau d'atteindre le volume réel de la prothèse et



FIGURE 9 : Un four de frittage ou Lava® therm.



FIGURE 10



FIGURE 11

FIGURES 10 ET 11 : Modèles réalisés par stéréolithographie.

sa résistance maximale (plus de 1 200 Mpa en flexion 3 points), grâce à une compaction de la structure qui se réduit de 25 à 30% en volume. Le temps de frittage est de 11 h, phase de refroidissement comprise (Figure 9).

Après cette étape, la céramique cosmétique pourra être montée sur l'armature, après que la précision d'adaptation sur le modèle de travail ait été contrôlée. Pour cela, le technicien de laboratoire disposera d'une gamme de produits appelée Lava® Ceram Overlay porcelain, développée par 3M pour réaliser le parement définitif et se liant facilement avec les infrastructures. Cette céramique permet de recréer l'esthétique d'une vraie dent avec de nouvelles ombres et des effets optiques assurant une belle restauration. Le coefficient d'expansion thermique (CET) de la céramique cosmétique Lava® Ceram spécialement développée a été assorti de près à l'oxyde de zirconium (-0,2 ppm).

Il est intéressant de noter que ce système de CFAO dispose d'un périphérique de stéréolithographie très performant permettant de réaliser des maquettes de prothèse en cire pour des réalisations en résine ou en métal par des méthodes conventionnelles (Figures 10 et 11).

Il existe des configurations possibles du système. Si le système Lava® est toujours en configuration déportée lorsqu'il met en œuvre le capteur endo-buccal

Lava® Cos, il peut présenter deux configurations possibles dans sa version laboratoire :

- Laboratoires utilisant tout le système (configuration fermée) :

Les laboratoires dentaires sont équipés de tout le système et bénéficient d'une accréditation spécifique donnée par 3M. Ils peuvent travailler directement avec les chirurgiens-dentistes (qui envoient les modèles) ou en collaboration avec d'autres laboratoires (qui envoient les modèles et terminent la prothèse de leur client). Ces centres ont l'avantage d'être localisés en France, avec une unité dans chaque région (5 centres actuellement). L'avantage de l'accréditation est de garantir l'utilisation de machines outils contrôlés, performantes et plus robustes afin d'optimiser cette étape essentielle du procédé de CFAO.

- Laboratoires n'utilisant qu'une partie du système (configuration ouverte) :

Les laboratoires de prothèse sont équipés du Lava® scan et du Lava® CAD. Ils traitent l'usinage dans le laboratoire, centre d'usinage précédemment décrit disposant des machines outils Lava® Form Milling Unit. Ces laboratoires, véritables centres de design, réalisent le scannage et la CAO provenant soit de chirurgiens-dentistes, soit de prothésistes désireux de disposer des performances de l'appareil Lava®. Cette étape réalisée, ils envoient leurs modélisations de la future prothèse au centre d'usinage qui réalise uniquement l'usinage. Il peut posséder ou non le four de frittage Lava® therm.

Les matériaux et CFAO (1, 6, 7)

Les techniques soustractives par CFAO permettent d'usiner tous les types de céramiques soit de type esthétique, soit de type structural.

Pour le système au cabinet dentaire Cerec® les possibilités sont limitées aux céramiques esthétiques de type feldspathique ou vitrocéramique renforcées à la leucite ou au disilicate de lithium.

Pour les systèmes de laboratoire, le choix est beaucoup plus large. On retrouve les céramiques esthétiques de type feldspathique et vitrocéramique. Mais le développement actuel de la CFAO est essentiellement lié aux céramiques structurales avec les céra-

miques infiltrées de verre et les céramiques polycristallines de type alumine et surtout zircone. Ces céramiques permettent d'élargir les indications en prothèse céramo-céramique aux couronnes postérieures et pour la zircone aux bridges postérieurs.

La zircone pure ou oxyde de zirconium (ZrO_2) est inutilisable comme céramique structurale. En effet, lors du refroidissement, la transformation de la phase tétragonale (haute température) en phase monoclinique (basse température) s'accompagne d'une augmentation de volume d'environ 3 à 4% avec apparition de fissures dans le volume de la pièce en zircone pure qui peut ainsi se fracturer à température ambiante. Par contre, si l'on dope cette zircone pure en lui ajoutant environ 3 moles % d'yttrium, on stabilise la phase tétragonale à température ambiante et l'on obtient une zircone dite 3Y-TZP (Zircone Polycristalline Tétragonale dopée par 3 moles % d'yttrium) qui contient jusqu'à 98% de phase tétragonale.

Cette zircone Y-TZP est métastable, aussi sous l'effet d'une contrainte mécanique, une microfissure se propageant dans cette zircone va transformer localement la structure tétragonale en structure monoclinique plus stable. Ce faisant, l'énergie de déplacement de la microfissure va être consommée par l'augmentation de volume de la transformation de la phase tétragonale en phase monoclinique, jusqu'au blocage de la microfissure. Ce phénomène définit un renforcement par transformation de phase caractéristique de la zircone de type Y-TZP.

Pour l'usinage par CFAO, cette zircone Y-TZP existe sous trois types de blocs. Ces blocs sont tous élaborés à partir de poudre de zircone Y-TZP, provenant essentiellement de la firme TOSOH Corporation.

Les blocs de zircone crue correspondent à une poudre associée à un liant et simplement compactée sous pression. Ils sont usinés avec un surdimensionnement d'environ 20 à 25% qui compense le retrait obtenu lors du frittage terminal.

Les blocs de zircone pré-frittée sont des blocs crus qui subissent un traitement thermique de frittage sans aller jusqu'à la densité maximale. On obtient ainsi des blocs qui sont faciles à usiner, mais avec des propriétés supérieures aux blocs crus. La majorité des systèmes de CFAO utilisent les blocs pré-frittés.

Elle nécessite un usinage surdimensionné d'environ 20 % qui compense le retrait de frittage terminal et une grande homogénéité des blocs. En effet, ce surdimensionnement, pris en charge par le logiciel de CAO, est la partie délicate de la technique (Figures 12, 13, 14 et 15).

Les blocs de zircono HIP sont fabriqués par une technique spécifique qui permet, en associant température et pression, d'obtenir une densité de pratiquement 100 %, donc sans porosité. Les propriétés mécaniques avant usinage sont supérieures d'environ 20 % aux blocs pré-frittés. Cette forme HIP (Hot Isostatic Pressing) a l'avantage de permettre un usinage directement à la forme définitive. Par contre l'usinage prend beaucoup plus de temps, use fortement les fraises et peut introduire des défauts qui annihilent en grande partie la résistance de départ.

Le système Lava® de CFAO de 3M Espe et sa zircono associée (8, 9)

Le système Lava® est conçu pour usiner essentiellement la zircono Y-TZP. La firme 3M Espe travaille sur la zircono depuis 25 ans en termes de recherche et de technologie, et fabrique sa zircono Y-TZP pour le système Lava® sous forme pré-frittée. Les chapes peuvent être colorées par infiltration après l'usinage en 7 teintes de FS1 à FS7. L'esthétique des chapes colorées élimine le besoin de mise en place d'une porcelaine pour épaulement. Il est possible de créer un résultat esthétique satisfaisant en utilisant les matériaux effets et les glazes. Un petit collet peut donc être laissé au niveau de la chape (Figures 16 et 17).

Les indications de la zircono Lava® sont nombreuses

- Couronnes unitaires et jumelées.
- Bridges de 3 à 6 éléments avec un maximum de deux inters successifs en secteur postérieur et de quatre inters successifs en zone antérieure.
- Bridges cantilevers avec un maximum d'un élément en position de prémolaire ou incisive.
- Bridges sur inlays-onlays.
- Bridges maryland.
- Pilier implantaire personnalisé.



FIGURE 12



FIGURE 13

FIGURES 12 ET 13 : Blocs de zircono pré-frittée Y-TZP pour le système Lava®.



FIGURE 14 : Bloc de zircono pré-frittée Y-TZP.



FIGURE 15 : Usinage (système lava®).

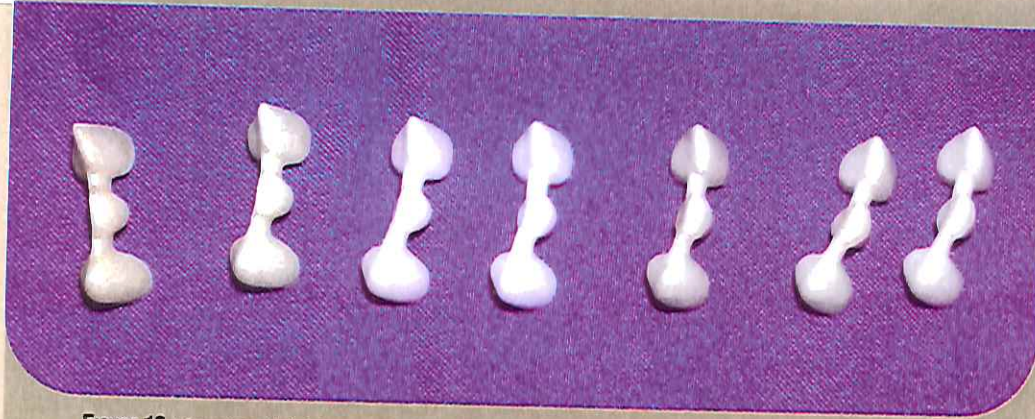


FIGURE 16 : Armature de bridge colorée par infiltration après, en 7 teintes de FS1 à FS7.

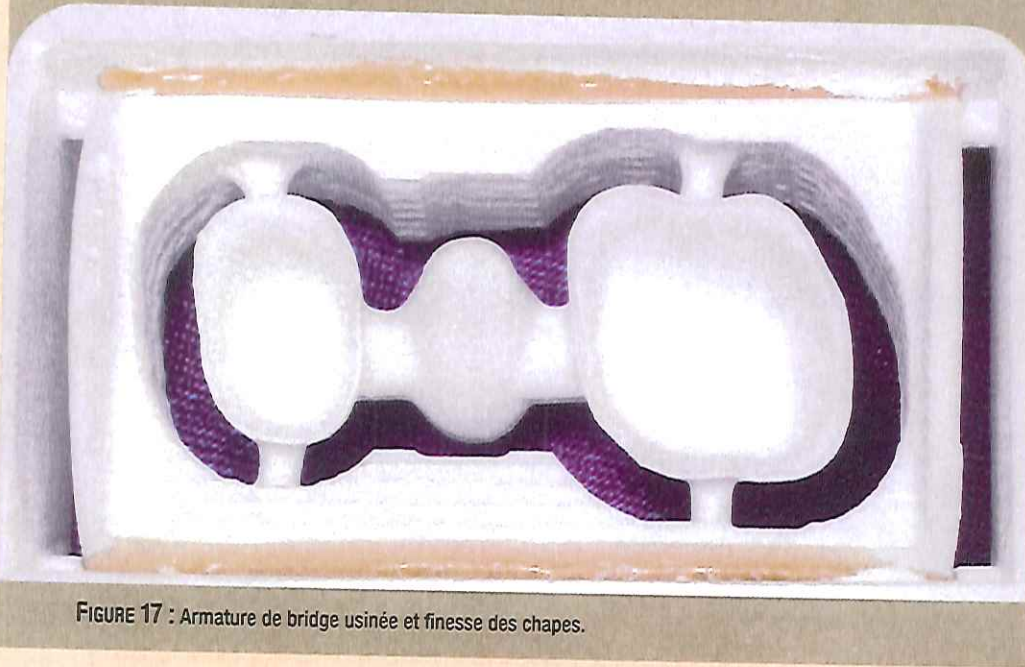


FIGURE 17 : Armature de bridge usinée et finesse des chapes.

Propriétés mécaniques

Densité : 6,08 g/cm³
 Résistance à la flexion : > 1100 MPa
 Ténacité à la rupture : 5-10 MPa m^{1/2}
 Module d'élasticité : > 205 GPa
 Température de fusion : 2700 °C
 Taille des grains : 500 nm
 Dureté Vickers (HV 10) : 1250

La translucidité importante est obtenue du fait de la densité élevée (très peu de porosité résiduelle) et de l'homogénéité. De plus, du fait de la résistance élevée, il est possible de réaliser des chapes de 0,3 à 0,5 mm.

Bibliographie

- 1- COUDRAY L, TIRLET G, ATTAL JP. Les matériaux accessibles par CFAO. La CFAO au cabinet dentaire, Real Clin, 2009 ; 20,4 : 251-5.
- 2- DURET F. Empreinte Optique, Faculté d'Odontologie. 1973, Université Claude Bernard, Lyon, 400 p.
- 3- DURET F et al. Principe de fonctionnement et application technique de l'empreinte optique, dans l'exercice de cabinet. Cah. de Proth, 1985 ; 50 : 73-109.
- 4- DURET F, DURET B, PELISSIER B. CFAO, futur prometteur. Inf dent, 2007 ; 29 : 1704-12.
- 5- KOUBI S. et al. Restaurations adhésives en céramique. Une nouvelle référence dans la réhabilitation du sourire. Inf Dent, 2009 ; 8 : 363-74.
- 6- LEBRAS A. Quelle zircone pour quelle prothèse dentaire ? in Concepts cliniques en innovation zircone et CFAO, Édition SNPMD, Paris, 2005.
- 7- LELIEVRE F. Perspectives des céramo-céramiques. La prothèse céramo-céramique par CFAO. Livre collection Réussir, Quint Internat, 2009.
- 8- NGUYEN HCM. Le System Lava® de 3M Espe, in UFR Odontologie. 2008, Université Montpellier 1: Montpellier, 206 p.
- 9- ZEBoulON S, RIHON P, SUTTOR D. Le système Lava®. Concepts cliniques en innovation zircone et CFAO, Édition SNPMD, Paris, 2005.



François DURET,
Bruno JACQUOT,
Emmanuel CASTANY (†),
Bruno PELISSIER
UFR of Odontology of Montpellier

Dental CAD / CAM: The Lava[®]₁ système

Previous clinical applications (Part 1)

Today's dentistry is turning more and more towards "all-ceramic" (5) thanks to dental CAD / CAM, which is an increasingly essential reality for all practitioners, anxious to apply the fundamental principle of medical care: to benefit his patient from the latest advances in science. It has demonstrated, after 40 years of maturation, that it was an indisputable answer, in terms of reliability in design, speed in execution and quality monitoring in terms of materials. A fundamental shift was reached in May 2008 in Minneapolis at 3M. Until now, the endobuccal optical reading (3), the only logical answer in fundamental and clinical terms, has gone from the mono correlated shooting stage to

dynamic shooting, a true 3D continuous film, to record all nooks and crannies of patients' mouths. Admittedly, a film is only the rapid multiplication of mono views, but never has such mastery been demonstrated. The Lava Cos[®] system was a shattering entrance thanks to the collaboration between the famous MIT of Boston and an international firm well known to all.

The great ones showed that dentistry was an important part of contemporary science, and we can only be pleased about it.

¹ From 3M ESPE



Image 1: Ceramic caps with Lava® copings on pulped teeth (13, 12, 21, 22, and 23) and pulped tooth (11).



Image 2: Ceramic caps with Lava® copings and periodontal integration.

This article aims to show the clinical results from the Lava® system used in our region and in the Faculty of Montpellier, and subject of numerous studies conducted for several years (Images 1 & 2).

The world of Dental CAD / CAM

CAD / CAM technology was introduced in dentistry in the early 1970s, in the thesis of its inventor, François Duret, under the title of "optical impression" (3). His work with Henson / Sopha team between 1978 and 1994, and those with the team GC (1994-2003) are the source of all CAM systems currently on the market.

They led to a system, marketed from 1987, which could be integrated in dental practices (endoscopic camera) as well as in laboratories.

A few years later, Werner Moermann and Marco Brandestini successfully introduced (Siemens) a system exclusively dedicated to dental offices: the Chairside "Cerec®".

Finally Matts Andersson from 1987, with the help of Nobel pharma, was the first to realize and direct the dental CAD/CAM to the production centers described by Duret in 1973, under the name of Procera® system (2). From 1995, technology evolved in two directions, the concept being always the same. There are always the three parts (impression taking, modeling or CAD and machining

or CAM), but these are of different sizes and functionalities: reduced for the dental office, large and evolutionary for laboratories

1) The first axis

It corresponds to the systems for dental offices allowing the realization, in a session, of a restoration of the type inlay-onlay or crown from machined ceramic blocks, with a limited choice of materials.

The Cerec® system is currently the only system of this type marketed in Europe. Systems such as Celay®, Ceramatic® in Europe, ProCAD® in the USA or Cadim® and Decsy® in Japan have either made a brief appearance or have not been marketed in Europe. This is not the case for the E4D® (formerly D4D texan), which appeared in the US in January 2008 and then in Australia in September 2008, as it will no doubt soon be introduced on the European market. The same is true of the 3M Lava Cos® system or the Itero® system

A new axis has been recently proposed, connecting the dental practice to the treatment centers. This principle, inaugurated in May 2008 by 3M, has been incorporated by Sirona into its new Cerec®. This new Cerec®, undoubtedly the most elaborate for the dental practice, really represents the "chairside" system. Undeniable leader (more than 95% market share), its clinical effectiveness and cost-effectiveness have been proven for many years.

The optical impression is generally performed in the mouth but can also be made on model. The 3 steps of the CAM system are located in the dental practice.

The new Cerec® includes the very precise Cerec Bluecam® camera and a particularly user-friendly 3D software for designing facets, inlays, onlays, temporary or permanent crowns and also temporary bridges up to 4 elements (if it is connected to a machining unit of type MCXL). In the near future, it will be possible in France to be connected by "Cerec connec®" to the laboratory using a Cerec inlab® system. This will make possible for the owners of Cerec® to have a quality prosthetic realization in high-strength materials such as zirconia, made by the person skilled in the art: the prosthetist.

2) The second axis

Developed in parallel, it relates to CAM systems for dental laboratories. There are over 15 different ranging from small compact systems like Cercom®

from Dentsply Detrey to large multi CAM sets or very sophisticated as Everest® from Kavo. All types of dental materials such as titanium or ceramics can be worked by adding (Bego) or mainly by subtraction from a block manufactured industrially. But the current boom of CAM laboratory techniques is associated with the development in dentistry of polycrystalline ceramic alumina and especially zirconia type.

3) CAD / CAM systems for prosthesis laboratory

All these systems are based on a traditional impression intended to be transferred to the prosthesis laboratory. The scanning part is performed on the plaster model. CAD / CAM systems dedicated to laboratories have evolved in different directions, depending on the choice of manufacturers.

4) CAM owners systems in dental laboratory

The technician selects a manufacturer of a CAD / CAM system which provides him the modules, either separated or aggregated into a machine all in one. The laboratory then has a scanner, a CAD software and a machining unit managed by CAM software. This set may be of the same brand (Sirona inlab®, Kavo Everest®, GN1® from GC, Bego, Hintl-EI®, Lava® from 3M, Cynovad Pr050®, Cercom®) or from different brands, preferably using the STP interface as we will see later. The prosthetist thus masters the entire procedure. But the investment cost is important and this orientation corresponds more to large laboratories (4).

5) CAD / CAM systems with remote production center

In this configuration, the lab has only the scanner, potentially the CAD software and sometimes the sintering furnace of the brand he has chosen.

At the beginning, after the impression on the model (by probing for the Procera®, or optical impression for the other systems), then possibly the computer-made design of the model, the file is sent to the production center of the brand, which will perform the machining and return the prosthetic piece to the prosthetist.

These centers can also perform the whole procedure, the prosthetist simply sending the model in plaster.

The Procera® system is at the origin of this concept. These centers are located mostly in Europe for European prosthetists, but recently have developed cooperation with large units located in Asia (China,

Vietnam, India). This concept corresponds more to the laboratories of small or medium size. It provides access to a wide range of technologies without prior investment. It is also a means of testing a system. The manufacturer can better control the quality of machining with industrial type manufacturing processes and more efficient machining.

6) Open CAD / CAM systems

Both architectures of previous systems are essentially closed, scanned files are not compatible with those of a different brand. The technician cannot choose a center for the production of another brand than that corresponding to its system. However, the choice of materials is limited to a particular brand.

An open CAD / CAM system allows greater flexibility and expands possibilities. The prosthetist can choose the scanner and CAD / CAM software of the brand he wants. The files obtained are STL type, compatible with machine tools or production centers also open.

All these CAD / CAM systems allow the automation of manufacturing procedures with improving the quality, in a more limited time compared to traditional methods.

The associated evolution has also been achieved in the materials used (1).

The LAVA® system (8, 9)

Introduced in 2001 by 3M ESPE, this system is a complete design and manufacturing center, incorporating a scanner (Lava® scan), a CAD unit (Lava® CAD), an FAO machine (Lava® Form Milling Unit) and a furnace (Lava® Therm). The prostheses made in different materials, with their size, density and final strength from the furnace, will be covered with veneering ceramic by the lab technician, allowing him to put his talent out to be the most faithful possible to nature.

The general architecture of the system includes different components or devices. There are two types of scan: Scan Lab ST® scanner using the traditional principle of triangulation structured light, non-contact, in the form of a projection of a variable pitch mask with high accuracy (same as Everest® or Hinfli-EI®). There is also the LavaCos® dental endobuccal scanner for dental practices using a new Rohaly Janos principle combining real time stereoscopic and focusing / defocusing methods (about 20 frames per second). This LavaCos® scanner is normally located in the dental

practice, the rest of the system being in the prosthesis laboratory.

The Scan ST® scanner has a scanning window that can scan up to 6 elements with a total width of 42 mm. The average scan time for a single crown or for a 3-unit bridge is 1.4 minutes (Images 3 and 4).



Image 3: LAVA® Scan ST.

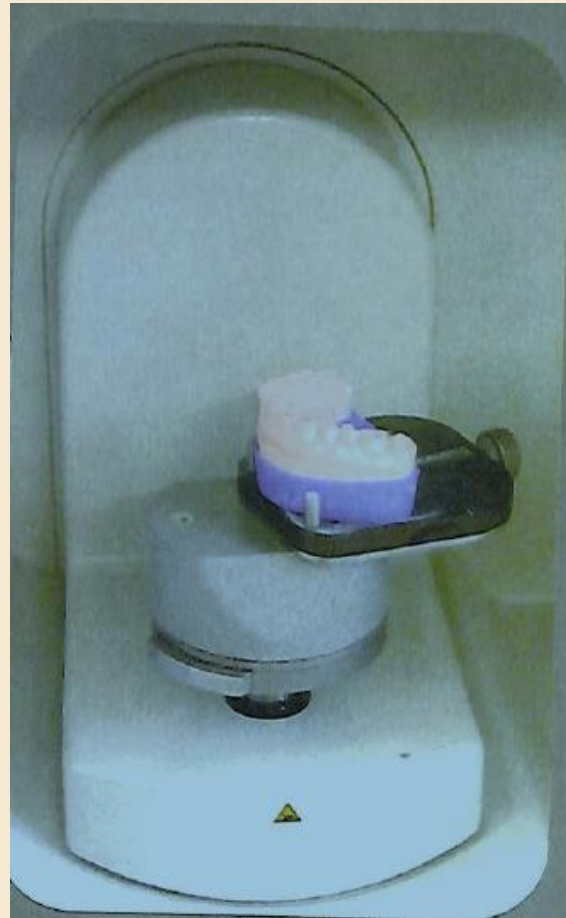


Image 4: Optical Scanner and ready to scan Model



Image 6



Image 5: Coping performed by the prosthetist with the LAVA® CAD software



Image 7

Images 6 & 7: bridge framework made with LAVA® CAD software

The CAD or Lava® CAD software will allow to visualize the optical impression, to work on it with virtual tools such as, for example, a very practical wax knife, improving the comfort of the operator. Marginal limits of preparations, the virtual trimming, volumes and occlusion are automatically detected, managed, and highlighted by the

software. If necessary, the operator can then freely correct this automatic result (Images 5, 6 and 7).



Image 8: The machine-tool or LAVA® Form Milling Unit.

This software thus offers the possibility to modify the shapes to obtain a certain homothety between the coping and the final shape of the prosthesis. This avoids drawing unsupported ceramic volumes (correcting areas of significant fragility). As part of the development of crown or bridge models, this software allows you to choose the shape of the teeth (theoretical teeth) and the place of intermediaries, including their connections, among a multitude of forms stored in the system computer database.

The machine tool or Lava® Form Milling Unit, proposed by this system, allows the realization of single crowns, copings or bridges of up to six elements (with four intermediates in front). This work is done with block scanning machining using automatically managed milling cutters (Image 8).

This milling unit now has the particularity of working exclusively blocks of a specific material such as zirconia oxide TZP (3% yttrium-doped Polycrystalline Tetragonal Zirconia, developed by 3M). The machining time for a three-element bridge is around 60 minutes, while it takes about 28 minutes for a unitary coping. With its autonomy announced about 27 hours this unit can continuously machine twenty zirconia blocks, without human intervention. The resulting surface finish is excellent, which minimizes manual adjustments.

A sintering furnace or LAVA® Therm is used after staining the infrastructure (to hide the characteristic white color of zirconia). The sintering heating process is carried out in order to allow the material to reach the actual volume of the prosthesis and its maximum strength (more than 1,200 MPa in 3-point flexion), thanks to a compaction of the structure which reduces from 25

to 300 / 0 the volume. The sintering time is 11 hours, including the cooling phase (Fig. 9).



Image 9: Sintering furnace or LAVA® Therm.



Image 10

After this step, the cosmetic ceramic may be mounted on the framework. To do this, the laboratory technician will have a range of products called Lava® Ceram Overlay porcelain, developed by 3M to make the final facing and which easily binds with the infrastructures.

This ceramic can recreate the aesthetics of a real tooth with new shadows and optical effects ensuring a beautiful restoration.

The coefficient of thermal expansion (TEC) of the specially developed Lava® Ceram cosmetic ceramics was closely matched to zirconium oxide (-0.2 ppm).



Image 11

Images 10 & 11: Models made by stereo lithography.

It is interesting to note that this CAD / CAM system has a high-performance stereo-lithography device that can be used to create wax prosthesis models for resin or metal fabrication using conventional methods (Images 10 & 11).

There are different possible configurations of the system. If the Lava® system is still in remote configuration when it implements the Lava® Cos endobuccal sensor, it can present two possible configurations in its laboratory version:

- Laboratories using the whole system (closed configuration): The dental practices are equipped with the whole system and benefit from a specific accreditation given by 3M. They can work directly with the dental surgeons (dentists who send the models) or in collaboration with other laboratories (who send the models and finish the prosthesis of their client). These centers have the advantage of being located in France, with one unit in each region (currently 5 centers). The advantage of accreditation is to guarantee the use of controlled, powerful and more robust machine tools to optimize this essential step of the CAD / CAM process.

- Laboratories using only part of the system (open configuration):

The prosthesis laboratories are equipped with Lava® scan and Lava® CAD. They treat the milling in the laboratory, true machining center above described, using machine tools Lava® Form Milling Unit.

These laboratories, true centers of design, carry out the scanning and the CAD coming from either dental surgeons or prosthetists wishing to benefit from the performance of the Lava® device. This step accomplished, they send their model of the future prosthesis to the machining center which only carries out the machining. It may or not, have the Lava® Therm sintering furnace.

Materials and CAD / CAM (1, 6, 7)

Subtractive CAD / CAM techniques make it possible to machine all types of ceramics, either of the aesthetic type or of the structural type.

For the Cerec® dental system in dental practice, the possibilities are limited to feldspar ceramic or glass ceramic ceramics reinforced with leucite or lithium di-silicate.

For laboratory systems, the choice is much wider. We find the aesthetic ceramics of the feldspar and vitro ceramic type. But the current development of CAD / CAM is mainly related to structural ceramics with infiltrated glass ceramics and polycrystalline ceramics of the alumina and especially zirconia type. These ceramics allow to widen the indications in all-ceramic prosthesis with posterior crowns and for zirconia with posterior bridges.

Pure zirconia or zirconium oxide (ZrO_2) is unusable as structural ceramic. Indeed, upon cooling, the transformation of the tetragonal phase (high temperature) monoclinic phase (low temperature) is accompanied by a volume increase of about 3 to 4% with initiation of cracks in the pure zirconia workpiece volume which can thus fracture at room temperature. On the other hand, if we dope that pure zirconia by adding about 3 moles % of yttrium, it stabilizes the tetragonal phase at room temperature and we obtain a so-called 3Y-TZP zirconia (tetragonal Polycrystalline zirconia doped with 3 moles % of yttrium) which contains up to 98% of tetragonal phase.

This Y-TZP zirconia is metastable, and under the effect of mechanical stress, a micro crack propagating in this zirconia will locally transform the tetragonal structure into a more stable monoclinic structure.

In doing so, the displacement energy of the micro crack will be consumed by the increase in volume of the transformation of the tetragonal phase into the monoclinic phase, until the blocking of the micro crack. This phenomenon defines a phase transformation enhancement characteristic of type Y-TZP zirconia.

For CAD / CAM machining, there are three types of blocks of this Y-TZP zirconia. These blocks are all made from Y-TZB zirconia powder mainly from TOSOH Corporation.

The blocks of raw zirconia correspond to a powder associated with a binder and simply compacted under pressure. They are machined with an oversize of approximately 20 to 25% which compensates for the shrinkage obtained during the final sintering.

The pre-sintered zirconia blocks are raw blocks that undergo heat treatment of sintering up to the maximum density. This results in blocks that are easy to machine, but with higher properties than raw blocks. Most CAD / CAM systems use pre-sintered blocks.



Image 12



Image 13

Images 12 & 13: Y-TZP Pre-Sintered Zirconia Blocks for the LAVA® System.



Image 14



Image 15: Machining (LAVA® system).

It requires machining oversized by about 20% which compensates for the removal of terminal sintering and high homogeneity of the blocks. Indeed, this over-sizing, supported by the CAD software, is the delicate part of the technique (Images 12, 13, 14 and 15).

HIP zirconia blocks are manufactured by a specific technique that, by combining temperature and pressure, makes possible to obtain almost 100% density, so without porosity.

The mechanical properties before machining are about 20% higher than the pre-sintered blocks. This form HIP (Hot Isostatic Pressing) has the advantage of allowing a machining directly to the final shape. On the other hand, the machining takes much more time, strongly wears out the cutters and may result in defects that largely annihilate the initial resistance.

The LAVA® CAD / CAM system from 3M ESPE and its associated zirconia (8, 9)

The Lava® system is designed to essentially machine Y-TZP zirconia. The firm 3M ESPE has been working on zirconia for 25 years in terms of research and technology, and manufactures its zirconia Y-TZP for the Lava® system in pre-sintered form.

The copings can be stained by infiltration after machining in 7 shades from FS1 to FS7.

The aesthetics of colored copings eliminate the necessity of a porcelain for chamfer preparation. It is possible to create a satisfactory aesthetic result by using the effect materials and glazes. A small neck can be left at the coping level (Images 16 and 17).

The indications for LAVA® zirconia are numerous

- Single and twin crowns,
- Bridges from 3 to 6 elements with a maximum of two successive inters in posterior sector and four successive inters in anterior area,
- Cantilever bridges with a maximum of one element into premolar or incisor position,
- Bridges on inlays-onlays,
- Maryland bridges,
- Customized Implant abutment.



Image 16: Bridge framework stained by infiltration, in 7 shades from FS1 to FS7

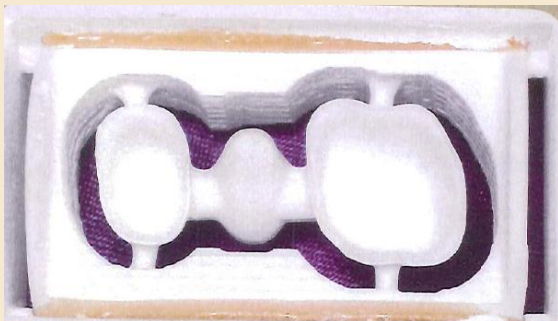


Image 17: Machined bridge framework and finesse of the copings.

Mechanical properties

Density: 6,08 g/cm³

Flexural strength: > 1100 MPa

Fracture toughness: 5-10 MPa m^{1/2}

Elasticity Module: > 205 GPa

Melting Temperature: 2700 C°

Gran size: 500 nm

Vickers Hardness (HV 10): 1250

The high translucency is obtained because of the high density (very little residual porosity) and the homogeneity. In addition, because of the high strength, it is possible to make coping from 0.3 to 0.5 mm

Bibliography

- 1- COUDRAY L, TIRLET G. ATTAL JP. Les matériaux accessibles par CFAO. La CFAO au cabinet dentaire, Real Clin, 2009 ; 20,4 : 251-5.
- 2- DURET F. Empreinte Optique, Faculté d'Odontologie. 1973, Université Claude Bernard, Lyon, 400 p.
- 3- DURET F et Al. Principe de fonctionnement et application technique de l'empreinte optique, dans l'exercice de cabinet. Cah. de Proth., 1985 ; 50 : 73-109.
- 4- DURET F, DURET B, et PELISSIER B. CFAO, futur prometteur. Inf. dent, 2007 ; 29 : 1704-12.
- 5- KOUBI S. et Al. Restaurations adhésives en céramique. Une nouvelle référence dans la réhabilitation du sourire. Inf. Dent, 2009, 8 : 363-74.
- 6- LEBRAS A. Quelle zircone pour quelle prothèse dentaire ? in Concepts cliniques en innovation zircone et CFAO, Édition SNPMD, Paris, 2005.
- 7- LELIEVRE F. Perspectives des céramo-céramiques. La prothèse céramo-céramique par CFAO. Livre collection Réussir, Quint internat, 2009.
- 8- NGUYEN HCM. Le System Lava® de 3M ESPE, in UFR Odontologie. 2008, Université Montpellier 1: Montpellier, 206 p.
- 9- ZEBOULON S, RIHON SUTTOR D. Le système Lava®. Concepts cliniques en innovation zircone et CFAO, Édition SNPMD, Paris, 2005