



**Bruno PELISSIER**

MCU-PH, UFR d'Odontologie de Montpellier

**Olivier QUERBES**

Ingénieur

**Michel FAGES**

MCU-PH, UFR d'Odontologie de Montpellier

**Véronique QUERBES**

Ingénieur

# De l'invention de la CFAO à la caméra optique Condor<sup>®</sup>

*« Ce travail a pour but de mettre au point un ensemble d'outils permettant en quelques heures la réalisation d'une empreinte, d'une prothèse conjointe, simple ou complexe, d'une prothèse adjointe squelettique quelconque et d'une empreinte de type rapport anatomique sans nécessité d'ouvrir la peau.*

*L'empreinte se fait à l'aide d'un laser (He Neon), et son enregistrement en nano-seconde est fait sur plaque holographique.*

*Cet hologramme est étudié directement puis par un tube analyseur (type caméra T.V) pour produire la fonction intensité en fonction distance. Les numéros successifs de l'analyse sont envoyés à un ordinateur qui par différents procédés permet à une machine à commande numérique de sculpter dans la masse empreinte (araldite, acier), puis de sculpter une couronne ou toute autre pièce métallique (or, acier).*

*Le temps de travail serait de quelques heures même pour un bridge complet, la taille serait précise à quelques microns près et la production en « n » exemplaires possible sans aucune modification avec le temps.*

## Introduction

François Duret, inventeur de la CFAO dentaire, a commencé son travail sur le sujet à la fin de décembre 1970 alors qu'il était étudiant à la faculté des sciences et à l'école dentaire de Lyon (3<sup>e</sup> année). En 1973, il a déposé un premier travail de 350 pages constituant sa thèse d'exercice décrivant dans le détail ce qu'est la CFAO dentaire d'aujourd'hui et en particulier l'empreinte optique (titre de sa thèse visible sur son site web). Cet ouvrage lui donne le titre de père de cette technologie. Il mérite d'autant plus le titre d'inventeur qu'au-delà d'un travail de thèse, il a su faire les premières démonstrations publiques puis le premier système de CFAO au monde, le système Hennson.



**FIGURE 1 :** François Duret présentant sa thèse et ses premières caméras optiques à l'IDS 2015 de Cologne.

À partir de schémas comparés avec les systèmes actuels de CFAO, on peut se rendre compte à quel point les idées de François Duret étaient novatrices et visionnaires.

En 1976, François Duret fait sa première communication orale sur le sujet à Tours, puis encadre trois thèses entre 1978 et 1980. À partir de 1980, il s'associe avec Thomson, puis Matra afin de créer une structure de recherche et de développement qui deviendra la fameuse société Henson sous la présidence de J.P. Hennequin à Vienne (Isère 38). L'aboutissement de ces travaux, en dehors des nombreuses publications, fut la première démonstration publique de CFAO au monde lors des Entretiens de la Garancière en 1982, puis la première réalisation de couronnes dentaires en direct sur patient (son épouse) en 1985 à l'ADF et à Chicago en 1988 (figure 1).

La CFAO était lancée et l'équipe de François Duret continua la progression de son travail en restant toujours le leader dans son domaine au sein de la société Henson, grâce à ses coéquipiers, J.L. Blouin et G. Deschette, en multipliant les présentations et les démonstrations. Mais nous avons assisté à l'implosion financière de la société

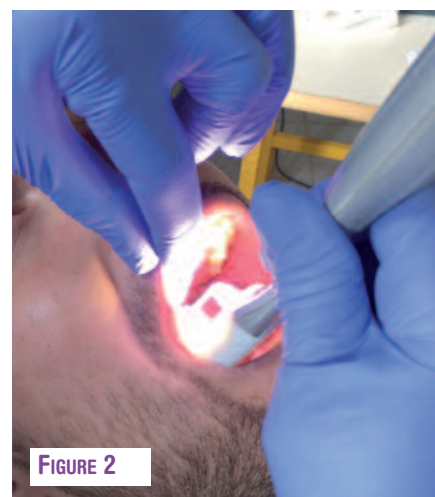
Henson en 1992, incapable de redonner cette vitalité qui l'animait. François Duret était depuis deux ans professeur aux États-Unis (Californie), et la société Henson fut reprise par le groupe médical Sopha, d'où Sopha Bioconcept qui sera incapable de relancer la technique.

François Duret a mis 40 ans pour être reconnu et nous devons lui rendre hommage.

## Généralités

La CFAO dentaire existe donc depuis plus de 40 ans et a évolué, mais elle est peu utilisée par les chirurgiens-dentistes qui sont difficiles à convaincre. Pourtant les laboratoires de prothèse sont très bien équipés et cela à plus de 60 %. De nombreuses réalisations prothétiques sont réalisées par CFAO sans que les chirurgiens-dentistes le sachent. La profession est à un tournant qu'il faudra bien négocier avec l'aide des prothésistes, acteurs indispensables et incontournables. Le binôme dentiste/prothésiste est indissociable, et le seul qui permet d'obtenir des traitements restaurateurs et prothétiques de qualité, même dans la dentisterie tout-numérique, car la chaîne complète cabinet-laboratoire est la seule garante d'une réalisation proche du parfait.

Comment pouvons-nous expliquer que la CFAO est l'avenir de la profession ? Pourquoi hésiter à s'équiper ? Sans doute la raison la plus évoquée est le prix restant assez élevé même si, toute technique confondue, il s'avère rentable au-delà de la 25<sup>e</sup> empreinte mensuelle. Il y a aussi l'évolution des caméras et des systèmes comparable à l'évolution informatique, car la prudence naturelle de celui qui maîtrise une technologie le satisfaisant entraîne, de ce fait, à tout remettre en cause et en question : peur de l'évolution et des nouveautés. L'encombrement encore important des scanners d'empreinte optique en bouche, malgré les efforts apportés par les fabricants pour les miniaturiser, fait hésiter les



**FIGURE 2**

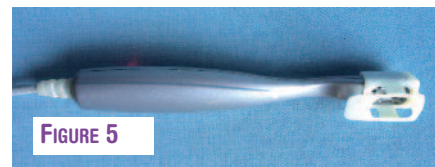


**FIGURE 3**

**FIGURES 2 ET 3 :** Utilisation clinique de la caméra optique Condor®.



**FIGURE 4**



**FIGURE 5**

**FIGURES 4 ET 5 :** Rail de guidage.

praticiens surtout pour les empreintes postérieures. Et s'il faut avoir recours à un poufrage des dents préparées, ce qui évidemment remet complètement en question la précision de l'empreinte, et alors le praticien hésite et se pose des questions. Pour finir, un manque de formation pousse le praticien à redouter un nouvel apprentissage. Il y a une période d'apprentissage nécessaire pour bien maîtriser cette tech-

nologie et avoir la caméra bien en main, comme toute nouvelle technologie. Face à ces multiples raisons, l'équipe Française de la société Aabam a proposé une solution simple et moins onéreuse : la caméra Condor®. C'est cette nouvelle venue sur le marché que nous allons décrire.

## Approche clinique

La taille de la caméra Condor® surprend agréablement lorsqu'on la voit la première fois. Sa technologie de pointe permet de miniaturiser sa partie caméra. Sa taille est donc indéniablement un atout majeur par rapport aux autres caméras, quant à sa manipulation dans les secteurs postérieurs difficiles d'accès, et dans les zones vestibulaires mais aussi pour des patients avec des ouvertures buccales restreintes. Comme nous l'avons écrit, c'est un problème majeur de la réticence des chirurgiens-dentistes lors des manipulations avec d'autres caméras. La prise en main des premiers prototypes de la caméra Condor® est étonnante par sa légèreté. On est vraiment surpris par son poids. Peut-être qu'un poids un peu plus supérieur aurait été souhaitable pour un bon équilibre dans la main. Mais cela vient d'être corrigé pour la dernière version présentée à l'IDS.

Sa légèreté reste parfaite et c'est donc toujours un avantage important lors de la manipulation en bouche par une moindre tension musculaire. La main est vraiment le prolongement de cette caméra. Grâce à sa légèreté et sa taille, on a l'impression que c'est la main qui enregistre directement et la manipulation clinique s'en trouve facilitée. Comme toute nouvelle technologie, une phase d'apprentissage est nécessaire. Mais il est vraiment très surprenant qu'avec très peu d'essais, on arrive à avoir un résultat très correct. La technologie semble très au point. Il est aussi indéniable que pour toute nouvelle technologie, un apprentissage est nécessaire en débutant par des empreintes optiques unitaires, puis sectorielles et enfin

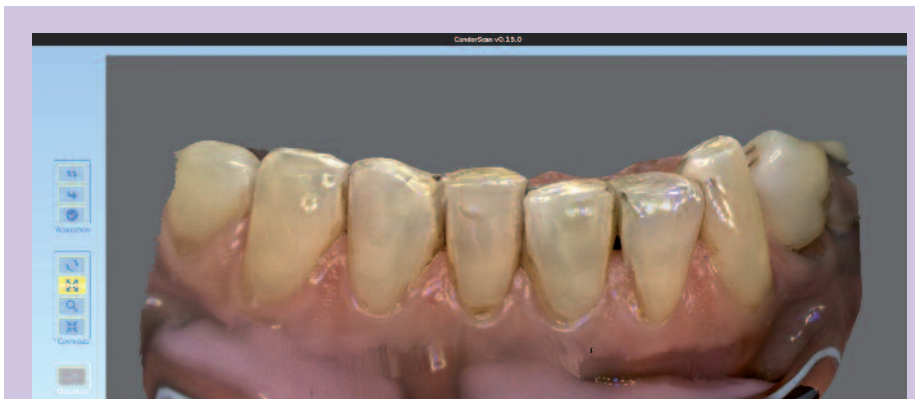


FIGURE 6 : Capture d'écran d'une empreinte réalisée avec la caméra Condor®.



FIGURE 7 : Prise d'empreinte réalisée avec la caméra Condor®.

globales d'une arcade complète. Mais aux vues des premières empreintes réalisées et des tests réalisés, le temps d'initiation sera sans aucun doute réduit avec la caméra Condor® (figures 2 et 3).

Un système judicieux de rail de guidance optionnel permet de positionner la caméra à la bonne distance par rapport aux dents (figures 4 et 5). Lors des phases d'apprentissage, l'empreinte optique est alors facilitée, et ce rail de guidance peut être enlevé si on le désire et lorsque l'on maîtrise la manipulation. Il peut être aussi ôté pour des zones plus difficiles d'accès.

De très belles images ont été obtenues très rapidement lors des premières manipulations. Cela est d'autant plus remarquable

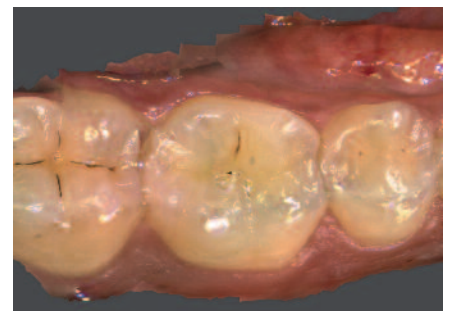


FIGURE 8 : Zoom de la capture d'écran d'une empreinte réalisée avec la caméra Condor®.

lorsque l'on zoome (figures 6, 7 et 8). Des détails très précis apparaissent avec une qualité exceptionnelle des tissus dentaires (transparence, translucidité, couleur et lésions carieuses ou non), mais aussi des tissus gingivaux avec des couleurs très réalistes et des parties anatomiques bien visi-



FIGURE 9



FIGURE 10

FIGURES 9 ET 10 : Camera Optique Condor®.

bles (gencives libre, attachée et veines). En plus de la prise d'empreinte optique, cette caméra sera une aide indéniable au diagnostic.

## Présentation technique sommaire de la caméra Condor®

La caméra Condor® se présente comme une petite caméra de la taille d'un contre-angle de 23 cm de long et 2,5 cm de large et d'un poids d'une centaine de gramme (figures 9 et 10). Elle se caractérise par la présence de deux caméras à son extrémité. Elle est donc très similaire à nos caméras vidéo 2D actuelles, à cette différence près qu'elle nous fournit une image 3D renfermant les mesures des objets qu'elle observe. Cela lui permet d'être à la fois un instrument de visualisation et un scanner d'empreinte optique.

Même si son objectif initial était de servir uniquement aux prises d'empreinte optiques, le fait de le faire sans poudre, donc en cou-

leur, lui a permis d'offrir une double application : le scanage pour réaliser des empreintes et la visualisation couleur pour faire des diagnostics, et en étant un outil de communication très performant par la qualité des images obtenue.

Cette deuxième fonction a poussé ses concepteurs à en faire un système totalement ouvert. La caméra Condor® permet de réunir en un seul instrument le porte empreinte électronique et la caméra vidéo au milieu des turbines et autres lampes à polymériser directement sur l'unité. Elle n'est pas destinée à transformer le clinicien en prothésiste et surtout le remplacer, car, même dans la dentisterie tout-numérique, la

chaîne complète cabinet-laboratoire est la seule garante d'une réalisation proche du parfait. Le chirurgien-dentiste ne peut pas remplacer le prothésiste.

Il fallait donc avoir un système capable d'envoyer dans tout laboratoire équipé de CFAO un fichier que le prothésiste était en mesure d'utiliser avec les appareils équipant son laboratoire mais aussi un fichier incorporable dans une chaîne de télémedecine. C'est l'objectif ambitieux qu'a atteint ce petit scanner endobuccal.

## Technologie et mise en œuvre

La projection d'une trame sur les dents a été la première technologie utilisée d'empreinte optique. De la déformation de ces grilles régulières et connues a priori découlaient la possibilité de connaître la géométrie de l'objet et ses mensurations. Véritable tableau de Vasarely dentaire, introduit pour la première fois dans les cabinets dentaires des années 80 par une société française, la SA Henson, la technologie choisie a fait de nombreux émules et ce n'est pas moins

de 20 scanners endobuccaux qui s'appuient sur ce concept.

La nouvelle caméra Condor® a tourné le dos à cette technologie éprouvée, d'abord parce qu'elle était chère, ensuite parce qu'elle obligeait souvent à poudrer les dents privant l'analyse de la vision en couleur, et enfin parce qu'elle rendait les scanners fragiles.

Pour résoudre ces problèmes complexes et répondre aux objectifs fixés, la société Aabam a d'abord collaboré avec le spatial (le CNES) avant de développer des logiciels spécifiques au monde dentaire de plus en plus performants. Des grilles déformables n'ont plus été projetées sur les dents car cela compliquait les scanners, mais c'est dans l'image elle-même que les informations nécessaires aux relevés de cotes ont été trouvées. De ce fait, ce n'est plus la grille et sa déformation que l'on mesure mais l'objet lui-même, tel qu'il est vu. C'est très important et alors que la couleur était le problème essentiel des analyses par déformation de grille, dans cette nouvelle technique, elle devient son allié pour déboucher les détails nécessaires à sa reconnaissance. Les deux caméras font le reste, et la méthode stéréoscopique embarquée et dynamique par balayage permet le relevé des cotes, et l'épuration des informations s'appuie sur des calculs et des filtres complexes. Nous appliquons sous une forme dédiée et médicalisée les relevés topographiques mis en œuvre par les caméras embarquées dans les satellites, nouveauté et exclusivité dans le monde de la CFAO (figures 11 et 12).

Condor® appuie aussi ses softwares, donc ses mesures, sur des techniques stéréoscopiques pures relevant ses informations dans le milieu buccal sans aucun autre artifice. Pour ce qui est de la partie hardware, l'électronique et la miniaturisation de ses composants, principalement celle accompagnant la téléphonie mobile, nous a permis de construire un scanner compact, précis et léger, très pratique en clinique pour la prise d'empreintes optiques.



FIGURE 11

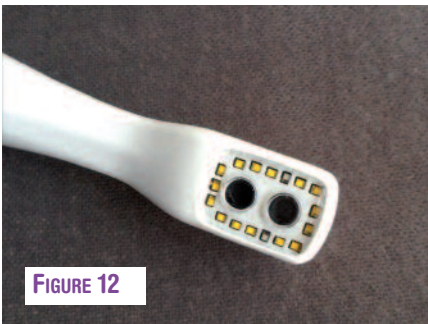


FIGURE 12

FIGURES 11 ET 12 : Les deux caméras du Condor®.

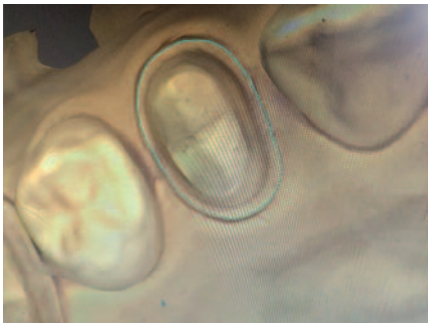


FIGURE 13 : Tracé de la ligne de finition.

Quant à la transmission des données, elle repose sur un langage standard totalement ouvert car il n'était pas question d'enfermer le clinicien dans un type de matériel ou de logiciel de conception. C'est un STL (ou un PLY) standard qui peut être lu par tout logiciel de conception ou par toute unité de fabrication par addition (prototypage rapide), ou par soustraction (machine de fraisage) dans la mesure où celui-ci n'impose pas des spécificités pour forcer l'utilisateur à acheter des licences.

Actuellement, des études cliniques sont en cours à l'UFR d'Odontologie de Montpellier et au Centre de Soins et de Recherches du CHU de Montpellier (figure 13).

## Conclusion

François Duret, inventeur de la CFAO dentaire, a commencé son travail sur le sujet en 1971 alors qu'il était étudiant à la faculté

des sciences. L'aboutissement de ces travaux, en dehors des nombreuses publications et conférences, fut la première démonstration de CFAO au monde lors des Entretiens de la Garancière en 1982, puis la première réalisation de couronnes dentaires en direct sur patient en 1985 à l'ADF et à Chicago en 1988. Depuis, la CFAO a vraiment évolué et devient incontournable en pratique quotidienne. Sa dernière réalisation, la caméra Condor®, est un système ouvert qui se présente comme une petite caméra très légère se caractérisant par la présence de deux caméras à son extrémité lui permettant d'être à la fois un instrument de visualisation, de diagnostic et un scanner d'empreinte optique. Sa technologie mesure l'objet lui-même, tel qu'il est vu, et non la déformation de la grille projetée. De très belles images peuvent être obtenues même en zoomant, caractérisant de façon réelle les tissus dentaires, gingivaux et les lésions dentaires.

## Lectures conseillées

Duret F. Empreinte optique. Thèse 2e cycle n° 231, 1973, Claude Bernard, Lyon.

Duret F. [www.francois-duret.com](http://www.francois-duret.com)

Duret F, Pelissier B, Fages M. Stratégie prothétique : Empreintes optiques et perspectives d'avenir. *Stratégie prothétique*. 2010 ; 4, 10 : 239-247.

Raynal J, Archien C. De la stratégie prothétique à la stratégie numérique. *Stratégie prothétique*, mars-avril 2014 ; n°2, Vol.14.

*Information Dentaire* : Spécial CFAO, n° 29, Vol. 96, 3 Septembre 2014

*Revue Clinic*, hors-série : Nouveaux regards sur la CFAO. Octobre 2014

Querbes O, Pelissier B, Querbes V, Duret F. Apport clinique d'une nouvelle caméra optique : la Condor®. *Clinic*, 2015; 36 : 15-20.