

# JOURNAL DENTAIRE

du Québec

Vol. XXIII - AVRIL 1986

*Thème*

*Santé dentaire communautaire*

La fluoruration  
de l'eau

*Oui*

 Ordre des  
Dentistes du  
Québec

# De l'empreinte optique à la conception et la fabrication assistées par ordinateur d'une couronne dentaire

François Duret, D.S.O.<sup>(1)</sup>

Jean-Louis Blouin<sup>(2)</sup>

## RÉSUMÉ

*Le système de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) issu de la théorie de l'empreinte optique permet de réaliser une prothèse fixe en moins d'une heure. Il utilise une caméra permettant la lecture 3D de l'espace prothétique, un système de traitement d'image, un logiciel de conception assistée par ordinateur et une machine à commande numérique. L'ensemble est sous la dépendance d'un ordinateur 32 bits.*

MOTS CLÉS: Empreinte optique — Prothèse fixe — Machine outil.

## Introduction

Le premier travail sur la technologie du système de conception et fabrication assistées par ordinateur associant à la fois la lecture optique, le logiciel de conception assistée par ordinateur et la machine outil à commande numérique remonte aux années 1971-1972 avec les expériences que nous avons effectuées à Lyon dans le Laboratoire de physiologie du professeur J. Dumas. Un certain nombre de solutions ont été proposées à partir de 1974 aux USA (Swinson), 1979 en Angleterre (Butchner) et 1980 en RFA (Heitlinger et Rodder) mais celles-ci n'utili-

(1) Docteur Ch. dentaire et Sc. odontologique. Licencié et Maître en Sciences fondamentales. Maître et Docteur d'État en Biologie humaine.

(2) Ingénieur à la INSA.

saient pas le logiciel de conception assistée par ordinateur 3D et de ce fait ne donnaient pas toute la puissance nécessaire à cette nouvelle théorie. Elles ne représentaient en cela qu'une étape inductive d'un raisonnement axiomatique complexe.

Il fallut attendre notre démonstrations de Garancière pour voir notre première maquette de faisabilité et le congrès international de l'Association dentaire française de 1985 pour que soit réalisé en présence du professeur B. Wagner (RFA) une couronne sur prémolaire en direct et en une séance devant les conférenciers et la presse internationale.

## Matériel et méthode

Quatre étapes sont nécessaires pour cet acte opératoire:

1) La lecture de la zone d'implantation, par des moyens optiques permet la transcription de la zone d'implantation de la future couronne en valeurs assimilables par l'informatique de traitement.

En utilisant une mini-caméra DTC (Dispositif à transfert de charges) dont l'objectif est prolongé par un endoscope double, il est possible d'effectuer la lecture tridimensionnelle (3D) du moignon, de la zone antagoniste et des dents en occlusion statique (claire optique). Une méthode proche parente du MOIRE multiplicatif permet l'analyse spatiale de la



Prise d'empreinte optique à l'aide de la sonde de captage MOIRE miniaturisée en septembre 1983.



**Le logiciel de conception et fabrication assistées par ordinateur. Travail interactif sur l'écran de CAO (Jean-Pierre Hennquin et François Duret).**

zone d'étude. Afin de supprimer la réponse spéculaire de la dent aux rayonnements, le dépôt d'un vernis lambersien spécifique a été nécessaire lors du congrès de l'ADF (novembre 1985).

2) Les informations, captées par les composants spécifiques des modes de visions artificielles (DTC), sont préparées dans un logiciel de traitement d'images avant leur adressage à la CAO. Ce logiciel a pour fonction de numériser, épurer et ordonner les



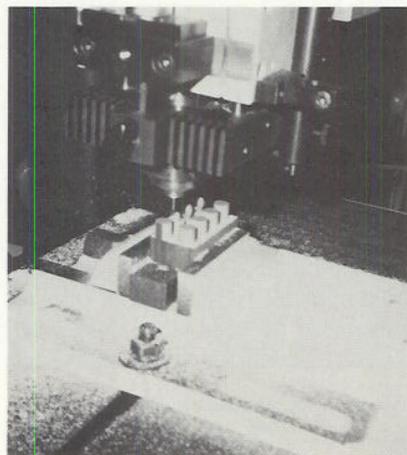
**Traitement des informations de la surface occlusale d'une première molaire inférieure. Résultat représenté en fausses couleurs.**

valeurs photoniques dans une syntaxe spécifique et traitable. Il est piloté par un microcalculateur 16 bits et permet, outre la correction, une réduction notable des valeurs d'analyses qui seront soumises à de puissants calculs arithmétiques. Ainsi à l'ADF les 4 vues représentaient  $200^6$  symboles alors que seulement 17 000 points étaient adressés à la CAO.

3) Le logiciel de CAO, de conception classique dans son noyau central (Euclid) renferme une unité spécifique de prothèse dentaire. Il est piloté par un MicroVax II (32 bits) et permet de:

- corréliser les vues. Ceci est rendu possible par le repérage d'éléments spécifiques présents dans chaque vue. Support des positions relatives, chaque image viendra se compléter mutuellement pour former un objet complexe mais total dans les trois dimensions.
- générer l'espace d'étude ou enveloppe prothétique. De cette définition seront déduites ou retrouvées les zones spécifiques de la prothèse comme la ligne de finition, les zones de contact et la surface occlusale antagoniste.

- créer l'espace ciment. Après un grossissement spécifique du moignon, pour obtenir l'intrados (la partie intérieure de la prothèse), seront optimisés l'axe d'insertion et les risques de descellement de la prothèse.
- modeler l'extrados (la partie extérieure de la prothèse) dans l'espace disponible. Le logiciel déforme une dent théorique mémorisée mais personnalisée pour qu'elle puisse venir se cloner dans l'espace défini préalablement. La surface occlusale résultante pourra adopter la théorie articulaire et spécifique reconnue par le praticien traitant.
- préparer les directives d'usage, à savoir la vitesse de coupe et de déplacement, le choix de l'outil et des axes et le retournement de la pièce. La couronne étant définie intérieurement et extérieurement, un logiciel de commande numérique



**Usinage d'extrados en série sur le premier prototype de machine outil Hennson.**

calcule la position et l'angle d'attaque de chaque outil en ayant soin de respecter les courbures physiologiques de la modélisation CAO. La dent est un objet remarquablement complexe où l'usinage 2 D 1/2 est une illusion. Cette commande numérique doit donc obligatoirement générer des courbes splines dans les trois dimensions issues directement de la modélisation du logiciel de CAO et des impératifs d'usage.

4) La machine outil à commande numérique, appareil extrêmement sophistiqué, est composé d'une broche très rapide mais moyenne en

puissance reposant sur une poutre pilotée par trois moteurs pas à pas dirigés dans les trois directions de l'espace. L'incrément de chaque moteur doit respecter les exigences de précision que nous apporte les informations du logiciel. Par ses 10  $\mu$ m, elle assure un suivi pratiquement absolu des ordres donnés par la commande numérique. Un magasin porte-outils simplifie les phases d'outillage en offrant un minimum d'outils pour un maximum d'efficacité.

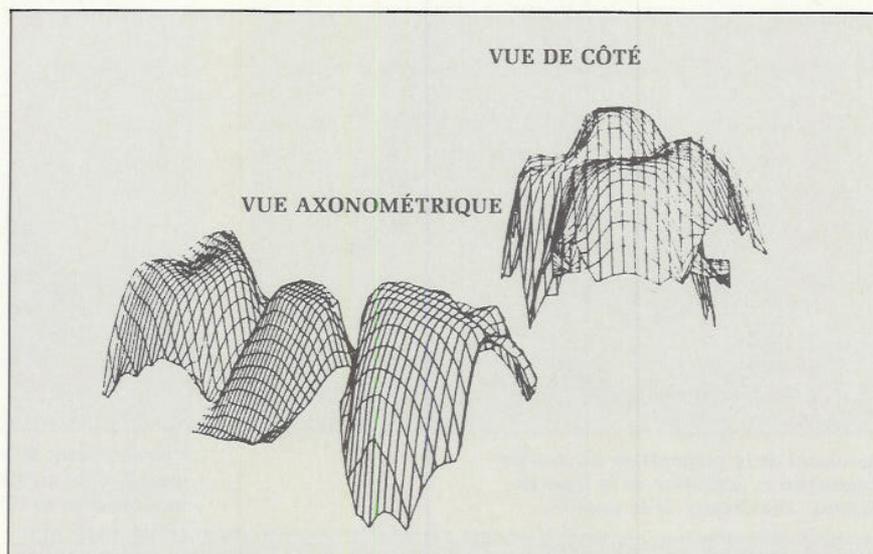
### Sélection des cas

La CFAO que nous avons mise au point dans notre laboratoire et surtout dans celui de la Société HENNSON internationale à Vienne (France) répond aux nombreuses exigences que l'on rencontre en prothèse dentaire.

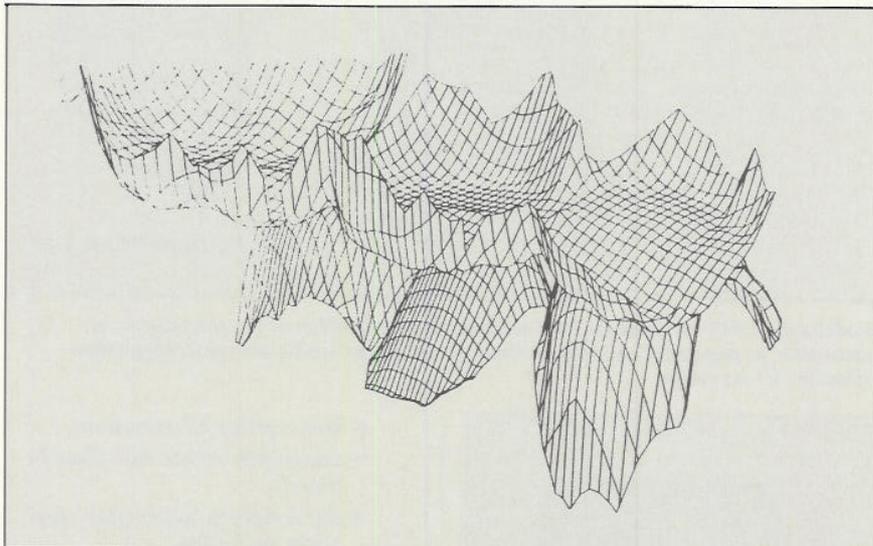
Il n'est pas hasardeux d'affirmer aujourd'hui que ce type d'appareillage réalisera :

- les incrustations métalliques ou céramiques avec ou sans tenons, entraînant la disparition progressive des obturations, ciments et amalgames. La mise au point de nouveaux matériaux esthétiques adaptés à cette technologie a contribué à renforcer la supériorité scientifique de l'incrustation, s'il est encore nécessaire de le faire, en le rendant réalisable simplement en très peu de temps et avec le maximum de contrôle. L'usinage en temps réel d'une pièce prothétique permet la mise en pratique quotidienne d'une prothèse de haute valeur thérapeutique et esthétique.
- il en est de même des couronnes esthétiques ou non et des prothèses fixées. La multiplicité des matériaux utilisés comme des modes de réalisation confronte le praticien à d'incessantes nouvelles technologies. Cette situation ne manque pas de le pénaliser car ils doivent remettre en cause leur mode de travail avant même d'en avoir maîtrisé la façon. En CFAO, quel que soit le matériau utilisé, la conception de l'élément prothétique est un axe commun et unique à toute prothèse et ce, indépendamment de l'action clinique.
- les dents à tenon, les attachements ou les incrustations à ancrage radiculaire obéissent aux mêmes règles de réalisation que

Les tracés représentés sont les copies des écrans CAO. Ils représentent la construction de la prémolaire présentée au congrès de l'ADF en novembre 1985.



Représentation en vues axonométrique et distale de l'empreinte optique de la zone préparée. Modélisation caractéristique de la prothèse dentaire.



Claie optique modélisée en rapport d'occlusion de convenance.

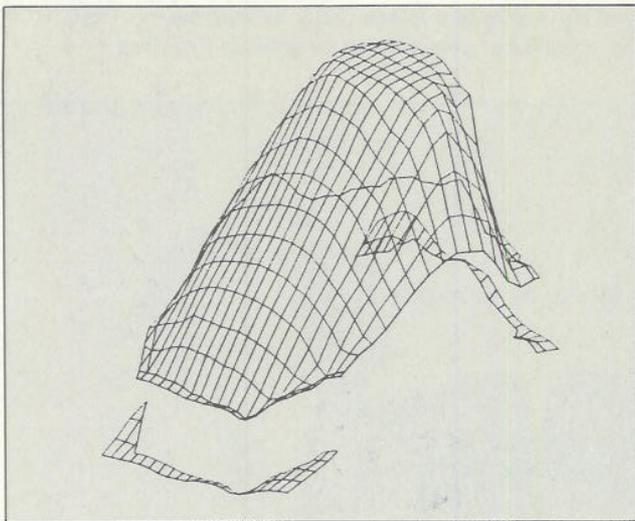
les éléments vus précédemment et la mise au point de la lecture mathématique de tenons calibrés a considérablement simplifié la lecture intraradiculaire.

De nombreuses extensions verront le jour dans les années à venir. Ainsi que ce soit les prothèses collées (pont papillon), les attelles ou même les diagnostics occlusaux, périodentaires ou orthodontiques, une recherche très active tendra à résoudre, par la simplicité, des problèmes inaccessibles au praticien généraliste.

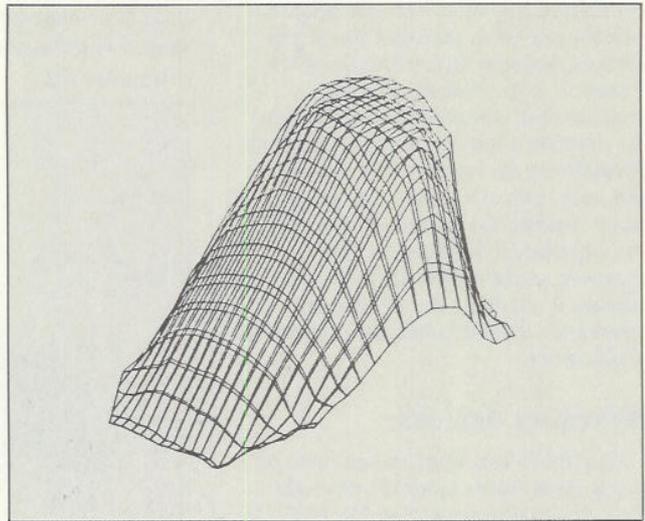
### Avenir de la méthode

Supportée par les techniques les plus sophistiquées et les plus évolutives de l'optique, l'électronique, l'informatique ou la robotique, la théorie de l'empreinte optique, vieille de plus de quinze ans, voit enfin le jour. Cette nouvelle approche de notre métier de manquera pas, nous en sommes persuadés, de marquer les années à venir.

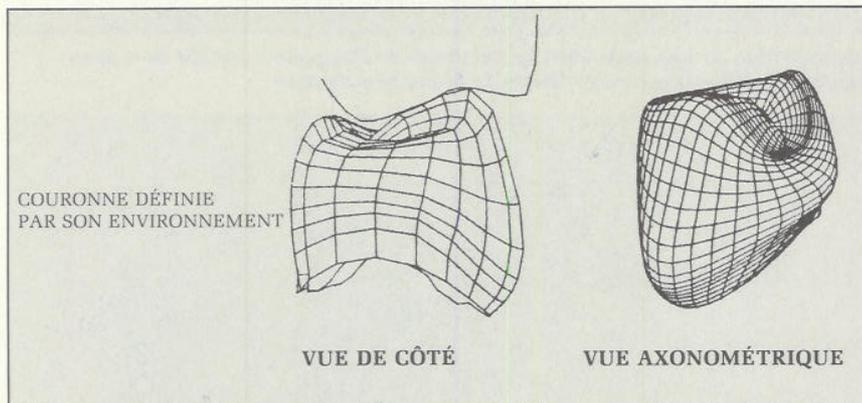
Outre l'aspect strictement fondamental et très performant des moyens mis en oeuvre, la CFAO permet d'avoir :



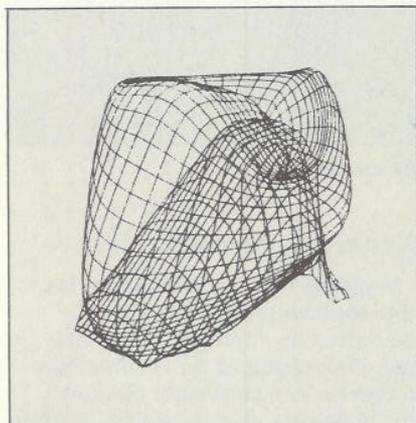
Isolement de la préparation de manière interactive et définition de la ligne de finition. Écartement de la gencive.



Grossissement de la préparation, progressif, pour qu'elle devienne la modélisation de l'intrados.



Modélisation de l'extrados en vues mésiale et axonométrique. On remarquera en particulier la personnalisation spécifique de la surface occlusale sur l'antagoniste présentée ici en coupe.



Modélisation complète de la prémolaire.

- une rapidité d'exécution
- une extrême douceur dans le travail
- une fonction interactive souple et évolutive
- une résolution de problèmes complexes ou même inconnus
- une multiplication des solutions esthétiques
- et... une réduction progressive des coûts des prothèses.

Reste à connaître la fiabilité de cette méthode. L'évolution des sciences mises en jeu dans ce nouveau procès et le peu de temps qu'elles ont mis à atteindre le niveau de l'exploitation industrielle et individuelle nous laisse entrevoir une grande sécurité d'utilisation et une remarquable simplicité dans les interactifs de dialogue.

## Conclusion

À la veille de présenter aux confrères canadiens ce procès que nous mettons au point depuis de nombreuses années, et dont nous avons montré l'efficacité à Paris lors du congrès de l'Association dentaire française, nous sommes en droit d'attendre de nombreuses critiques constructives. Ceci motive notre voyage de mai 1986 au travers de vos universités\*.

Nous espérons que cet article suscitera de votre part les réflexions nécessaires pour une adaptation correcte d'un tel système au travail dentaire canadien.

L'avenir de notre métier ne peut passer que par de telles technologies et la grosse erreur de notre profession serait de se cacher, par incompréhension scientifique, la mutation profonde qu'entraîne l'informatique dans toutes les sciences en cette fin du XXe siècle.

\* Le Dr François Duret sera conférencier invité de l'Université Laval et de l'Université de Montréal dans la semaine du 10 mai 1986.