LES CAHIERS DE PROTHESE

SPÉCIAL Prothèse du futur ?

numéro **50** juin 1985

ISSN 0397-1643

Protheŝe

vers un nouveau symbolisme pour la réalisation de nos pièces prothétiques

François DURET, D.S.O.,

Licencié et Maître de recherches en Sciences Docteur d'état en Biologie humaine Ex-assistant des Universités.

Introduction

Si l'on aborde le domaine de la topométrie mésoscopique et de ses périphériques, ceci nous conduit à être pluridisciplinaire. La maîtrise grandissante, par nos équipes de recherche, des macro-systèmes que sont la physique ou la biologie, nous permet de dégager les paramètres influencés par des phénomènes *a priori* lointains et le fonctionnement global d'un système ne peut être abordé qu'avec des outils conceptuels appropriés. La C.F.A.O. (Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur) nous propose une solution élégante de maîtrise d'une chaîne et de ses relations ainsi précisées.

Position du problème

La méthode traditionnelle de fabrication des prothèses dentaires présente des lacunes liées au mode de saisie du signal et à celui du transport de l'information (Fig. 1). La caractérisation de ce signal est pratiquement inexistante car elle est cachée par le mode de captage utilisé : l'empreinte est perceptible par les sens mais non repérée dans l'espace de façon absolue et coplanaire à des références. C'est pour cette raison que, jusqu'à aujourd'hui, nous avons dû utiliser des « définitions caractérisées » dans chaque séquence relativement stationnaire. C'est aussi pour la même raison que l'on a jonglé avec des articulations entre chaque étape pour créer une coplanétarité artificielle entre les différentes saisies. Plus la recherche de la protection du signal allait être poussée et plus les séquences allaient être élevées.



La réalisation de pièces mécaniques, liée aux progrès de la Science, doit évoluer avec elle. Il doit en résulter une modification historique des méthodes, des instruments et de leur association. Si nous admettons que, dans le passé, une méthode pouvait se diviser en sous-unités productives, aujourd'hui, ce serait indiscutablement une faute conceptuelle. Une étape isolée ne se suffit plus à elle-même et elle doit être le plus souvent associée à d'autres étapes. Le développement croissant de la C.F.A.O. et des ateliers flexibles de fabrication en sont une preuve évidente (Fig. 2).

Cette nouvelle conception de la fabrication nous conduit inévitablement à solliciter l'intervention d'un grand nombre d'instruments convenablement associés entre eux et qui fournissent leurs indications à un opérateur chargé de gérer et traiter l'information fournie, pour la restituer sous une forme améliorée.

F. Duret

Cette dernière fonction est aujourd'hui confiée à des ordinateurs capables de gérer un grand nombre d'informations en suivant les ordres inscrits sous la forme de programmes spécifiques ou logiciels.

Dans un ensemble productif moderne, que l'on appelle instruments en désignant ainsi une partie du tout, trouvent place des éléments qui ont des fonctions extrêmement variées. Si l'étude et l'optimisation de chaque maillon de la chaîne représente une étape indispensable à la mise au point d'un procès complexe, il va de soi que le mode d'assemblage des différents éléments est tout aussi capital. Très souvent aussi, des méthodes performantes prises isolément s'avèrent médiocres en groupe, comme il en est parfois des individus d'une même société.

Le plus grand reproche que l'on puisse faire à la conception et réalisation des prothèses dentaires est d'avoir satisfait à la première règle de l'ensemble productif en ignorant totalement le mode d'assem-



Fig. 2 Diagramme de conception et fabrication assistées par ordinateur.

F. Duret

blage. Ainsi il est courant d'utiliser des produits d'empreinte ayant une précision point par point de 15 à 30 μ m, alors que le simple retrait du moulage hors de son lieu d'analyse introduit une erreur 3 à 4 fois supérieure par déformation ! De même, des systèmes extrêmement sophistiqués d'analyse des mouvements mandibulaires sont proposés alors que l'axe même de la référence de ces mouvements se situe dans une aire de plus de 1 cm².

Il apparaît évident que la discordance entre l'étape et l'instrument productif rend très difficile la maîtrise de nos pièces prothétiques et c'est souvent à l'extrême habileté du praticien et de son prothésiste que l'on doit les belles prothèses. Ceci a même conduit notre métier à être classé parmi les arts et à faire de l'imprécision un postulat de travail indispensable à l'insertion d'une couronne sur son moignon !...

Si nous recherchons la cause de cet état, nous ne pouvons nous le reprocher car il s'agit plus d'un fait historique issu de la confrontation entre le structurel de notre métier et l'histoire des Sciences. Il est de bon ton de se spécialiser en des domaines très fins pour pouvoir prétendre à la reconnaissance de ses paires dans notre XX^e siècle et l'on entend souvent dire : « qui touche à tout, ne touche à rien ! » Or voilà qu'une nouvelle Science apparaît : « la communication », et avec elle un instrument admirable et redoutable qui est l'ordinateur. La nécessité de toucher à tout s'impose à une nouvelle catégorie d'individu qui se trouve chargé de la lourde fonction de coordonner les actions. L'hyper-spécialité devient dépendante de coordonnateurs qui seuls devront utiliser le savoir de chaque grand spécialiste. Ce qui manque cruellement aujourd'hui à notre métier est l'existence de cette catégorie de chercheur et cette absence explique que la fabrication des prothèses se heurte à de grandes difficultés pour utiliser les technologies d'avant-garde que sont l'informatique et la robotique.

Le plus redoutable dans cet état est la rapidité d'évolution de la Science contemporaine et son utilisation dans notre métier. Les travaux des spécialistes de chaque étape, qu'il s'agisse du mode d'empreinte ou de la qualité des matériaux, nous permettent d'envisager l'avenir avec un grand espoir; encore faut-il que la coordination de leur remarquable recherche soit exploitée à leur juste niveau. La science évoluant très vite, ces travaux sont souvent dépassés avant d'être exploités. La C.F.A.O. doit être considérée à ce stade de raisonnement comme un transfert strict de technologie et le souci premier de ses chercheurs est de s'appuyer sur des techniques qui évoluent. Le rôle de cette équipe est donc de coordonner l'ensemble des « maillons » depuis l'optique de saisie jusqu'à la robotique de réalisation. Ce travail n'a été rendu possible que parce qu'il existait déjà de nombreuses études fondamentales que ce soit dans les modes de taille, au niveau de l'occlusion, ou des matériaux. Dire que l'on rejette ce qui a été fait serait une lourde erreur qui détruirait tout le sens de notre exposé.

Genèse de l'empreinte optique

Si l'on cherche à étudier la réalisation d'une prothèse, on se rend compte très rapidement que le facteur le plus important, celui qui permettra le mieux de potentialiser la pensée de création de la pièce, est la justesse du support de l'information du volume de la bouche de notre patient. Nous entendons par information du volume la forme exacte de la dent taillée et de ses voisines. Dans la méthode classique cette information est supportée par l'empreinte, transférée sur le modèle en plâtre qui à son tour la transmettra à la cire de la maquette qui au ... ciment de revêtement qui ... au matériau de coulée. Cela ne fait pas moins de cing transferts d'information si l'on calcule au plus juste. Ces transferts se traduisent toujours par un changement d'état ou de structure pour le corps qui va recevoir l'information. Ainsi une pâte d'empreinte devra être retirée des dents du patient lorsque sa structure chimique et ses qualités physiques sont suffisantes pour qu'elle ne se déforme plus. Elle a donc changé d'état dans la bouche du patient.

Un système comme une pâte d'empreinte ou du plâtre possède une énergie totale ou entalpie de valeur définie : H = U + PV.

Pour KALOIRE, l'énergie utilisable d'un système ΔF , ou énergie libre, ne représente qu'une fraction de cette énergie H. Le reste de cette énergie, ou ΔS n'est pas utilisable car lié au système électronique... c'est l'entropie. Cette entropie étant liée à la coordination des mouvements moléculaires, elle apparaît comme un facteur de probabilité définissant l'ordre interne du système et sera de ce fait d'autant plus importante que le système sera complexe. Si l'on étudie nos prises d'empreinte on se rend compte que la réaction de prise, faisant varier la structure interne du corps, va faire changer son entropie de façon significative. Il en sera de même de la désinsertion qui, produisant un travail de déformation, induira un transfert d'énergie sur les systèmes voisins de par le principe de MAYER et JOULE.

En admettant que l'on étudie la position d'un point dans l'espace par rapport à un repère orthonormé indépendant du corps (ou système) la précision de ce point, c'est-à-dire l'absence de déplacement du dit point par rapport au repérage, ne sera possible que si le système porteur ne supporte aucune variation énergétique (en négligeant la relativité des systèmes). Si l'on rapporte ces observations très simplifiées aux études de DEBYE on démontre facilement qu'à nos températures de travail tout changement de structure produira une variation d'énergie donc une variation dimensionnelle du corps en question.

Plutôt que d'essayer de lutter contre cette variation d'énergie du système porteur de l'information, il nous a paru plus simple de s'en séparer. Pour ce faire nous n'avions que peu d'alternative :

 — l'analyse du volume buccal doit être indépendante du corps analysé;

 les travaux de conception doivent porter exclusivement sur des valeurs numériques (les moins sensibles au changement d'état);

--- la pièce prothétique ne doit être réalisée concrètement que lorsque l'ensemble des paramètres de construction a été appliqué.

La seule méthode d'analyse tridimensionnelle des corps suffisamment performante et financièrement accessible est la méthode optique.

Le développement de l'informatique, de l'électronique et de l'optique nous permet de traiter l'information photonique avec beaucoup de finesse et de n'avoir qu'une seule forme de codage numérique pour toutes les étapes de la création.

Nous savons qu'un objet placé dans un champ électromagnétique le perturbe; ce champ modulé sera porteur d'un message multicanal sur les caractéristiques de l'objet. C'est cette fonction de base, qui n'échappe pas à la dent, qui nous a fait choisir une topométrie mésoscopique odontologique dont l'analyse optique est le système initial.

Il « suffit » de traduire ces fonctions dans l'espace de FOURIER reliant les modulations à des valeurs numériques et le support digital est acquis. La conversion analogique (photonique) numérique est possible par des tubes vidéo-solides ou non avec le minimum de perte d'information et il est possible d'appliquer les règles de notre Science dentaire aux volumes numérisés de la bouche du patient.

Enfin une machine outil à commande numérique peut exécuter la prothèse sur les données exactes volumétriques que lui transmet l'ordinateur.

Conclusion

Avec ces concepts d'une réalisation intégrée de la fabrication des prothèses dentaires, une saine approche de la modélisation des formes, une rigueur de la lecture et un choix libéré de matériaux peuvent permettre de progresser dans la définition des critères expérimentaux et leur accessibilité à tous.

Il s'agit donc simplement de permettre la vulgarisation conceptuelle d'actes précis et souvent trop longs à mettre en œuvre.

RÉSUMÉ

Vers un nouveau symbolisme pour la réalisation de nos pièces prothétiques.

La juste compréhension de la C. F. A. O. en prothèse dentaire passe par l'exposé d'une philosophie générale qui animera, selon nous dans les années à venir, une certaine forme de la recherche odontologique. Elle est aussi le moyen de se situer par rapport aux méthodes traditionnelles.

Il est rappelé que l'avènement de l'ordinateur dans la conception créative permet la gestion d'un nombre remarquable d'informations et que cet adressage strict affranchit nos réalisations à la précision et à la fidélité.

SUMMARY

A new symbolism in achieving our prothesis.

The correct use of C.F.A.O. (Computer Assisted Conception and Manufacturing) in dental prosthesis comes from a general philosophical approach that will in the future be in our opinion an inspirational factor in odontologic research. It is also a methodology providing a new framework to work from with respect to traditional methods.

It is recalled that the advent of computer technology in its creative conceptional aspects permits the handling of a remarkable amount of data and this processing possibility starkly increases our capacities in precision, quality, accuracy and craftsmanship.

> **F. Duret** Draye des Vignes 38690 Le Grand Lemps

> > 71

RICHARD SIMONSEN VAN THOMPSON GERALD BARRACK

Restaurations "collées"

Techniques cliniques

et de laboratoire

LOUVRAGE de référence sur cette technique très actuelle. Tous les détails techniques cliniques et de laboratoire, les succès... et les échecs. Un livre complet écrit avec la modestie d'un scientifique.

Volume cartonné

- 192 pages format 17 × 24
- nombreuses figures couleurs
- Prix: 568 F (envoi postal: 595 F)

Traduction française : **F. MORIN**

BULLETIN DE COMMANDE

à retourner à la Librairie CdP - Julien Prélat, 17, rue du Petit Pont - 75005 Paris - Tél. 633.87.61

M	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••
Adresse	
Veuillez m'envoyer	exemplaire (s) de l'ouvrage :
Restaurations « collées » au prix de 595 F.	
Ci joint un chèque de	. F à l'ordre de la Librairie CdP - Julien Prélat

Towards a new symbolism for the realisation of our prosthetic pieces

François Duret

INTRODUCTION

If we treat the subject of mesoscopic topometry and its peripherals, it leads us to be pluridisciplinary. The growing mastering by our research teams of the macro systems which are physics or biology enables us to find the parameters influenced by phenomenon apparently far away and the global functioning of a system can only be approached with appropriate conceptual tools. CAD/CAM (Computer Assisted Design, Computer Assisted Manufacture) offers an elegant solution of mastering a chain and its relations thus precised.

POSITION OF THE PROBLEM

The traditional manufacturing method of dental prostheses presents gaps linked to the signal capture mode and to the transportation of the information mode (fig. 1). The characterisation of this signal is practically inexistent as it is hidden by the used capture mode: the impression is perceptible by senses but not identified in space in an absolute and co planar manner to the references. This is why, until today, we have had to

Page 66

use "characterised definitions" in each sequence relatively stationary. It is also for the same reason we have juggled with articulations between each step to create an artificial co planarity between the different captures. The more the research of the signal's protection is pushed, the more the sequences are high.

[Fig.1: Diagram showing the classical conception. -dental faculties -experience]

The realisation of mechanical pieces, linked to the progress in Science, most evolve with it. A historic modification of the methods, the instruments and their association must emanate from it. If we admit that, in the past, a method could be divided in productive sub units, today it would indisputably be a conceptual mistake. An isolated step isn't self sufficient anymore and it must be most often associated with other steps. The increasing development of CAD/CAM and of the manufacturing flexible workshops is an evident proof (Fig. 2). This new manufacturing conception has inevitably led us to seek the intervention of a great number of instruments properly associated with each other and which give their indications to an operator in charge of managing and treating the given information to return it in a bettered way.

<u>Page 67</u>

This last function is today given to computers capable of managing a great number of information by following orders written in specific programs or software.

In a modern productive set, which is called instruments thus designating a part of the whole, elements which have extremely varied functions are found. If the study and the optimisation of each link of the chain represents an indispensable step to the implementation of a complex process, it goes without saying that the assembly mode of the different elements is just as capital. Often too, efficient methods taken separately turn out to be mediocre in groups as it is sometimes the case with individuals of a same society.

The greatest reproach we can do to the conception and realisation of dental prosthesis is to satisfy the first rule of the productive set and totally ignoring the assembly mode.

[Fig. 2: Diagram showing the computer assisting conception and manufacturing. -dental faculties

-experience

-schools and prosthetic state bodies

-dental software

-camera

- -basic hardware and software
- -tool machine CN]

Thus it often happens to use impression products having a point per point precision of 15 to 30μ when a simple withdrawal of the moulding out of is analysis place introduces an error of 3 to 4 times bigger by deformation! Same goes for extremely sophisticated mandibular movement analysis systems are proposed when the actual reference axis of these movements is situated in an area bigger than 1 cm².

It appears to be evident that the discordance between the step and the productive instrument make the mastering of our prosthetic pieces very difficult and beautiful prostheses are often due to the craftsmanship of the prosthodontist. This has led our profession to be classified as an art and to make imprecision a postulate of our work unavoidable to insert a crown on a stump...!

If we look for the cause of this state, we can only reproach it to ourselves as it is more a fact of history coming from the confrontation between our profession's structure and the history of science. It is well seen to specialise in very refined domains to be able to access the knowledge of our colleagues in the 20th century and we often hear "who touched everything touches nothing". But there appears a new Science: "*communication*" and with it an admirable instrument that is the computer. The necessity to touch everything is imposed to a new category of individuals who is in charge of coordinating the actions. Hyper speciality becomes dependent on the coordinators who alone will have to use the knowledge of each great specialist. What is cruelly lacking today is the existence of this category of researchers and this absence explains that the manufacturing of prostheses hits great difficulties to use avant-garde technologies such a computers and robotics.

The most formidable in this state is the speed of evolution of contemporary science and its use in our profession. The each step's specialists' work, whether about the impression mode of the quality of materials, enable us to envisage the future with great hope; but coordination of their remarkable research must be exploited justly. Science evolves very rapidly and these works are often outdated before they are exploited.

CAD/CAM must be considered at this reasoning stage like a strict technology transfer and the first worry of the researchers must be to lean on the evolving techniques. The role of this team is to coordinate all of the "links" fro the optical capture to the realisation robotics. This work was only made possible because it already existed in numerous fundamental studies about cutting modes, at the occlusion level or about materials. Saying that we reject what has been done would be a monumental error which would destroy the meaning of our paper.

OPTICAL IMPRESSION GENESIS

If we look to study the realisation of a prosthesis, we quickly find out that the most important factor, the one who will best potentialise the piece's creation thought, is the justness of the patient's mouth's volume's information support. We mean by information of the volume the cut tooth's exact shape and its neighbours. In the classical method, this information is supported by the impression, transferred on a plaster model which will in turn transmit it to the wax of the model and to the coating cement and to the moulding material. There are no less than 5 transfers of information if we calculate at best. These transfers are always translated by a change of state or of structure for the body who will receive the information. Thus an impression paste will have to be removed from the patient's teeth when its chemical structure and physical qualities are enough to avoid deformation. It has changed state inside the patient's mouth. A system such as the impression paste or the plaster have a total energy or enthalpy of defined value: H = U + PV

For KALOIRE, the energy use by a ΔF system, or free energy, only represents a fraction of this H energy. The rest of this energy or ΔS isn't usable as it is linked to the electronic system... it is the entropy. This entropy being linked to the coordination of molecular movements, it appears as a probability factor defining the internal order of the system and will thus be more important as the system will be complex.

If we study our impression captures we realise that the capture reaction, making the internal structure of the body vary, will change its entropy in a significant manner. It will be the same for the removal which, by producing a deformation work, will induce an energy transfer on the neighbouring systems with the MAYER and JOULE principles.

By admitting that we study the position of a point in space according to an orthonormed marker independent from the body (or system), the precision of this point, that is to say the absence of movement of the point with regards to the marking, would only be possible if the carrying system supports no energetical variations (thus ignoring the relativity of systems). If we report these very simplified observations to DEBYE's studies, we easily demonstrate that at our working temperatures, any structure change will produce an energy variation so a dimensional variation of the body in question.

Rather than trying to fight against this energy variation of the system supporting the information, it seemed simpler to separate from it. To do so, we had like choice:

- analysis of buccal volume independent from the analysed body
- conception work must exclusively be on numerical data (the least sensitive to state change)
- the prosthetic piece must only be concretely realised when the whole of the construction parameters have been applied.

The only tri dimensional analysis method of bodies performing enough and financially accessible is the optical one.

The development of computers, electronics and optics enables us to treat photonic data with much more finesse and to only have one form of digital coding for all the creative steps.

We know that an object placed in a magnetic field disrupts it; this modulated field will carry a multichannel message about the object's characteristics. This basic function which doesn't escape the tooth, made us choose an odontologic mesoscopic topometry with the optical analysis as initial system.

What is left is to translate these functions in FOURIER's space linking the modulations to digital values

and the digital support is acquired. The analogue digital (photonic) conversion is possible with solid or non video tubes with a minimum of data loss and it is possible to apply the rules of our dental science to digitalised volumes of the patient's mouth.

Finally a digital command tool machine can execute the prosthesis based on the exact volumetric data transmitted by the computer.

CONCLUSION

With these concepts of an integrated realisation of manufacture of the dental prosthesis, a good approach of the model of shapes, a rigour in the reading and a choice freed from materials can enable the progression in the definition of experimental criteria and their accessibility for all.

It is about enabling the conceptual vulgarisation of precise acts and often too long to implement.