

van der Boeck

ANTWERPEN X

G.P.P. 8 1143

dentist news 40

janvier - février
januari - februari
1984

Magazine odontologique bimestriel - Tweemaandelijks tandheelkundig magazine
Les éditions/Uitgeverij Kluwer



RECYCLING VAN EDELMETALEN - GOUDEN TANDEN -
AMALGAAMRESTEN - RX. FOTO'S - FIXEERBADEN enz...
RECYCLAGE D'ARTICLES EN METAL PRECIEUX - DENTS EN OR -
RESTES D'AMALGAME - PHOTOS RX. - BAINS DE FIXAGE etc...

'T GOUDBOERKE
MARTENS LUCIEN

Aug. V.D. WIELELEI 237 - 2100 DEURNE

TEL. 03/324.76.17

François DURET

L'EMPREINTE OPTIQUE OU LA CYBERNETIQUE ODONTOLOGIQUE

François DURET, Docteur en
Ch. Dentaire et Sc.
Odontologiques, Licencié et
Maître de Recherches en
Sciences, Docteur d'état en
biologie humaine
Rue Paul Claudel -
38690 Le Grand Lemps (FRANCE)

Vertaling op blz. 47

La théorie de l'empreinte optique est une nouvelle façon de concevoir notre méthode de travail. Elles se veut essentiellement cybernétique, c'est-à-dire mécaniquement intelligente. Il est, certes, particulièrement difficile de définir l'intelligence sans faire référence au comportement humain; nous dirons simplement qu'il en est la limite supérieure et que la cybernétique odontologique apparaît comme transposition aux machines dites intelligentes de notre savoir-faire, pour nous libérer l'esprit d'un certain nombre de conceptions pratiques. La seule méthode pour reproduire une dent ou un maxillaire avec précision (200 à 500 microns au mieux) est l'empreinte négative à l'aide de matériaux plus ou moins élastiques, le profil étant constitué par la dent du patient et le négatif par l'empreinte elle-même. Cette méthode, utilisée depuis plus de 300 ans, n'a subi aucune modification fondamentale dans son objet. En effet, le principe de la saisie de la forme a toujours reposé sur le moulage par des pâtes fixant le volume étudié. Tout ce qui suivait n'était que l'aboutissement dirigé par ce premier acte. En fait, le véritable problème, c'est-à-dire le principe même de la méthode, a été oublié au travers des décennies. Il ne s'agissait plus pour nos chercheurs de corriger la saisie des formes, mais de perfectionner les pâtes d'empreinte... Pourtant, cette façon de procéder est fondamentalement mauvaise: la cause physique de l'imprécision du captage des données est liée aux variations d'énergie des systèmes empreinte-négatif. Pour réduire ces variations d'échanges énergétiques, il n'existe qu'une seule méthode: limiter les échanges énergétiques et, en particulier, les variations d'énergie internes. Ceci revient à conserver le plus possible d'enthalpie de l'ensemble considéré à une valeur fixée, action impossible par les méthodes classiques. Plus un système est simple, moins il est sensible aux variations d'énergie libre et de l'enthalpie. C'est pour cette simple raison que dès 1972, nous avons choisi le quantum énergétique, c'est-à-dire la saisie des formes par onde, comme base de travail.

HISTORIQUE

De 1972 à 1976, dans le laboratoire de J. DUMAS à LYON et J. THOUVENOT à TOURS, a été élaboré la théorie de l'empreinte optique comme suit:

- saisie de forme de la dent à l'aide de l'holographie (photographie tridimensionnelle par interférométrie en onde cohérente);
- saisie du moignon après taille; - conversion analogique numérique des données; - usinage par une machine outil à commande numérique des côtés de la prothèse ainsi obtenue.

Les travaux ont été repris par un certain nombre de chercheurs, aux USA en particulier: YOUNG (1977), PRYPUTNIEWYCZ (1977) et BURSTON (1978). Il était pourtant particulièrement évident que l'holographie était une méthode trop sophistiquée pour le but à atteindre. C'est sans doute pour cette raison que JONES (1979), HEITLINGER (1979) et BUTCHER (1981) proposèrent la photogramétrie. Si cette technique est très satisfaisante pour les objets de grande dimension, sa mise en oeuvre est trop coûteuse et complexe à l'échelle d'une bouche. Forts de cette évolution, en 1980 nous proposons de faire

la saisie des formes dentaires par interférométrie type MOIRÉ en onde cohérente ou non. La plus grande difficulté consistait à miniaturiser un système classique de grande taille, puis de concevoir une interface de traitement en courbe fermée, c'est-à-dire reconstituant par creux et bosses et côtes la 3^e dimension. Le premier prototype était réalisé en 1981 alors que les grands principes de base l'étaient en 1982 (occlusion, enveloppe de la couronne, etc...). C'est à partir de cette date que les odontologistes commencèrent à s'intéresser à notre travail.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Le captage 3 dimensions

Le moiré est littéralement un tissu à reflets ondulés que l'on obtient en superposant par leur endroit, 2 pièces d'étoffe. C'est la quasipériodicité microscopique de la structure des tissus qui nous donne l'effet macroscopique visible. Le principe n'est pas nouveau, puisqu'il est connu au moins depuis une décennie et toutes les lois de ce principe se décrivent en physique non quantique.

Nous pouvons donc constater qu'une structure macroscopique est obtenue par la superposition de deux structures microscopiques neutres. En ce sens, le moiré est une sous-division de l'interférométrie. Au lieu de superposer deux ondes, on superpose deux réseaux et c'est l'interface résultant du passage entre les réseaux qui créera l'effet moiré: une modification infime de la phase de l'une des deux ondes produit une modification macroscopique des figures d'interférence. La fameuse expérience de Michelson et Morley, à l'origine de la Relativité Restreinte d'Einstein, a exploité cette propriété d'énorme grossissement que produit l'effet Moiré!

Ce même effet de l'interférométrie permet à Lord Royleigh en 1974 de tester la qualité de réseaux de diffraction en montrant que le moindre défaut de périodicité des γ sera mis en évidence par les franges de moiré.

Ce que nous intéresse essentiellement dans ce principe est la possibilité qu'il nous offre de mesurer un objet selon ces 3 dimensions. En effet, si l'on projette sur une forme quelconque (une dent, par exemple) un réseau régulier, ce réseau s'appliquera sur l'objet: nous verrons donc un objet avec un réseau régulier de traits sombres et clairs (fig. 1). Si maintenant nous regardons ce même objet au travers d'une deuxième trame identique, l'objet offrira un ensemble de courbes de niveau. En effet, la première structure microscopique régulière qui se superpose à la deuxième est en quelque sorte déformée par la structure que l'on veut analyser.

En topométrie, il est nécessaire de faire l'analyse de la superposition de deux réseaux, l'un de référence faite de lignes droites parallèles équidistantes projetées sur la dent, et l'autre, réfléchi donc déformé par le relief à mesurer. Les franges 'coubes de niveaux' de la surface analysée sont parallèles aux plans focaux du projecteur et de la caméra.

Sans vouloir rentrer dans les détails mathématiques par ailleurs forts complexes, nous dirons:

F = distance focale des objectifs identiques projecteurs et caméra

β = paramètre caractéristique du montage proportionnel à l'écartement des axes optiques des deux appareils et inversement proportionnel au pas du réseau.

L'expression de l'altitude de chaque courbe de niveau s'exprimera par

$$Z_N = \frac{\beta F}{\beta - 2N}$$

où N a une valeur entière.

Si l'on observe d'autre part, la précision d'un tel système, il faut savoir que le profil OOO dépend lui-même de z par la formulation:

$$\lambda = \frac{F.b}{z.a}$$

où

F est la focale

b la distance objectif émission réception

z : \bar{Z}

a : le pas de trame

n : nombre de franges en dérivant λ par rapport à z et en négligeant la variation de la différence entre deux franges.

$$z = \frac{2a D^2}{bF} n$$

où

D est la distance référentielle de l'ensemble du volume en ne considérant que l'espace interfrangé

$$H = \frac{2a D^2}{bF}$$

(fig. 2)

Il est totalement inutile de donner plus de précisions mathématiques dans un tel exposé, mais ces résultats appellent une remarque importante: si l'on fait un comptage en binaire (noir-blanc-noir...), la précision sera fonction des optiques, de leur séparation et du pas de la trame. Ainsi avec une optique de 4,5 mm de focale, un espace de 7 mm entre les 2 optiques et un pas de trame de 25 microns, la précision sera déjà de 250 microns!

IVO
Prothes
be
PASJU



Injectie is beter dan
injectie zonder g
voortdurend navlo
materiaal is niet ee

BISSCHOPPE

Concersion analogique digitale

La plus importante partie de la théorie de l'impreinte optique repose sur la stabilité dimensionnelle, c'est-à-dire le respect des côtes que nous avons en quelque sorte saisi par mesure automatique ou topométrie. Nous effectuons pour cela une conversion analogique numérique à l'aide d'un CCD ou dispositif à transfert de charge. L'utilisation d'un tube vidicon serait possible, mais sa concavité entraînerait une source d'erreurs. Ce dispositif à transfert de charge (DTC) photosensible et matriciel transforme la lumière en information. La conversion de lumière, tout d'abord, en charges électriques est due à la création de porteurs minoritaires dans le silicium par l'ionisation provoquée par l'énergie des photons incidents. Il y a, en quelque sorte, diminution d'une quantité globale d'énergie proportionnelle au nombre de photons venant frapper le DTC. A cet instant, une 'capacité' recharge l'élément pour le ramener à sa valeur initiale. Il suffit donc de mesurer la quantité envoyée par la 'capacité' pour connaître le nombre de photon frappant le DTC.

Lorsque l'on sait qu'en vérité le DTC peut renfermer jusqu'à 60.000 éléments ayant cette fonction (ou PEL) sur une surface de 1 cm², on comprend très vite l'intérêt de l'ensemble dit DTC ou 'photo MOS'.

Il existe en effet jusqu'à 60.000 pel (point élémentaire) se vidant et se remplissant d'énergie avec une fréquence de 4 mega Hertz!! (Fig. 4-5).

Nous possédons donc une image divisée en 60.000 pel, d'environ 15 microns de côte. Comme le montre le dessin, la précision n y sera liée aux dimensions du pel et à sa discrétisation. (Fig. 8 à 13).

La précision sur z est plus complexe. S'il s'agit de travailler en système binaire, il suffira d'avoir donc Noir-Blanc et de compter le bandes avec une référence de départ (D). Le maximum obtenu est alors 250 microns (ce qui correspond aux précisions les plus optimistes dans un exercice courant actuel). Cette précision peut être affinée par ce que l'on appellera les niveaux de gris. En possédant par exemple 4 niveaux, nous avons 2 zones intermédiaires donc environ 100 microns de précision au lieu de 250 microns précédemment.

Cette description est évidemment très simplifiée par rapport à la réalité et l'obtention de la valeur de z est soumise à des règles mathématiques très strictes et des calculs très complexes. Le densitométrie de l'image est en effet perturbé par la texture de l'objet, mais aussi par des bruits électroniques de saisie et la valeur de z en aucun cas ne se limitera à une simple mesure des niveaux de gris. ▶

L'informa

La conver
faite, étan
nécessaire
matique
l'informa
pose d'i
pour les
mémoire
ensemble
collectiv
les info
capacité
de term
écran
machin
interfa
comme
ordina
Pour fa
des op
nécess
l'on en
progr
ordina
ne peu
plusie
On app
tifs au
d'inform
de la
des im
notion
modèle
comm
ques
vaille
tation
force
trava
les cas
Ce gé
ments
simple
sédan
repré
semble
indiqu
Au de
dégag
quett
tions
tions
esset
- plan
sion



AU DELA DU FLUOR

Des tests cliniques comparatifs prouvent qu'ELMEX aux amines fluorées (fluor organique) obtient des taux de résistance à la carie très supérieurs aux fluors inorganiques.

ELMEX : il n'y a pas mieux pour les dents

GABA INTERNATIONAL
DISTRIBUTEUR SANDERS-PROBEL
(D.D.R. ET CODEMA)

désire recevoir ☐ documentation
☐ échantillons
de SANDERS-PROBEL
rue H. Wafelaerts 47
1060 Bruxelles

L'informatique

La conversion analogique numérique (AID) étant faite, étant donné le nombre de données à traiter, il est nécessaire d'avoir une technique de traitement automatique de l'information. C'est ce que l'on appelle l'informatique. Un ensemble informatique se compose d'un ou plusieurs organes de saisie: notre caméra pour les côtes, un clavier pour converser avec la mémoire de l'ordinateur et quelques progiciels ou ensemble complet de programme conçu dans un but collectif précis, d'un mémoire, support emmagasinant les informations. Elle peut être de masse (grande capacité), morte (non modifiable) ou vive (modifiable), de terminal: un écran graphique dit intelligent et un écran cathodique classique, une imprimante et la machine outil à commande numérique via certains interfaces. L'ensemble de cette théorie apparaît donc comme une conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) parfaitement conforme. (Fig. 6-7)

Pour faire fonctionner cet ensemble, c'est-à-dire que des opérations soient exécutées par la machine, il est nécessaire qu'un programme soit enregistré puis que l'on envoie ensuite les informations à traiter par le programme. Pour communiquer avec le programme ordinateur, il faut utiliser le même langage (un anglais ne peut parler avec espagnol) d'où la naissance de plusieurs langages, type FORTRAN par exemple.

On appelle Logiciel l'ensemble des programmes relatifs au fonctionnement d'un ensemble de traitements d'informations. Travaillant en 3 dimensions (volume de la dent), notre logiciel doit être capable de gérer des informations dites 3D. Ces logiciels 3D ont la notion de la matière et du volume. Ils ont pour but de modéliser des formes tridimensionnelles complexes comme une dent pour y appliquer des calculs spécifiques. Il est nécessaire pour nous, que ce logiciel travaille directement sur l'objet et nous sur sa représentation symbolique comme un plan. En effet, un plan force le concepteur à penser 3D. Il est nécessaire de travailler sur une maquette virtuelle 3D qui à toutes les caractéristiques géométriques de l'objet.

Ce genre de logiciel assure donc la création d'éléments et formes géométriques tridimensionnelles simples ou complexes structurées, c'est-à-dire possédant toutes les propriétés géométriques de l'objet représenté. Il permet, d'autre part, de modifier, d'assembler ou de visualiser les côtes de chaque élément indiqué. (Fig. 14).

Au delà de ces fonctions simples et complexes, se dégage la fonction production du logiciel. La maquette, ainsi conçue, comportera toutes les informations nécessaires à sa propre réalisation. Ces informations de production se présentent sous deux aspects essentiels:

— plan d'exécution ayant pour but de coter avec précision les distances, angles ou rayon.

— instruction fournie à la machine à commande numérique. Ce programme interface assure la transcription automatique d'une géométrie liée au logiciel à une géométrie labellisée type 'APT' (...Ces labels représentant le langage que connaissent les machines outils (même problème que le FORTRAN...) pour les ordinateurs.

Une machine outil à commande numérique

En aval de l'ensemble se situent les machines outils à commande numérique, véritables petites merveilles de mécanique capables d'exécuter une pièce avec un maximum de précision et un minimum de temps et d'usure d'outil. Il s'agit d'un procédé d'automatisation permettant de conduire un organe mécanique mobile à une position déterminée par un ordre. Cette position peut être obtenue par déplacement linéaire ou angulaire selon le degré de liberté du mobile (ordre délivré en coordonnées numériques, cartésiennes ou polaires).

Les ordres élémentaires sont transmis au servo-commande de l'amplificateur de puissance. A ces données (Δx , y , z) s'ajouteront des données sporadiques:

- n° de l'outil;
- séquence;
- vitesse de broche;
- côte d'avance retour;
- côte arrosage;
- fin de programme;
- côte choix du métal....

Les coordonnées seront traduites de manière relative ($M_2 - M_1$ sort $\Delta x = x_2 - x_1$) plutôt que de manière absolue. Il est utile de rappeler qu'une machine outil explore en rafale les informations reçues (jusqu'à 300.000 lignes/seconde).

Les machines outils que nous utilisons sont d'une taille extrêmement raisonnable (50 cm de côté) et travaillent en gardant la précision imposée par la lecture (20 microns). Il s'agit essentiellement de fraiseuses (caractérisée par la rotation et l'avance de l'outil) à commande numérique (le transport des ordres est exprimé par des nombres). Pour transporter des nombres en binaire, il suffit que le passage du courant corresponde à 1 et son absence à 0. Le dialogue avec la machine se fait de façon automatique. Si l'onde est délivrée sous la forme de coordonnées numériques cartésiennes ou polaires, le procédé point par point devient continu, compte tenu de la précision de la machine. Les 7 symboles élémentaires (N, x, y, z, F, G et M) sont transmis directement par le logiciel 3D à l'amplificateur de puissance de la machine. (Fig. 21).

Suite de la page 37

L'état de surface dépendra essentiellement du matériau choisi, de la passe de l'outil et la trajectoire. Le fraisage en avalant étant préférable à l'apparition dans le cas présent. Il restera à définir sur expérience.

ASPECT GLOBAL DU SYSTÈME (Fig. 22-23).

Ce système se compose donc d'un capteur exo- et endo-buccal captant tridimensionnellement la dent, d'un interface associé à un logiciel 3D piloté et pilotant un central de grande capacité. Ce même logiciel envoie des informations soit à des périphériques 'passifs' type imprimantes (diagnostic gestion), soit à des périphériques 'actifs' type machine outil à commande numérique (usinage de prothèse).

Plusieurs cas de figures sont envisageable à ce niveau, essentiellement liées aux possibilités financières du praticien. Nous les résumerons à 3 types de possibilités, elles-mêmes subdivisables:

Propriété globale de la chaîne

- capteurs
- logiciel
- hard
- MO/CN

Centrale commune avec plusieurs praticiens

- capteurs
 - terminaux
 - modem
 - MO/CN
- } chez le praticien
- Logiciel et Hard en Salle commune

Conseil de l'ordre ou syndicat

- capteurs
 - terminaux
 - modem
 - central
 - logiciel
 - MO/CN
- } chez le praticien
- } chez le prothésiste

Il existe, bien entendu, un grand nombre de cas intermédiaires et particuliers, modulables suivant les cas, qu'il ne nous appartient pas d'étudier ici, tant ils sont personnels.

Une remarque pourtant s'impose: suivant les cas, le coût global du système peut être divisé par 5.

Conception du CR

Pour expliquer plus clairement l'ensemble de ces données théoriques, nous allons adopter un plan de réalisation très simple et classique: la couronne dit 'coulée', que l'on appellera désormais 'façonnée'.

Une couronne dentaire est constituée d'une partie ou forme intérieure correspondante au moignon taille de la dent et une forme extérieure devant s'adapter tant sur le plan fonctionnel qu'esthétique à l'ensemble de l'arcade. Nous allons décrire l'ensemble des éléments constitutifs à cet état.

Conception de la forme intérieure

L'information que nous transmet le capteur est la saisie tridimensionnelle du moignon taillé de la dent (cas simple) et de son environnement immédiat (adjacent et antagoniste). Ce sont ces données qui nous permettent de définir les cotations de la future couronne.

1. La forme intérieure doit s'ajuster parfaitement au moignon. Elle correspond à la forme externe du moignon taillé en bouche, à une variante près. Cette variante est basée sur:

- le calcul automatisme des dépouilles ou contre-dépouilles;
- le respect d'un jeu minimum lié au premier 'pos' et à la granulométrie du ciment.

Les parties les plus intéressantes de cette saisie sont la captation de l'épaule et de la ligne 'inférieure'. Cette dernière peut être saisie dans un sulcus de 2,5 mm à condition que l'angle d'incidence ait une valeur de 25°. Pour un angle de 50°, il est nécessaire d'avoir recours à un écarteur gingival.

La modification des côtes se fait dans l'esprit à la fois d'une bonne insertion et du respect du joint ciment. Il convient donc d'élever le cône oblique pour connaître la ligne résultante de l'ensemble des lignes de surface. La deuxième étape consistera à espacer cette surface, de telle sorte qu'en chaque point il y ait un espace supérieur ou égal à $x + cst$ ($cst = \text{constante}$) propre à la granulométrie, et qu'au-dessus du plus grand périmètre les points se répartissent en fonction de cet espace. (Fig. 15).

2. La forme extérieure

A l'issue de ce traitement, nous possédons une enveloppe définie comme un ensemble de plans passant par la ligne de courbure externe et interne de l'arcade, les 2 zones de contact, le plan d'occlusion et la ligne inférieure R1 trouvée avant.

Les plans 1 et 2 tagents aux points de contact sont situés aux valeurs x_1 et x_2 du centre de gravité de la surface passant par les 2 points de contact. En adjoignant un facteur correctif Δx lié à la mobilité dentaire, on obtient une distance $x_1 + \Delta x_1$ et $x_2 + \Delta x_2$ définissant cette enveloppe par rapport aux deux plans. Les plans 3 et 4 (vestibulaires et linguales) sont considérés comme les plans les plus externes des faces antérieure et postérieure de la future prothèse, à quelques exceptions près (Fig. 16).

Le plan 5, défini comme plan d'occlusions, sera décrit ultérieurement. Il fait l'objet de protections récentes

Suite de la page 39

et il ne serait pas justifié d'aller plus avant dans notre description.

On a ainsi défini un volume dans lequel une dent théorique devra s'inscrire. Si l'on considère l'aspect cybernétique de la théorie, il y a substitution à la mémoire du prothésiste un stockage de dents théoriques. Il y a substitution à sa mise en articulateur et sculpture sur cire, une adaptation à l'enveloppe. Il y a donc homothétie partielle d'un volume dans un autre volume. (Fig. 17).

3. Sorties des côtes

Il est admis à cet instant que les côtes théoriques sont obtenues et stockées. L'ordre d'usinage est alors possible par des voies très classiques de transmission d'ordre. (Fig. 18).

EXTENSION DE CETTE THÉORIE

L'extension de cette théorie embrasse l'ensemble de la profession dentaire. Elle s'adresse aussi bien à la fabrication d'éléments simples que complexes et aux diagnostics.

1. Extension en prothèse

La conception et la fabrication de toute pièce prothétique sont réalisables par cette méthode. La fabrication d'un bridge partiel ou complet ne fait que répéter n fois l'ensemble des éléments définis. Un certain nombre de nouveaux critères apparaîtront, mais ils seront tout aussi faciles à envisager (parallélisme...).

Certains, difficilement appréciables actuellement, seront automatisés. Par exemple: en injectant la valeur de mobilité d'une ou plusieurs dents, la surface occlusale sera modifiée en valeur et aussi en orientation d'effort sur les dents mobiles.

Pour ce qui est des matériaux esthétiques, le problème majeur n'est pas lié à l'usinage, mais au matériau. Dans la mesure où un matériau est usinable, par des méthodes conventionnelles ou non, il est applicable à l'art dentaire. De ce fait, nous pouvons considérer toutes les études de bio-compatibilité menées jusqu'à ce jour comme une très faible contribution à l'étude de matériaux dentaires. Il nous est donc difficile d'appréhender ce qui se prépare. Par contre, nous avons la certitude que, très rapidement, nous usinerons directement des matériaux esthétiques.

PERIOGRAF® (marque de durapatite)

Nouveau matériau de céramique particulière pour l'implantation de greffes osseuses dans le but d'aider à la reconstitution osseuse.

CARACTÉRISTIQUES

- Forme polycristalline d'hydroxylapatite de grande densité et pureté.
- Matériau de céramique alloplastique non résorptive pour greffes et biocompatible.
- Periograf® ne provoque pas de réactions inflammatoires ni rejet.
- Le nouvel os se dépose directement sur la surface des particules de Periograf® par un mécanisme de liaison chimique directe, procurant ainsi une matrice de support permanente pour le placement et la conservation de l'os normal.
- Des concentrations élevées de calcium dans le Periograf® le rendent radio-opaque et en permettent la visualisation radiographique.
- Chaque boîte contient 4 capsules de Periograf® de 0,5 g chacun.

PERIOGRAF®

- Un auxiliaire précieux dans le comblement de la poche infra-osseuse causée par des parodontopathies chroniques et destructives.

Pour tous renseignements, s'adresser aux

Laboratoires WINTHROP S.A.

rue Franz Merjay, 103 - 1060 Bruxelles - Tél. (02) 345 19 20

ques pour abandonner les structures métalliques classiques.

Le chemin vers la prothèse adjointe est plus complexe et nous souhaitons très prochainement vous l'expliquer.

2. Odontologie

La réalisation d'un inlay, substitut de toute colmatation métallique ou non, est le critère de choix de la théorie. Réaliser un inlay, même avec un système de mortaise, est chose possible. Ce qui est possible aussi, c'est de le faire en tout matériau en temps réel (immédiat!). Vous pouvez voir ici les différentes étapes de cette réalisation avec respect des éléments connus. (Fig. 18).

3. Orthodontie

Le diagnostic ODF repose à la fois sur une étude de la forme globale des arcades, d'études de téléradiographie et d'un interrogatoire précis.

En effectuant une empreinte optique des maxillaires, les cotations, comparaisons et vérifications sont possibles à tout moment. En associant ces renseignements à une lecture automatique de radiographie (rendue possible par la présence de l'ordinateur du système), nous pouvons prévoir une aide au diagnostic particulièrement efficace. Bien plus, le fait d'utiliser un progiciel sur disquette, le choix sera rendu possible pour différentes théories. L'usinage de bracket adapté et lingual (Dr. Namani) sur chaque dent se fera comme l'usinage des couronnes. Des systèmes très complexes seront à la portée de l'omni-praticien. Enfin, le stockage des informations permettra une vérification dans le temps du travail effectué par superposition des différentes saisies optiques.

4. La parodontologie

Son grand support est la grathologie, l'application pratique de cette grathologie est l'articulateur. Un tel système rend totalement inutile cet appareil souvent trop complexe, mais nous y reviendrons plus tard.

L'étude des facettes d'usure et leur visualisation permettront de guider la main lors de coronoplastie. Il sera enfin possible d'aller bien plus en avant dans l'étude du relief osseux, mais ceci est une autre histoire. (Fig. 20).

5. La gestion

Ce n'est qu'un succédané à l'ensemble. La présence d'un ordinateur, 16 ou 32 bits, permettra une information rapide et le stockage aussi bien des renseignements sur les particules que celui des radiographies.

CONCLUSION

S'il existe des lois générales de la recherche, il reste à savoir si nous sommes d'accord sur leur nature. Cartésiens ou non, nous sommes obligés de rejeter aujourd'hui de la façon la plus absolue les normes du raisonnement ou de la pensée liées à la plupart des axes privilégiés de l'odontologie. Le 'droit au raisonnement' ne nous intéresse pas. S'il n'est pas idéal, il est dangereux. Ce qui nous pousse à l'innovation, c'est la recherche de la validité ou non d'une théorie. Nous la considérons comme théorie, car elle a pour objet l'étude et la préhension d'un phénomène scientifique général: l'odontologie. Notre profession a pour objet l'étude et la modification des formes. Nous ne devons en aucun cas l'oublier. Automatiser un acte ne veut pas dire le déshumaniser, bien au contraire. Notre esprit libéré de contingences matérielles et accessoires trouvera son juste épanouissement pour exécuter des fonctions majeures. Nous espérons contribuer à modifier l'axe de recherche de l'universitaire et à offrir au patient autre chose qu'une méthode conventionnelle sans arrêt remachée. Parmi les divers avantages pratiques, nous notons:

- rapidité d'exécution (20 mn par élément maximum, y compris la prise d'empreinte et la pose)
 - précision (20 à 40 microns)
 - répétabilité (n fois)
 - étendue des applications
- etc... ■



30 - 31 MARS - 1er AVRIL 1984
PALAIS des CONGRES de LIEGE
4e COLLOQUE INTERNATIONAL

Traduction simultanée (Français, Nederlands, Deutsch, English)

LE TRAITEMENT des EDENTATIONS GRAVES PAR PROTHESE IMPLANTAIRE

Tramus et juxta osseux - Indications et Contr'indications

Renseignements: Dr. STREEL 21 Rue Léon Mignon B-4000 LIEGE - Tel. (041) 23 75 56

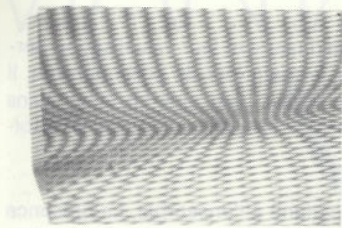


Fig. 1

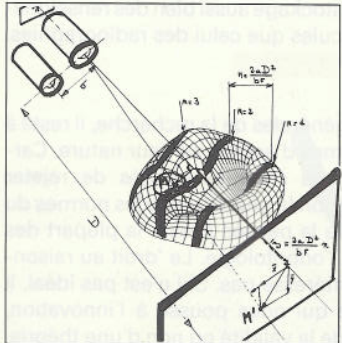


Fig. 2

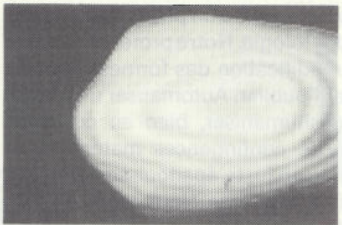


Fig. 3

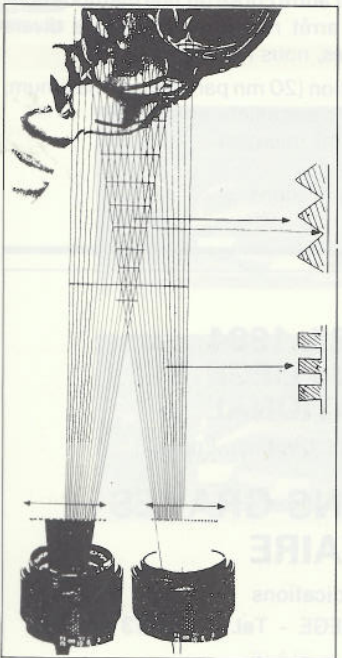


Fig. 4

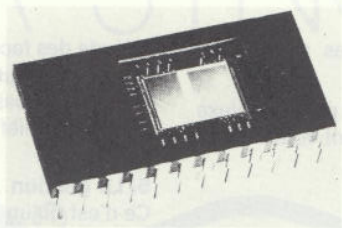


Fig. 5

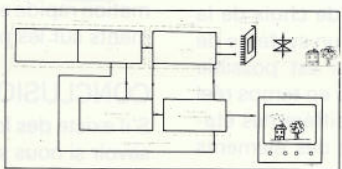


Fig. 6

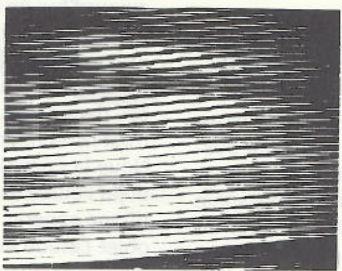


Fig. 7

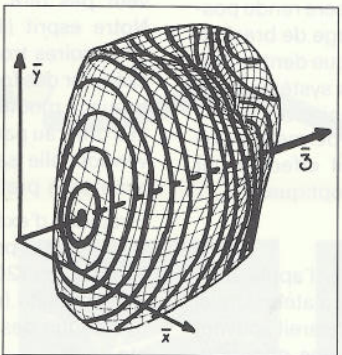


Fig. 8

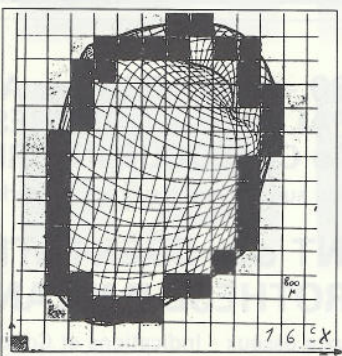


Fig. 9

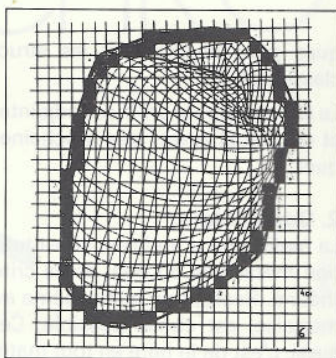


Fig. 10

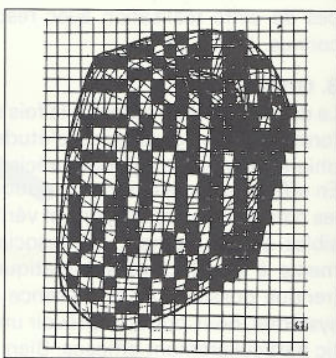


Fig. 11

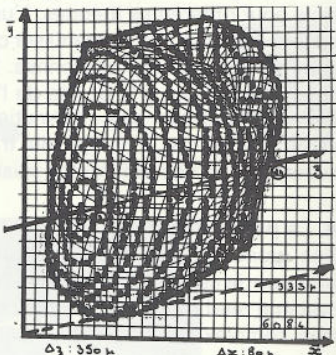


Fig. 12

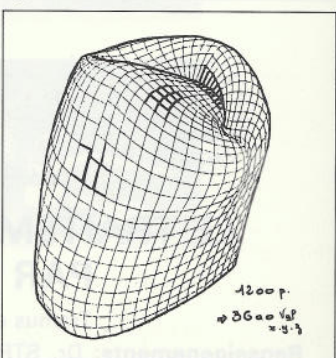


Fig. 13



Fig. 14

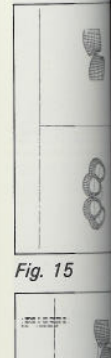


Fig. 15

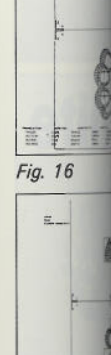


Fig. 16

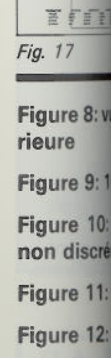


Fig. 17

Figure 8: va

Figure 9: 18

Figure 10: non discr

Figure 11: 8

Figure 12: 6

Figure 13: 1

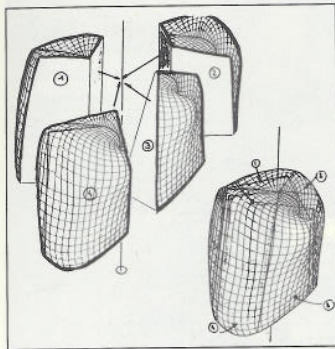


Fig. 14

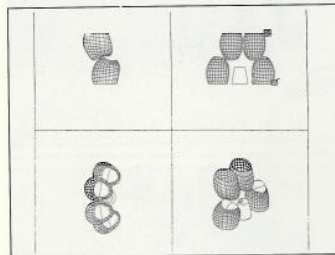


Fig. 15

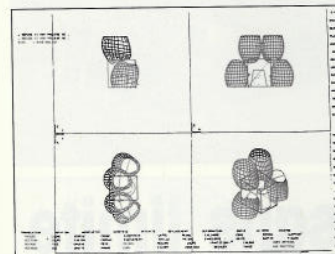


Fig. 16

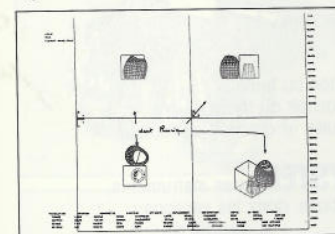


Fig. 17

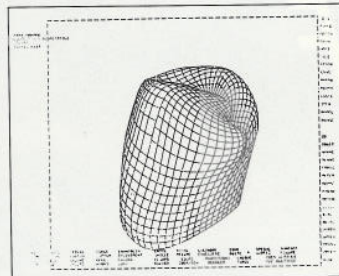


Fig. 18

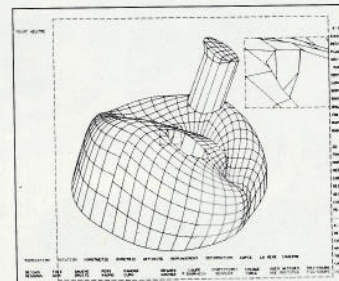


Fig. 19

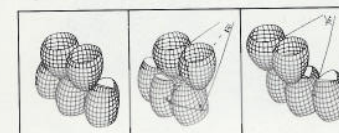


Fig. 20

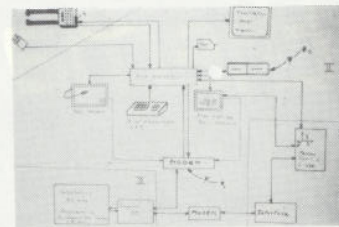


Fig. 21

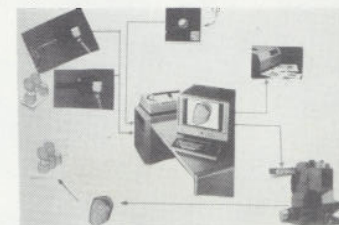


Fig. 22

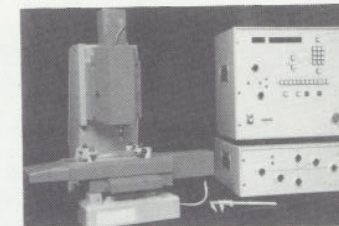


Fig. 23

Figure 8: vue des franges sur 1e prémolaire inférieure

Figure 9: 169 PEL: mauvais profil

Figure 10: 676 PEL: profil moyen mais franges non discrétinées

Figure 11: 676 PEL: profil moyen

Figure 12: 6084 PEL: bon profil bon franges

Figure 13: résultat final avec 60.000 PEL

Figuur 8: Gezicht van het lijnenpatroon op de eerste onderste premolaar

Figuur 9: 169 PEL: slecht profiel

Figuur 10: 676 PEL: middelmatig profiel maar lijnenpatroon niet gediscerneerd

Figuur 11: 676 PEL: middelmatig profiel

Figuur 12: 6084 PEL: goed profiel, goed lijnenpatroon

Figuur 13: uiteindelijk resultaat met 60.000 PEL

Optical impression or odontological cybernetics

François Duret

The optical impression's theory is a new way of conceiving our working method. It is mainly cybernetics, that is to say intelligently mechanical. It is, of course particularly difficult to define intelligence without referring to human behaviour; we will simply say it is at the superior limit and that odontological cybernetics appears to be a transposition to machines said to be intelligent with our know-how to free our mind from a certain number of practical conceptions. The only method to reproduce a tooth or a maxillary with precision (200 to 500 μ at best) is the negative impression with more or less elastic materials, the profile being constituted of the patient's tooth and the negative by the impression itself. This method, used for over 300 years, has had no fundamental modifications in its object. The principle of the shape capture has always leaned on mouldings by pastes fixing the studied volume. Everything that followed was only the outcome led by this first action. The real problem, that is to say the actual principle of the method, has been forgotten through the decades. The researchers didn't have to correct the capture of shapes anymore but they had to perfect the impression pastes... But this procedure is fundamentally bad: the physical cause for imprecision of the data capture is linked to the energy variations of the impression-negative systems. To reduce these energy exchanges variations, there is only one method: limit the energy exchanges and particularly the internal energy variations. That is the same as keeping the most enthalpy possible of the group considered at a fixed value, an impossible action with classical methods. The simpler the system, the less it is sensitive to free energy variations and to enthalpy. It is for this simple reason that since 1972 we have chosen energetic quantum, that is to say the shape capture by wave for our working basis.

HISTORY

From 1972 to 1976, inside J. DUMAS' laboratory in LYON and J. THOUVENOT's in TOURS, the optical impression theory has been elaborated as follows:

- shape of tooth capture with the help of holography (tri dimensional photo by interferometry in coherent wave)
- capture of stump after cutting
- analogue digital conversion of data
- manufacturing with a tool digital command tool machine of the sides of the prosthesis thus obtained.

The work was continued by a certain number of researchers particularly in the USA: YOUNG (1977), PRYPUTNIEWYCZ (1977) and BURSTON (1978). It was however particularly evident that holography was too sophisticated a method for the goal to reach. That is no doubt why JONES (1979), HEITLINGER (1979) and BUTCHER (1981) proposed photogrametry. If this technique is very satisfying for big objects, its implementation is too expensive and complex for something mouth-sized. With this evolution, in 1980 we offer to

capture dental shapes by MOIRE type interferometry in coherent or not waves. The greatest difficulty consisted to miniaturize a system classically big the to conceive a treatment interface in closed curve, that is to say reconstitute with hollows and bumps and sizes the 3rd dimension. The first prototype was done in 1981 when the great basic principles were done in 1982 (occlusion, crown envelope, etc...). From this date onwards the odontologists started being interested in our work.

METHOD'S PRINCIPLE

3 D capture

Moiré is literally a material with wavy reflections we get from superposing 2 pieces of material. It is the microscopic quasiperiodicity of the structure of the materials which give the visible macroscopic effect. The principle isn't new since it has been known for at least a decade and all the laws of this principle are described physically and not quantically.

We can notice a macroscopic structure is obtained by superposing two neutral microscopic structures. In a sense, moiré is a sub-division of interferometry. Instead of superposing two waves, we superpose two networks and the interface resulting the passing between both networks will create the moiré effect: a tiny modification of the phase of one of the two waves produces a macroscopic modification of the interference figures. The famous Michelson and Morley experiment, at the origin of Einstein's Relativity, has used this great magnification property of the Moiré effect!

This same interferometry effect enabled Lord Royleigh in 1974 to test the quality of diffraction networks by showing that the smallest anomaly in periodicity will be shown by the moirés fringes.

What we are essentially interested in, in this principle, is the possibility it offers to measure an object in 3 dimensions. If we project on any shape (a tooth for example), a regular network, this network will apply to the object: we will see an object with a regular network of dark and light lines (fig.1). Now if we look at this same object with a second identical weft, the object will offer level curves. The first regular microscopic structure which superposes to the second is sort of deformed by the structure we want to analyse.

In topometry, it is necessary to analyse the superposition of both networks, one refers to the straight parallel equidistant straight lines projected on the tooth and the other reflected, so deformed by the relief to be measured. The "level curves" fringes of the analysed surface are parallel to the focal plans of the projector and the camera.

Without getting into mathematical details which are very complex, we will say:

F = focal distance of identical objectives projector and camera

β = characteristic parameter of the mounting proportional to the spacing of the optical axes of both machines and inversely proportional to the network's spacing.

The expression of the height of each level curve is:

$Z_N = \beta F / \beta - 2N$, with N has a whole value.

If we observe on the other hand the precision of such a system, we must know that the OOO profile depends on Z with the formula:

$\lambda = F.b. / z.a,$

With: F is the focal,

b is the objective distance between the emission and the reception

z is Z

a is the weft's spacing

n is the number of fringes describing λ with regards to z and forgetting the difference variation between two fringes.

$z = (2aD^2 / bF) n$

With D is the referential distance of the whole volume which doesn't consider the inter-fringed space.

$H = 2aD^2 / bF$ (fig 2)

There is no use in giving more mathematical precisions in such a paper but these results call for an important remark: if we to a binary counting (black-white-black...), the precision will be a function of optics, with their separation and the weft's spacing. Thus with an optic of 4.5mm focal, a spacing of 7mm between both optics and a weft's spacing of 25%, the precision will already be 250 μ !

Analogue digital conversion

The most important part of the optical impression theory leans on dimensional stability, that is to say the respect of the dimensions we have in a certain way captured by automatic measurement or topometry. To that effect we will do an analogue digital conversion with a CCD or a charge transfer device. The use of a vidicon tube would be possible but its concavity would create lots of errors. This photosensitive and matrix charge transfer device (DTC) transforms light into data. Light conversion into electrical charges is due to the creation of minority porters inside the ionisation silicate provoked by photo incidents energy. There is a decrease of the global quantity of energy proportional to the number of photons hitting the DTC. At this moment, a “capacity” recharges the element to bring it back to its initial value. All there is left to do is measure the quantity sent by the “capacity” to know the number of photons hitting the DTC.

When we know that in fact the DTC can contain up to 60.000 elements with that function (or PEL) on a surface of 1 cm², we quickly understand the interest of the “DTC or photo MOS”.

There exists indeed up to 60.000 pel (elementary point) which empty and fill up with energy with a frequency of 4 mega Herz! (fig. 4-5)

We possess an image divided in 60.000 pel, of around 15μ. As the drawing shows it, the precision will only be linked to the dimensions of the pel and to its discretisation (fig. 8 to 13).

The z precision is more complex. If it is about working with a binary system, having a Black-White one and counting the lines with a starting reference (D) is enough. The maximum obtained is then 250 μ (which corresponds to the most optimistic precisions with current current). This precision can be tuned finer with what we will call levels of grey. By having for example 4 levels, we have 2 intermediary zones so about a 100μ precision instead of 250 previously.

This description is evidently simplified with regards to the reality and getting the z value is subject to very strict mathematical rules and complex calculations. The density meter of the image is disturbed by the texture of the object but also by capture electronic noises and the z value will never be limited to a simple grey measurement.

Data processing

The analogue digital conversion (AID) being done, given the amount of data to treat, it is necessary to have an automatic data treatment processing technique. It is what we call data processing. A data processing set is composed of one or *more processing organs*: our camera for the dimensions, a keyboard to talk with the computer's memory and a few pre software or a complete set of programs conceived for precise collective aim, *a memory*, a support for keeping data. It can be mass (great capacity), dead (not modifiable) or live (modifiable), *a terminal*: a graphic screen, said to be intelligent and a classic cathodic screen, a printer and the digital command tool machine via certain interfaces. The set of this theory appears like a conform computer assisted conception and manufacturing (CAD/CAM) (fig. 6-7).

To operate this set, that is to say for the operations to be executed by the machine, it is necessary for a program to be created then to send data to be treated by the program. To communicate with the computer program, we must use the same language (an Englishman can't talk with a Spaniard) so the birth of several languages happens such as FORTRAN for example.

We call software a set of programs relative to the functioning of a set of data processing. Working in 3D (tooth volume), our software must be able to manage 3D data. The 3D software has a notion of material and volume. Their aim is to model complex tri dimensional shapes such as a tooth to apply specific calculations to it. It is necessary for us that the software works directly on the object and shows us its symbolic presentation like a map. A map forces the creator to think in 3D. It is necessary to work on a 3D virtual model which has all the geometrical characteristics of the object.

This type of software insures the creation of structured simple or complex tri dimensional geometrical elements and shapes, that is to say possessing all the geometrical properties of the represented object. It also enables the modification, assembly or visualisation of dimensions of each indicated element (fig. 14).

Beyond these simple and complex functions, a production function will emerge from the software. The model, thus conceived, will have all the data necessary to its own realisation. This production data will be presented under two essential forms:

- execution plan with the aim of getting precisely the distances, angles or dimensions.
- instruction given to the digital command machine. This software interface insures the automatic transcription of a geometry linked to the software to a geometry labelled 'APT'... (These labels represent a language that the tool machine knows (same problem as with the FORTRAN...) for the computers.

A digital command machine tool

Downstream from the set are the digital command machine tools, real mechanical marvels capable of executing a piece with a maximum of precision and a minimum time and tool wear. It is an automation process enabling the conduction of a mobile mechanical organ to a position determined by an order. This position can be obtained by a linear or angular movement depending on the freedom degree of the mobile (order delivered in digital, Cartesian or polar coordinates).

The elementary orders are transmitted to the cervo-command of the power amplifier. At these coordinates (Δx , y , z) are added the sporadic data:

- n° of tool
- sequence
- speed of brooch
- return advance dimension
- showering dimension
- end of program
- choice of metal measurement...

The coordinates will be translated in a relative manner ($M_2 - M_1$ gives $\Delta x = x_2 - x_1$) rather than in an absolute manner. It is useful to remind that a tool machine explore in gusts the received data (up to 300.000 lines/second). The tool machines we use are of an extremely reasonable size (50cm) and work while keeping the precision imposed by the reading (20μ). It is mainly about digital command (the transportation of orders is expressed by numbers) drills (characterised by the rotation and movement of the tool). For the transportation of numbers in binary, the passage for the current needs to correspond to 1 and its absence to 0. The dialog with the machine is automatic. If a wave is delivered

F Duret and Coll. L'empreinte optique ou la cybernétique odontologique (traduction Anglaise)

in Cartesian or polar numerical coordinates, the point per point process becomes continue, taking into account the precision of the machine. The 7 elementary symbols (N, x, y, z, F, G and M) are transmitted directly through the 3D software to the power amplifier of the machine (fig.21).

The state of the surface will essentially depend on the chosen material, the tool and the trajectory. The swallowing drilling is preferable to the appearing one in this case. It will still have to be defined upon experience.

GLOBAL ASPECT OF THE SYSTEM (fig. 22-23)

This system is composed of an exo and endo buccal captor which captures the tooth tri dimensionally, of an interface associated to a 3D software driven and driving a great capacity unit. This same software sends data either to “passive” peripherals such as printers (diagnosis management) or to “active” peripherals such as digital command tool machine (prosthesis manufacturing). Several cases are to be envisaged at this level, essentially linked to the financial possibilities of the practioner. We will summarise them to 3 types of possibilities, themselves dividable:

Global properties of the chain

- captors
- software
- hardware
- MO/CN

Common central unit to several practioners

- | | | |
|---|--|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none">- captors- terminals- modem- MO/CN | | At the practioner’s |
| <ul style="list-style-type: none">- software and hardware in common room | | |

Order’s Council or syndicate

- | | | |
|---|--|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none">- captors- terminals- modem | | At the practioner’s |
| <ul style="list-style-type: none">- central unit- software- MO/CN | | At the prothesist’s |

There is of course a great number of intermediary and particular cases, variable depending the cases, which we are not going to study here for they are very personal.

However a comment imposes itself: depending on the case, the global cost can be divided by 5.

CR’s conception

To explain clearly the whole of this theoretical data, we adopt a very simple and classic realisation plan: the ‘casted’ crown, which will now be called ‘manufactured’.

A dental crown is constituted of an interior part or shape corresponding to the stump of the tooth and an exterior shape that has to adapt functionally as well as aesthetically to the whole arcade. We are going to describe the whole of the elements constituting this state.

Conception of interior shape

The data transmitted by the captor is the tri dimensional capture of the stump of the tooth (simple case) and its immediate environment (adjacent and antagonist). These are the data which enable us to define the dimensions of the future crown.

1. The interior shape must adjust perfectly to the stump. It corresponds to the external shape of the stump in the mouth, more or less. This more or less is based on:

- automatic calculation of remains or counter remains
- respect of minimum play linked to first ‘pos’ and to cement’s granulometry.

The most interesting parts of this capture are the capture of the shouldering and of the ‘inferior’ line.

The latter can be captured in a sulcus of 2.5mm if the incidence angle has a value of 50°. For an angle of 50°, it is necessary to have a gingival spreader.

The modification of the dimensions is done with both a good insertion and respect of the cement joint. SO we must elevate the oblique cone to know the line resulting from the group of surface lines. The second step consists in spacing this surface so that in each point there is a space superior or equal to $x + cst$ ($cst = \text{constant}$), specific to granulometry, and that above the biggest perimeter, the points spread depending on the spacing (fig.15).

2. The exterior shape.

At the end of the treatment, we possess an envelope defined as a set of plans going through the arch’s external and internal curve line, the two contact zones, the occlusion plan and the R1 interior line found previously.

Plans 1 and 2 tangent at the contact points are situated at values x_1 and x_2 of the center of gravity of the surface passing through both contact points. By adjoining a corrective factor Δx linked to the dental mobility, we get an $x_1 + \Delta x$ and $x_2 + \Delta x$ distance defining this envelope with regards to both plans. Plans 3 and 4 (vestibular and lingual) are considered like the most external plans of the anterior and posterior faces of the future prosthesis with a few exceptions (fig. 16).

Plan 5, defined as occlusion plan, will be described later. It is the object of recent protections

and it wouldn't be justified to go forward into our description.

We have defined a volume in which a theoretical tooth will have to fit. If we consider the cybernetics aspect of the theory, there is a substitution to the prosthodontist's memory of theoretical teeth stock. There is a substitution to putting it in the articulator and sculpting it in wax, an adaptation to the envelope. So there is a partial homothety of a volume inside another volume (fig. 17).

3. The dimensions

At this time we admit that the theoretical dimensions are obtained and stocked. The manufacturing order is then possible by classical means of transmission. (fig. 18).

EXTENSION OF THIS THEORY

The extension of this theory embraces the whole dental world. It is for both the manufacturing of simple elements and complex ones and also diagnoses.

1. Extension into prosthesis

The conception and the manufacture of any prosthetic piece are realisable with this method. The manufacture of a partial or complete bridge only repeats n times the set of defined elements. A certain number of new criteria will appear but they will be as easy to envisage (parallelism...).

Some, currently hard to appreciate, will be automatic. For example: by injecting the mobility value of one or more teeth, the occlusal surface will be modified in value and also in effort orientation on mobile teeth.

For the aesthetic materials, the major problem isn't linked to the manufacturing but to the material. As long as a material is manufacturable, with conventional methods or not, it is applicable to the dental art. So, we can consider all the studies of bio compatibility done so far like a very small contribution to the study of dental materials. It is difficult for us to apprehend what is happening. However, we have the certainty that, very quickly, we will directly manufacture aesthetic materials

to abandon the classical metal structure.

The way to adjoined prosthesis is more complex and we wish to explain it very soon.

2. Odontology

The realisation of an inlay, a substitute for any metal or not filling, is the choice criteria of the theory. To realise an inlay, even with a mortais system, is possible. What is also possible is to do it with any material in real time (immediately!). You can see here the different steps of this realisation with respect to the know elements (fig. 18).

3. Orthodontics

The ODF diagnosis leans on both a study of the global shape of the arches, a study of the teleradiography and a precise interrogation.

By taking an optical impression of the maxillaries, dimensions, comparisons and verifications are possible at any time. By associating this information to an automatic reading of the radiography (possible with the presence of a computer), we can preview a help to the diagnosis particularly effective. The manufacturing of adapted and lingual brackets (Dr. Namani) on each tooth will be done like the manufacturing of crowns. Very complex systems will be available to the omni-practioner. Finally, stocking the information will enable a verification of the working time done by superposing several optical captures.

4. Parodontology

Its great support is the gnathology, the practical application of this gnathology is the articulator. Such a system makes this often complex device totally unnecessary but we will get back to this later. The study of wear facets and their visualisation will enable the guidance of the hand during a coronoplasty. It will finally be possible to go much further into the study of the bone relief but this is another story (fig. 20).

5. Management

It is only a substitute to the whole. The presence of a computer, 16 or 32 bits, will enable a rapid information and stocking of facts on both particle and radiographies.

CONCLUSION

If there are general laws of research, there is still left to know if we agree with their nature. Cartesian or not, we are obliged to reject today in the most absolute way the norms of thinking or of thought linked to most privileged axes of odontology. The 'right to reasoning' is of no interest to us. If it isn't ideal, it is dangerous. What pushes us into innovation is the research of the validity or not of a theory. We consider it a theory as it have for object of study the grip of a general scientific phenomenon: odontology. Our profession has for object the study and the modification of shapes. We mustn't forget it. To make an act automatic doesn't mean to dehumanise it, on the contrary. Our mind is freed of material and accessory contingencies and will find its true blossoming to execute major functions. We hope to contribute to modifying the university's research axis and to offer to the patient something more than a conventional method, constantly rechewed. Amongst the practical advantages, we will note:

- speed of execution (20mn per element maximum, including impression capture and placement)
- precision (20 to 40 μ)
- repeatability (n times)
- spread of applications
- etc...